

5.8.5 Carrier Suppression (Trägerunterdrückung)

Durch Gleichspannungsverschiebungen im I- und/oder Q- Zweig im ITU-T J.83 B -Modulator entsteht ein Trägerrest. Die Berechnungsgleichung für diesen Parameter lautet:

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

P_{RT} = Leistung des Restträgers

P_{Sig} = Leistung des ITU-T J.83 B-Signals

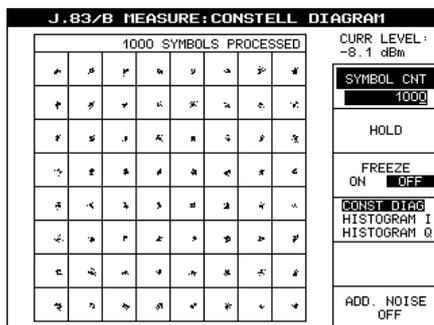


Bild 5.43 Das 64 QAM-Konstellations-Diagramm mit 24 dB Carrier Suppression

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 nach rechts). Die 4 Eckpunkte bilden ein gegenüber dem Zentrum verschobenes Quadrat.

5.8.6 Phasenjitter

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 5.38):

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

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

wobei $M = 2^m$
 $2d$ = Breite/Höhe der Entscheidungsfelder und
 σ_{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.

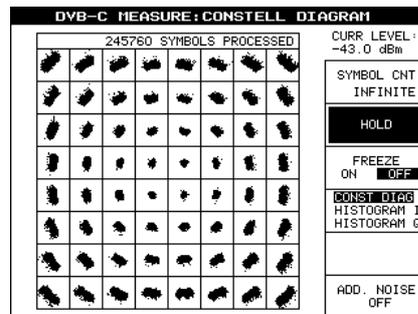


Bild 5.44 Das 64 QAM-Konstellations-Diagramm mit 2° Phasenjitter (rms)

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

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.

5.8.7 Die Spektren von Phasen- und Amplitudenjitter

Zusätzlich zur Messung des Phasenjitters im Zeitbereich ist es ab der Firmware-Version 5.10 möglich die Spektren des Phasenjitters und des Amplitudenjitters zu messen. Der Frequenzbereich reicht dabei von 1 kHz bis 1 MHz.

Zur Bestimmung des Jitter-Spektrums wird eine Folge von I/Q-Daten des Empfangssignals in Bezug gesetzt zur jeweiligen idealen Lage (Mitte des Entscheidungsfelds). Abhängig von der eingestellten Messung wird aus der Differenz "ideale Lage" - "aktuelle Lage" der empfangenen Symbole eine Jitterkomponente (Amplitude bzw. Phase) analysiert:

- **PHASE JITTER:** Das Verhältnis aus der Amplitude des empfangenen I/Q-Werts zur idealen Lage wird zu 1 angenommen (die Symbole eines Entscheidungsfeldes liegen auf einem Kreissegment um den Konstellationsmittelpunkt). Ausschlaggebend ist die Folge an Phasenfehlern $\varphi(t)$. Mit dieser Messung kann die Qualität der zur Erzeugung des QAM-Signals verwendeten Oszillatoren in ihrer Phasen-Stabilität überwacht werden.
- **AMPL JITTER:** In dieser Messung wird der Fehler in tangentialer Richtung $\varphi(t)$ mit Null angenommen (die Symbole eines Entscheidungsfeldes liegen auf einem Strahl ausgehend vom Konstellationsmittelpunkt). Ausschlaggebend ist das jeweilige Verhältnis der Amplitude des empfangenen I/Q-Werts zur Amplitude der entsprechenden idealen Lage. Die zeitliche Abfolge der Amplitudenverhältnisse $A(t)$ wird weiter verarbeitet. Diese Messung ist sinnvoll zur Kontrolle von im Übertragungsweg enthaltenen Verstärker-Regelungen.

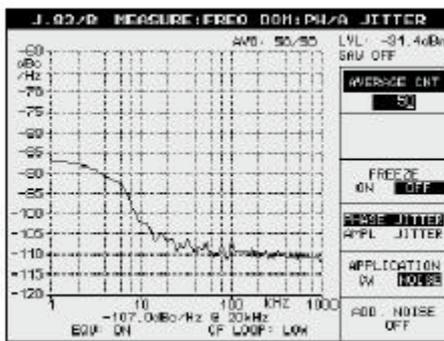


Bild 5.45 Ein Spektrum des Phasenjitters

Je nachdem ob ein rauschähnliches Spektrum oder ein Spektrum mit diskreten Störern erwartet wird, ist mit dem Softkey APPLICATION die Betriebsart "CW" (Continuous Wave) oder "NOISE" zu wählen.

Das Meßergebnis erhält bei der Wahl von "NOISE" die Benennung dBc/Hz mit der Bezugsbandbreite 1 Hz, während bei "CW" die Benennung dBc gewählt ist und die Bezugsbandbreite gleich der Auflösungsbandbreite RBW (angezeigt links oben im Meßdisplay) ist.

Im Beispiel von Bild 5.46: RBW = 4.77 kHz.

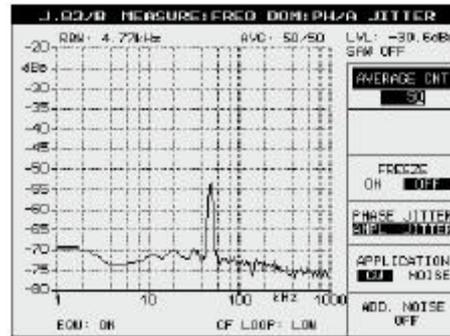


Bild 5.46 Ein Spektrum des Amplitudenjitters mit einem diskreten Störer bei ca. 50 kHz.

Mit der Messfunktion Phasenjitter- und Amplitudenjitter-Spektrum bieten die TV Meßempfänger R&S EFA für die Standards ITU-T J.83 A, B und C bzw. für DVB-C und für ATSC 8VSB die Möglichkeit, die Qualität der verschiedenen Ummisch-Oszillatoren und Verstärkerschleifen eines Senders zu analysieren und zu überwachen. Die Jitteranalyse ist auf einfache Weise im laufenden Betrieb möglich ohne die Notwendigkeit, die Modulation des Trägers abzuschalten.

Hinweis:

Während der Darstellung des Phasenjitter- bzw. Amplitudenjitter-Spektrums kann die Berechnung von MER und EVM im Hintergrund (ALARM, HISTORY, IEC-625/IEE488 Bus) aus technischen Gründen nicht erfolgen.

5.8.8 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 SNR berechnet. Um Einflüsse des möglichen Phasenjitters auf den Parameter SNR zu minimieren, werden zur Berechnung nur die vier innersten Entscheidungsfelder im Konstellations-Diagramm verwendet.

Bild 5.44 zeigt entnehmen, daß dort die Verfälschung des SNR-Wertes durch Phasenjitter und andere Einflüsse minimal ist. Ist weißes Rauschen - wie es normalerweise bei der Signalübertragung auftritt - überlagert, so ist die I-/Q-Wertepaarverteilung im Entscheidungsfeld gaußförmig.

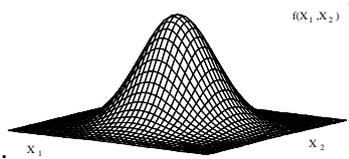


Bild 5.47 Gaußförmige I/Q-Wertepaarverteilung

Bei 30 dB S/N im ITU-T J.83 B Signal und bei Auswertung von 100 000 Symbolen ergibt sich dann folgendes Konstellations-Diagramm:

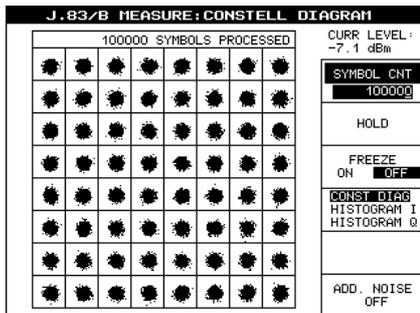


Bild 5.48 Das 64 QAM-Konstellations-Diagramm mit 30 dB S/N

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.

5.9 MER Modulation Error Ratio EVM Error Vector Magitude

Der Parameter MER bzw. EVM beinhalten alle Parameter, die über das Konstellations-Diagramm bestimmbar sind. Daher sind die Parameter MER und EVM neben BER der wichtigste zur Überwachung eines DTV-Systems. Sind MER und EVM innerhalb der vereinbarten Toleranzgrenze, so sind automatisch alle anderen Parameter ebenfalls in der Toleranz.

Zur Bestimmung der Parameter MER/EVM 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 Fehlervektoren 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 Verhältnis ist natürlich auch als Prozentwert verfügbar.

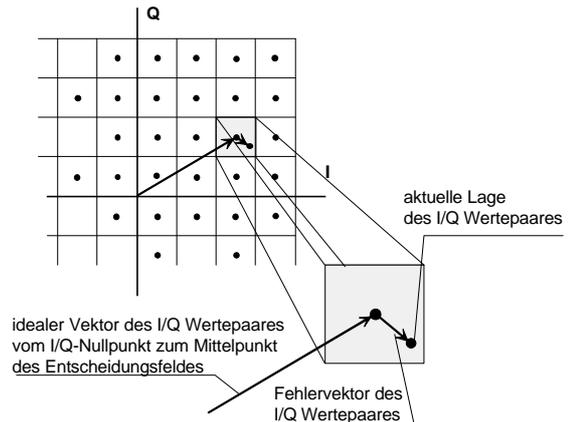


Bild 5.49 Zur Berechnung der Summenparameter MER und EVM

Zur Berechnung der EVM werden alle innerhalb einer Sekunde berechneten Fehlervektoren quadratisch addiert und ins Verhältnis zu dem zum Quadrat des größten idealen I/Q Vektors gesetzt. Nach entsprechender Umrechnung erhält man den Wert von EVM in Prozent.

Die Umrechnung des reinen Verhältnisses von MER und EVM gibt die folgende Gleichung an

$$EVM_V = \frac{1}{MER_V * V}$$

wobei V abhängig vom QAM Format ist:

QAM Format	Spannungsverhältnis Spitze/Effektivwert = V
16	1.3416
64	1.5275

5.10 BER (Bit Error Ratio) Messung

Mit dem TV-Meßsender R&S SFQ läßt sich die ITU-T J.83 B-Systemreserve einfach bestimmen. Werden die Qualitätsparameter je nach Anforderung bis zum drohenden Fehlerfall bei dem BER $7 \cdot 10^{-5}$ vor RS-FEC (dieser Wert ist meßtechnisch ermittelt, nicht theoretisch abgeleitet, Kriterium ist BER → QEF nach RS mit Interleaver 128/1) definiert verschlechtert, so ist die Systemreserve für jeden Einzelparameter genau ablesbar. Der DTV-Meßsender R&S SFQ zeigt in Labor, Prüffeld, Fertigung, Qualitätssicherung und Betrieb die Reserven von ITU-T J.83 B auf.



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

Verschlechtert man bei ITU-T J.83 B jeden einzelnen Signalparameter bis zum nahen Ausfall des 64QAM-Übertragungssystems ($BER > 7 \cdot 10^{-5}$ vor RS-FEC), so kann man folgende Grenzwerte finden:

Parameter	Wert
I/Q Imbalance	< 18.5 %
I/Q Phase Error	< 9.5 °
Carrier Suppression	< 13.0 %
S/N	< 22 dB

Tabelle 5.8 Grenzwerte bei ITU-T J.83 B mit 64QAM

Auch hier zeigt sich der Einfluss der Trellis-Kodierung, die wesentlich schlechtere Werte für die Einzelparameter im Vergleich zu DVB-C zulässt. Solange das Bitfehlerverhältnis weniger als $7 \cdot 10^{-5}$ vor RS-FEC beträgt, mißt der QAM-Meßdemodulator R&S EFA die in Tabelle 5.8 beschriebenen Qualitätsparameter, weil bis hier die verkettete Vorwärtsfehlerkorrektur noch einen auswertbaren TS-Datenstrom liefert. Erfahrungswerte zeigen, daß ein guter 64QAM-Modulator und Umsetzer, wie er bei ITU-T J.83 B eingesetzt wird, MER-Werte von 0.9...1.3% RMS nicht überschreiten sollte. Dagegen sind MER-Werte wesentlich unter 1,5% RMS im öffentlichen Kabelnetz nicht zu erwarten. Das Meßmenü zeigt warum:

J.83/B MEASURE: QAM PARAMETERS			
SET RF	CHANNEL	ATTEN :	35 dB
477.25 MHz		-7.4	dBm
MODULATION:			CONSTELL DIAGRAM...
I/Q AMPL IMBALANCE	0.07 %		
I/Q QUADRATURE ERROR	0.04 °		FREQUENCY DOMAIN...
CARRIER SUPPRESSION	50.4 dB		TIME DOMAIN...
TRANSMISSION:			
PHASE JITTER (RMS)	0.20 °		
SIGNAL/NOISE RATIO	46.2 dB		
SUMMARY:			
MER (RMS)	42.6 dB		
MER (MIN)	27.8 dB		
EVM (RMS)	0.49 %		
EVM (MAX)	2.67 %		
			ADD. NOISE OFF

Bild 5.50 Meßmenü für ITU-T J.83 B

Allein das sehr gute S/N-Verhältnis von 46.2 dB entspricht einem MER-Wert von 0.49 % RMS unter der Annahme, daß alle anderen QAM Parameter keinen Einfluß mehr auf den MER Wert haben. Alle anderen Einzelparameter dürfen also zusammen um das MER = 42.6 dB RMS (entspricht 0.74 % RMS) zu erreichen, nur noch eine Änderung des Wertes um 0.25 % verursachen. 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 5.8 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.

5.11 END (Equivalent Noise Degradation) Messung

Die Abweichung des SNR-Wertes für ein $BER = 7 \cdot 10^{-5}$ vom empirisch ermittelten Wert ($SNR = 22$ dB für 64QAM, Kriterium ist $BER \rightarrow QEF$ nach RS mit Interleaver 128/1) 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 ITU-T J.83 B -Modulators in den HF-Eingang des TV- Meßempfängers R&S EFA Modell 70 oder 73 eingespeist. R&S EFA überlagert dem Signal mit dem internen Rauschgenerator weißes Rauschen und mißt das BER.

Dieselbe Messung gelingt auch mit dem unter "5.7 Messung des BER mit R&S SFQ und R&S SFQ-B17 bzw. R&S SFL-K17" beschriebenen Meßaufbau unter Ausnutzung der R&S SFQ Option B5 oder der R&S SFL Option SFL-N, den Rauschgeneratoren der beiden DTV Meßsender.

Beispiel:

Bei dem im Fenster ADD. NOISE des TV-Meßempfänger R&S EFA angezeigten $C/N_1 = 22.7$ dB wird das BER von $7 \cdot 10^{-5}$ erreicht. Der empirisch ermittelte Wert des SNR ist 22 dB

beim BER von $7 \cdot 10^{-5}$. Mit der Umrechnung des SNR in C/N erhält man $C/N = SNR - (-0,2) = 22 + 0,2 = 22,2$ dB. Die Differenz (22,7dB - 22,2 dB) von 0,5 dB ist der Wert des END des Meßsystems selbst, in diesem Falle also des TV-Meßsender R&S SFQ und des TV-Meßempfänger R&S EFA. Nimmt man eine gleichmäßige Aufteilung an, so hat jedes Gerät nur 0,25 dB END, was einem sehr guten Wert entspricht.

Anmerkung: Der Zusammenhang zwischen S/N und C/N bei ITU-T J.83 B mit 64 QAM und $r = 18\%$ ($a = 0,18$) "roll off" ist $C/N = S/N - k_{roll\ off} = S/N - (-0,2)$ dB. $k_{roll\ off} = 10 \times \log(1-a/4)$

Die R&S EFA Modelle 70 und 73 beziehen das C/N auf die gewählte Symbolbandbreite (z.B. 5,057 MHz). Sie sind damit unabhängig von der Kanalbandbreite.

Für die zweite Messung wird das HF-Signal des ITU-T J.83 B -Modulators in den HF-Eingang des Meßobjektes eingespeist. R&S EFA überlagert dem HF-Ausgangssignal ebenfalls weißes Rauschen und mißt das BER. Bei dem nun im Fenster ADD. NOISE angezeigten $C/N_2 = 23,1$ dB wird das BER von $7 \cdot 10^{-5}$ erreicht.

J.83/B MEASURE			
SET RF	CHANNEL	ATTEN : LOW+P	
479.00 MHz	15	-20.2 dBm	
SET RF	479.000000 MHz		CONSTELL DIAGRAM...
CALC RF	478.9993229 MHz		
FREQUENCY OFFSET	-677.2 Hz		FREQUENCY DOMAIN...
SET SYMBOL RATE	5.0569410 MS/s		
SYMBOL RATE OFFSET	-14.9 Hz		
MODULATION	64QAM		TIME DOMAIN...
MER (RMS)	21.8 dB		
EVM (RMS)	5.29 %		
BER BEFORE RS	7.0E-5 (10/10)		QAM PARAMETERS...
BER AFTER RS	0.0E-8 (940/1000)		
SEG ERR RATIO	0.0E-6 (940/1000)		
SEG ERR / s	00000		RESET BER
TS BIT RATE 26.970 Mbit/s			ADD. NOISE
SAW: OFF			C/N = 23.1 dB

Bild 5.51 ADD.NOISE bei R&S EFA

Der Wert der END des Meßobjektes berechnet sich dann aus: $END = C/N_2 - C/N_1 = 23,1$ dB - 22,7 dB = 0,4 dB

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

5.12 Das ITU-T J.83 B Spektrum

5.12.1 Spektrum in Amplitude und Phase

Während der Übertragung des ITU-T J.83 B Signals wird das Spektrum durch die Einflüsse des Übertragungsmediums in Amplitude und Phase in Abhängigkeit von der Frequenz verfälscht. Der TV MESSEMPFÄNGER R&S EFA korrigiert diese Ablagen mit einem komplexen Kanal Korrekturfilter. Das Ergebnis ist ein optimal ebenes Spektrum in Amplitude und Phase zur weiteren Signalverarbeitung.

Die IFFT über die Werte der Koeffizienten des Kanal Korrekturfilters bilden die inverse Kanal Übertragungsfunktion 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.

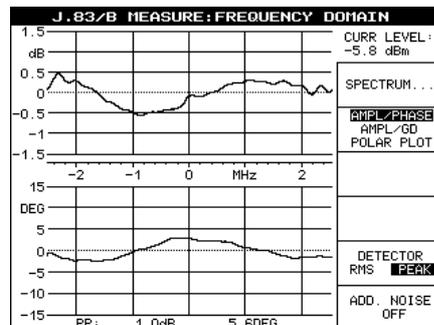


Bild 5.52 Frequenzgang von Amplitude und Phase bei ITU-T J.83 B

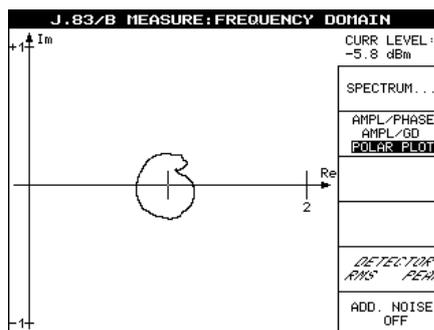


Bild 5.53 Polar Plot bei ITU-T J.83 B

Der Meßempfänger R&S EFA Modell 70/73 überwacht so auch die Einflüsse des Übertragungsmediums bei ITU-T J.83 B.

5.12.2 Spektrum und Schulterabstand

Mit der Berechnung des Kanalfrequenzganges mit Hilfe der FFT ist die Dynamik der Pegelmessungen 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.

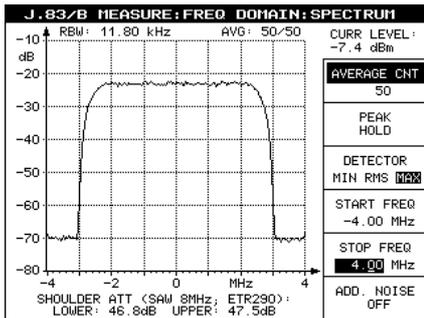


Bild 5.54 Amplitudenfrequenzgang nach TR101 290

Die höchste Pegelaufösung erreicht man, wenn nur der Nutzbereich des Spektrums (hier z.B. von -2.5...+2.5 MHz bei der Symbolrate 5.056940625 MSymb/s) analysiert wird. Die Pegelaufösung schaltet dabei automatisch, je nach Frequenzgang, auf minimal 2 dB/Teilung. Zur Schulterabstandsmessung ist das 8MHz SAW Filter einzuschalten und der Frequenzbereich von -4.0 bis +4.0 MHz zu wählen, um konform zur Norm TR 101 290 den Schulterabstand zu bestimmen.

5.13 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 ITU-T J.83 B 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.

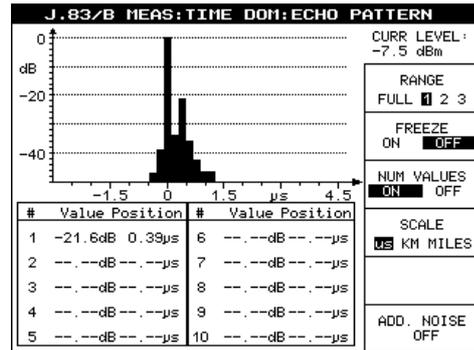


Bild 5.55 Echodarstellung

Der Hauptimpuls steht bei $0\mu\text{s}$, das nachteilende Echo in Bild 5.55 hat 21.6dB Dämpfung und erscheint $0.39\mu\text{s}$ später.

Die Umrechnung in die Entfernung, in der die Reflexion erzeugende Impedanzstoßstelle liegt, ergibt 117 Meter. Die Messgenauigkeit erlaubt die Anzeige am R&S EFA Display nach dem Umschalten auf die "miles" Skala mit 0.07 miles (1Meile = 1.61 km).

Diese Meßgenauigkeit ist ausreichend um, wie oben schon angesprochen, Stoßstellen in einer größeren Kabelanlage in Gebäuden aufzufinden.

5.14 Der Crest Faktor des ITU-T J.83 B Signals

Die Struktur des ITU-T J.83 B 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 R&S EFA wurde der maximale Crest-Faktor im 64 QAM Signal mit 11.0dB gemessen. Die Darstellung des Crest-Faktors geschieht hier mittels der CCDF (Complementary Cumulative Distribution Function). Man sieht, daß die Amplitudenverteilung exakt der theoretischen Funktion (waagrechte Hilfslinien im Abstand von 1dB, die die theoretischen Stützwerte kennzeichnen) folgt. Daraus ist zu schließen, daß keine Begrenzungseffekte im vorliegenden ITU-T J.83 B System vorhanden sind.

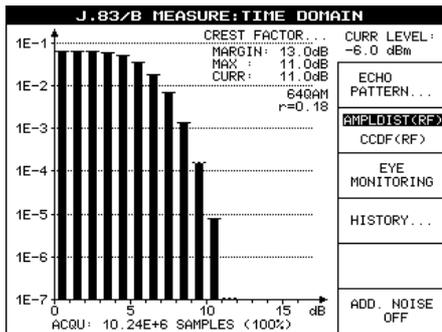


Bild 5.56 Der Crestfaktor bei ITU-T J.83 B

Falls das ITU-T J.83 B Signal begrenzt wäre, würde Information fehlen und das BER würde ansteigen. Die richtige Pegelung des ITU-T J.83 B Systems schützt daher vor einer unnötigen Verringerung der Systemreserve.

5.15 History

Zur Überwachung eines ITU-T J.83 B Systems in Pegelhaltigkeit, BER vor und nach der RS Vorwärtsfehlerkorrektur, nicht mehr korrigierbare Fehler und Datenausfall ohne eine externen PC benützt man die HISTORY-Funktion des TV Meßempfängers R&S EFA.

Der HF-Pegel wird immer überwacht. Die zweite Hälfte des Displays ist umstellbar um entweder den zeitlichen Verlauf von BER vor oder nach RS-FEC oder des MER, wahlweise auch EVM, darzustellen. Eine weitere Möglichkeit ist die tabellarische Darstellung des Pegels, BER vor und nach RS FEC und MER bzw. EVM mit dem Mittelwert, dem maximalen und dem minimalen Wert innerhalb des Meßintervalls.

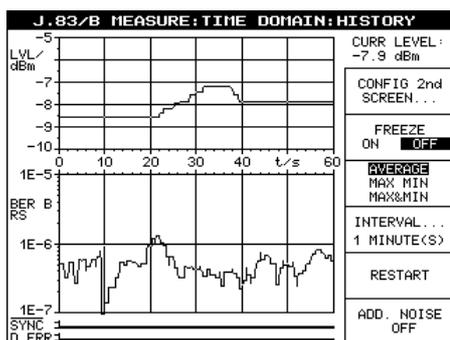


Bild 5.57 Das HISTORY Display mit den Graphen für Pegel und BER vor RS FEC

5.16 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 R&S EFA Modell 70/73, gestaltet sich die Systemüberwachung sehr einfach.

Der Netzbetreiber wählt zunächst die Parameter aus, die überwacht werden sollen. Bei einer Konfiguration wie in Bild 5.58 sind alle Parameter in die Überwachung einbezogen.

J.83/B ALARM: CONFIG			
SET RF	CHANNEL	ATTEN	
477.25 MHz		35 dB	
		-8.0 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 5.58 Menü zur Konfiguration der Alarme: alle möglichen Parameter werden überwacht

Die Tabelle 5.10 listet die Parameter im ALARM Menü mit den zugehörigen Kurzformen auf:

Parameter	Erklärung	
LEVEL	Eingangspegel unter Schwellwert	LV
Synchronisation	zeigt die Synchronisation der ITU-T J.83 B Symbole und der MPEG2 TS-Pakete an	SY
MER	MER unter Schwellwert	ME
EVM	EVM über Schwellwert (alternativ MER)	EV
BER	BER unter Schwellwert	BR
Datenfehler (MPEG DATA)	durch RS nicht mehr korrigierbare Datenfehler	DE

Tabelle 5.10

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 5.10) einstellbar.

J.83/B ALARM: THRESHOLD			
SET RF	CHANNEL	ATTEN : 35 dB	
477.25 MHz		-8.0 dBm	
LEVEL	=	-60.0 dBm	LEVEL
MER (RMS)	=	30.00 dB	MER dB
EVM/MER (RMS)	=	2.00 %	EVM/MER %
BER BEFORE RS	=	2.0E-05	BER BEFORE RS

Bild 5.59 Einstellung der Schwellwerte für die Alarmauslösung

Der Parameter 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 % definiert 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 R&S EFA verbunden. Zusätzlich ist der Alarm auch über Relais auslösbar. Tritt der Summenalarm auf, wird über die Fernsteuerschnittstellen der Einzelalarm abgefragt.

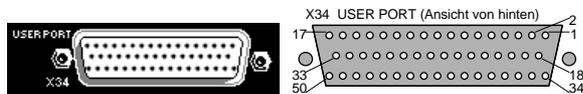


Bild 5.60 Die Buchse X34 USER PORT

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

Tabelle 5.11 Die Alarm-Belegung der Buchse X34 im ITU-T J.83 B -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 (BR) und als Indikator der Reservegrenze in ITU-T J.83 B das Auftreten nicht mehr korrigierbarer Datenfehler DE mit Datum und Uhrzeit aufgezeichnet.

Nach dem Drücken des Hardkeys ALARM an der Frontplatte des R&S EFA erscheint die Alarmliste 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.

J.83/B ALARM									
SET RF	CHANNEL	ATTEN : 10 dB							
473.00 MHz	14	70.6 dBuV							
NO	DATE	TIME	LV	SY	ME	EV	BR	DE	REGISTER CLEAR...
15	24.03.03	14:01:41	--	SY	ME	EV	BR	DE	THRESHOLD...
16	24.03.03	13:51:51	--	--	ME	EV	**	--	CONFIG...
17	24.03.03	13:51:52	--	SY	ME	EV	BR	DE	LINE
18	24.03.03	13:51:54	--	--	ME	EV	**	--	NEWEST MAN
19	24.03.03	13:51:55	--	--	ME	EV	--	--	PRINT...
20	24.03.03	13:51:56	--	SY	ME	EV	BR	DE	STATISTICS...
21	24.03.03	13:51:59	--	--	ME	EV	--	--	
22	24.03.03	13:52:01	--	SY	ME	EV	BR	DE	
23	24.03.03	13:52:03	--	--	ME	EV	**	--	
24	24.03.03	13:52:04	--	--	ME	EV	--	--	
25	24.03.03	13:52:12	--	--	--	--	--	--	

Bild 5.61 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.

J.83/B ALARM: STATISTICS			
SET RF	CHANNEL	ATTEN : 35 dB	
477.25 MHz		-7.8 dBm	
MONITORING TIME		000001:05:00	
LEVEL	LV = 000000:02:59	4.5897 %	
MPEG TS SYNC	SY = 000000:05:13	8.0256 %	
MER dB	ME = 000000:53:30	82.3077 %	
EVM/MER %	EV = 000000:53:34	82.4103 %	
BER BEFORE RS	BR = 000000:13:30	20.7692 %	
MPEG DATA ERROR	DE = 000000:05:41	8.7436 %	
CORR CNT BEFORE RS		N =	1221576
MPEG DATA ERROR CNT AFTER RS		N =	19069
REFRESH			

Bild 5.62 Statistische Auswertung der Fehlerzeiten

Häufen sich Einträge im Alarmreport, ist davon auszugehen, daß das ITU-T J.83 B 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 DTV-Übertragung bereits weit überschritten. Wie in jedem digitalen System ist der Übergang zwischen gesichertem Arbeitsbereich und Totalausfall wegen der Vorwärtsfehlerkorrektur sehr abrupt. Der TV-Meßempfänger R&S EFA warnt daher rechtzeitig vor einem bevorstehenden ITU-T J.83 B-Ausfall.

5.17 Optionen zum QAM-Meßdemodulator R&S EFA Modell 70/73

5.17.1 HF Selektion R&S EFA-B3 (für R&S EFA Mod.73)

Das mit ITU-T J.83 B belegte Kabel kennt keine Sicherheitskanäle. Alle verfügbaren Kanäle sind ohne Schutzabstand im Frequenzbereich aneinandergereiht. Will man dennoch im Kabel einzelne Kanäle vermessen und überwachen, so muß der interessierende Kanal im Frequenzbereich selektiert werden.

Die Option HF-Selektion R&S EFA-B3 ermöglicht die-se Kanalselektion von 5 bis 1000 MHz und erhöht zusätzlich noch die Eingangsempfindlichkeit des R&S EFA Front-End. Die untere Frequenzgrenze 5 MHz macht den so ausgerüsteten TV-Meßempfänger R&S EFA Modell 73 rückkanaltauglich.

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 Eingangspegel die Eigenschaften eines Demodulators besitzt.

5.17.2 Messungen mit der Option R&S EFA-B4 MPEG2-Meßdeko-der

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

ITU-T J.83 B verwendet das MPEG2 Protokoll wie es auch bei DVB-C benutzt wird. Daher sind alle MPEG2 relevanten Messungen identisch zu denen des Teil 2 DVB-C der "Rezepte" .

Ist der TV-Meßempfänger R&S EFA Modell. 70/73 mit der Option R&S EFA-B4 ausgestattet, so benötigt man nur noch dieses Meßgerät, um das MPEG2-Protokoll und die HF-Eigenschaften bei der Übertragung in ITU-T J.83 B 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 TR 101 290

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.	---	0.5 s	---	---
Duration				

Tabelle 5.12 Grenzwerte der Parameter nach DVB und MPEG 2

Während bei DVB alle Parameter definiert sind, hat MPEG2 nur einige vorgelegt. 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 5.63 zeigt das Grenzwert Menü der Option R&S 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)		ATTEN : 0 dB	BER BEF RS
330.00 MHz		-56.5 dBm	6.7E-5
PARAMETER	MIN	MAX	
PAT DISTANCE	25 ms	0.5 s	MIN
CAT DISTANCE	25 ms	0.5 s	MAX
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 5.63 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 TR 101 290 stehen zur Verfügung.

MPEG2 ALARM: CONFIG 1			
SET RF (8MHz)		ATTEN : 0 dB	BER BEF RS
330.00 MHz		-56.5 dBm	6.6E-5
<input checked="" type="checkbox"/> ENABLED	<input type="checkbox"/> DISABLED		TS SYNC
<input checked="" type="checkbox"/> ENABLED	<input type="checkbox"/> DISABLED		SYNC BYTE
<input checked="" type="checkbox"/> ENABLED	<input type="checkbox"/> DISABLED		PAT
<input checked="" type="checkbox"/> ENABLED	<input type="checkbox"/> DISABLED		CONT COUNT
<input checked="" type="checkbox"/> ENABLED	<input type="checkbox"/> DISABLED		PMT
			MORE 2/4

Bild 5.64 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 ALARM			
SET RF (8MHz)		ATTEN : 0 dB	BER BEF RS
330.00 MHz		-56.5 dBm	3.3E-6
FIRST PRIORITY ERROR			
[000] TS SYNC	[000] SYNC BYTE		
[000] PAT	[000] CONT COUNT		
[000] PMT	[000] PID		
SECOND PRIORITY ERROR			ALARM CONFIG ...
[000] TRANSPORT	[000] CRC		
[000] PCR	[000] PCR ACCURACY		
[000] PTS	[000] CAT		
THIRD PRIORITY ERROR			
[000] NIT	[000] SI REPEAT		
[000] UNREF PID	[000] SDT		
[000] EIT	[000] RST		
[000] TDT			

Bild 5.65 Das MPEG2-ALARM Menü

Im MEASURE Menü werden die Parameter gemäß TR 101 290 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...
[000] TS SYNC	[000] SYNC BYTE		
[000] PAT	[000] CONT COUNT		
[000] PMT	[000] PID		
SECOND PRIORITY ERROR			
[000] TRANSPORT	[000] CRC		
[000] PCR	[000] PCR ACCURACY		
[000] PTS	[000] CAT		
THIRD PRIORITY ERROR			START COUNTER
[000] NIT	[000] SI REPEAT		
[000] UNREF PID	[000] SDT		STOP COUNTER
[000] EIT	[000] RST		
[000] TDT			CLEAR COUNTER
ELAPSED TIME : 00:00:00:10			

Bild 5.66 Das MPEG2 MEASURE Menü

Wie im ITU-T J.83 B-Mode ist auch für den MPEG2-Mode die Buchse X34 TV-Meßempfänger R&S EFA mit Alarmleitungen belegt. Die Bedeutung der einzelnen Kontakte zeigt Tabelle 5.13.

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 5.13 Die Alarm-Belegung der Buchse X34 im MPEG2-Mode

Auch hier ist der Alarm zusätzlich über Relais auslösbar.

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	Mbps
1	- Bounce	VA		0.685
2	H-Sweep 1	VaA		3.152
3	Ramp Y C	VA		1.837
4	Nonlinearity	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

Bild 5.67 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	Mbps	
2	H-Sweep 1	VaA		3.149	VIEW PROGRAM...
PID	TYPE	CODE	CA	PID	Mbps
0129	PMT				
0200	PCR				
0200	# VIDEO	002		2.355	
0201	# AUDIO	004		0.397	
0202	AUDIO	004		0.397	

Bild 5.68 Die PMT eines Programmes mit den wichtigsten Zusatzinformationen

Der TV-Meßempfänger R&S EFA Var. 70/73 mit der Option R&S EFA-B4 MPEG2-Meßdeko-der 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 ein-gespeisten Programme per Auge und Ohr zu verfolgen.

5.17.3 SAW Filter

2 MHz R&S EFA-B14, 6 MHz R&S EFA-B11, 8 MHz R&S EFA-B13

Weil ITU-T J.83 B 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 8 MHz. 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 R&S 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 sollte immer vorhanden sein. Optionell können aber noch weitere zwei SAW Filter installiert werden.

2MHz Filter R&S EFA-B14

Erweitert die Meßmöglichkeiten auch auf einen ITU-T J.83 B Rückkanal (Upstream). Unterstützt wird der Kanalabstand 2 MHz. Möglich sind verschiedene Symbolraten.

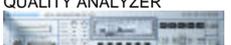
6 MHz R&S EFA-B11 und 8 MHz R&S EFA-B13

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 6MHz SAW-Filter ist das meist benutzte bei ITU-T J.83 B.

Welches Filter eingebaut ist wird im Status-Menü angezeigt.

Das SAW Filter mit 8 MHz Bandbreite ist auch bei ITU-T J.83 B trotz des dort benutzten 6 MHz Kanales von großer Bedeutung, weil es zur automatischen Schulterabstandsmessung benötigt wird.

5.18 Zusammenfassung aller ITU-T J.83 B spezifischen Messungen

Meßgerät, Meßort	zu messender Parameter
Am Kabelkopfstationseingang TS Quelle für die Produktion R&S DVG MPEG2 MEASUREMENT GENERATOR  R&S DVRG DTV RECORDER GENERATOR  R&S DVMD MPEG2 MEASUREMENT DECODER  R&S DVRM MPEG2 REAL TIME MONITOR  R&S DVQ DIGITAL VIDEO QUALITY ANALYZER 	Meßsignalgenerator für wiederholbare MPEG2 Messungen, diverse Testsequenzen Meßsignalgenerator für wiederholbare MPEG2 Messungen, diverse Testsequenzen Aufzeichnung eigener TS Aufzeichnung von Fehlerereignissen MPEG2 Transportstrom - Protokollanalysator Echtzeitmessungen MPEG2 Transportstrom - Echtzeit-Protokollüberwachung Messung der Signalqualität nach MPEG2 Kodierung und Dekodierung
Am Testsender/ Kabelkopfstation Produktion  SPECTRUM ANALYSER R&S FSEx  SPECTRUM ANALYSER R&S FSP  SPECTRUM ANALYSER R&S FSU	Oberwelle des LO ITU-T J.83 B Spektrum Schulterabstand Kontrolle "roll off" Crestfaktor (über Hüllkurve) Ausgangsleistung

Meßgerät, Meßort	zu messender Parameter
Am Testsender/ Kabelkopfstation  R&S NRVS mit Leistungsmeßkopf R&S NRV- Z51	thermische Präzisionsmessung der Ausgangsleistung
Überwachungsempfänger in der Kabelkopfstation Kontrollempfänger in der Produktion  R&S EFA Var. 70/73 ITU-T J.83 B TESTRECEIVER mit R&S EFA-B4	Grundgerät QAM Ordnung Symbolrate ITU-T J.83 B Spektrum in Amplitude, Phase und Gruppenlaufzeit Ausgangsleistung END, BER, MER Crest-Faktor Schulterabstand (nach TR 101 290) Frequenzoffset Echodiagramm Konstellationsdiagramm I/Q Parameter in QAM Alarmreport Option R&S EFA-B4 Messungen nach TR 101 290: Parameter der drei Prioritäten Alarmreport PAT und PMT
Simulation einer ITU-T J.83 B Kabelkopfstation  R&S SFQ TV TEST TRANSMITTER Option NOISE GENERATOR FADING	C/N Einstellung für END Messung Simulation von definierten Empfangsbedingungen Impedanz-Stoßstelle Simulation von Senderdefekten
ITU-T J.83 B Sender für die Produktion  R&S SFL-J TV TEST TRANSMITTER	Testsender in der Produktion Simulation von Senderdefekten zum Test von STBs in der Produktion