

4.8 Messungen im Frequenzbereich

4.8.1 Der Kanalfrequenzgang in Betrag und Phase

Die theoretischen Werte von Betrag und Phase der verstreuten Piloten im COFDM Symbol sind im Demodulator/Meßempfänger EFA bekannt und werden mit den Werten der real empfangenen Piloten verglichen. Das Resultat ist die Kanalübertragungsfunktion. Anhand dieser rechnerischen Auswertung ist der HF Ausgang eines DVB-T Senders einschließlich aller Filter zwischen Senderausgang und Antenne in Amplitudenfrequenzgang und Phasengang oder Gruppenlaufzeit zu vermessen. Die Einhaltung der Bedingungen wie sie unter 4.4.4 *Vergrößerung des Schulterabstandes* für Amplituden- Phasenfrequenzgang bzw. Gruppenlaufzeit definiert sind, überwacht daher auch der MESSEMPFÄNGER EFA Var. 40/43.

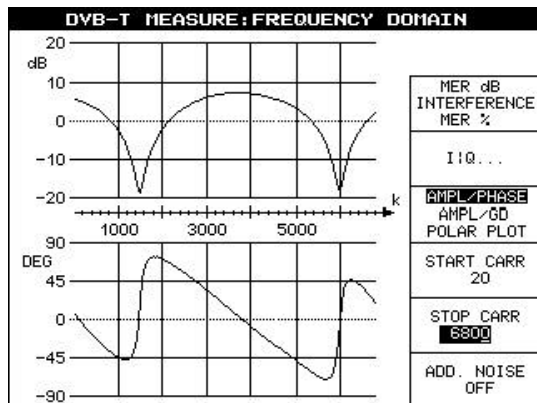


Bild 4.50 Fadingbedingte lineare Verzerrungen eines Übertragungskanales für Amplitude und Phase (Abszisse zeigt die Trägernummer k)

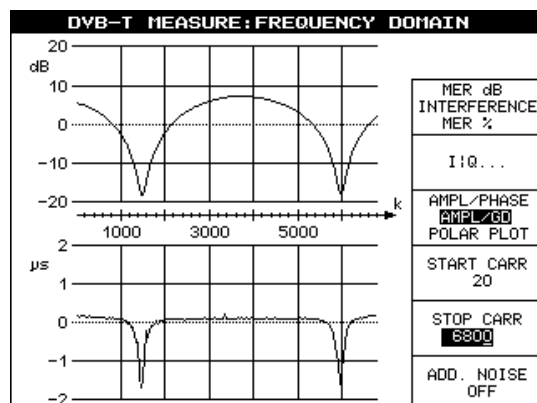


Bild 4.51 wie Bild 4.50 Fadingbedingte lineare Verzerrungen, aber Darstellung von Amplitudenfrequenzgang und Gruppenlaufzeit

Eine weitere Darstellungsmöglichkeit der obigen Informationen ist das Polardiagramm. Dabei geht zwar der Frequenzbezug verloren, dafür hat man die Phasen - und Amplitudeninformationen in einem Diagramm. Diese Darstellung eignet sich besonders für eine schnelle Übersicht der Verhältnisse im Kanal.

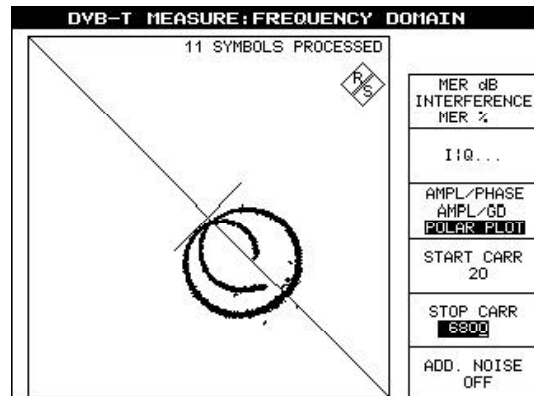


Bild 4.52 Polardiagramm von Bild 4.50, Realteil ist lange Diagonale, Imaginärteil kurze Diagonale

Im Idealfall eines unverzerrten Kanalspektrums wird nur ein Punkt auf der positiven reellen Achse gezeichnet.

4.8.2 Der Frequenzgang mit FFT berechnet

Mit der Berechnung des Kanalfrequenzganges über die FFT ist die Auflösung der Pegelabweichungen wesentlich höher, als bei der komplexen Auswertung über die Pilote wie oben beschrieben. Diese Meßmethode ersetzt zwar nicht voll die Messung des DVB-T Sender mit einem Spektrumanalysator, aber sie ist ausreichend für die Beurteilung des Sendespektrums im Kanal und auch zur Bestimmung der Außerbandanteile wie schon aufgezeigt in 4.4.6 *Verbesserung des Schulterabstandes*.

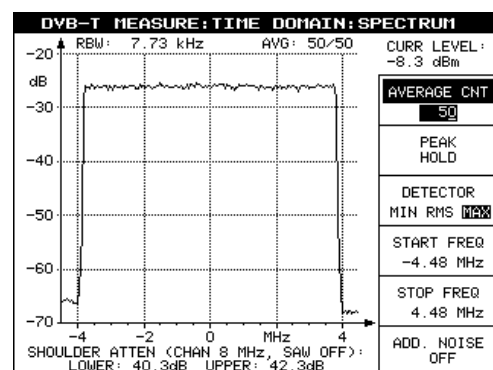


Bild 4.53 Spektrum eines DVB-T Kanals

Die höchste Pegelaufösung erreicht man, wenn nur der Nutzbereich des Spektrums (hier z.B. von -3.8 ... +3.8 MHz) analysiert wird. Die Pegelaufösung schaltet dabei automatisch, je nach Frequenzgang, auf minimal 2 dB/Teilung.

4.9 Das Konstellationsdiagramm

Jeder DVB-T Träger wird im MESSEMPFÄNGER EFA Var. 40/43 mit einer FFT in sein Basisband abgebildet. Die Projektion aller so errechneten I/Q Wertepaare in die Entscheidungsfelder für QPSK, 16 QAM oder 64 QAM (hierarchisch oder nicht hierarchisch) erzeugen das Konstellationsdiagramm.

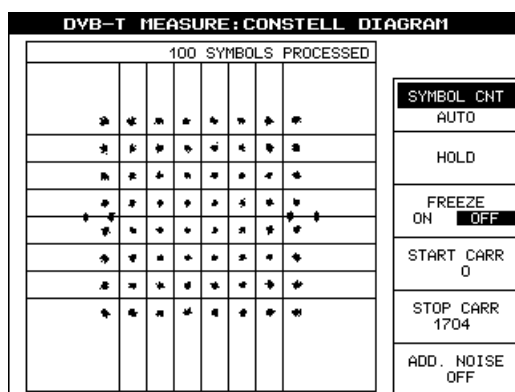


Bild 4.54 Das Konstellationsdiagramm 64 QAM 2k Mode

Abgebildet sind die I/Q Werte aller Träger zwischen START CARR und STOP CARR, deshalb sind auch die Piloten und TPS Träger auf der I Achse abgebildet. Die TPS Träger zeigen die mittlere Leistung innerhalb der Konstellation während die Piloten mit einer um den Faktor $16/9 = 1.777$ höheren Leistung erscheinen.

Anhand der Diagramme für die Einzelträger können verschiedene OFDM Parameter ermittelt werden.

4.9.1 Die MER Messung

Der Parameter MER (Modulation Error Ratio) fasst alle Störungen, die innerhalb des Konstellationsdiagrammes gemessen werden können, in sich zusammen. Bild 4.55 veranschaulicht die Definition dieses Parameters.

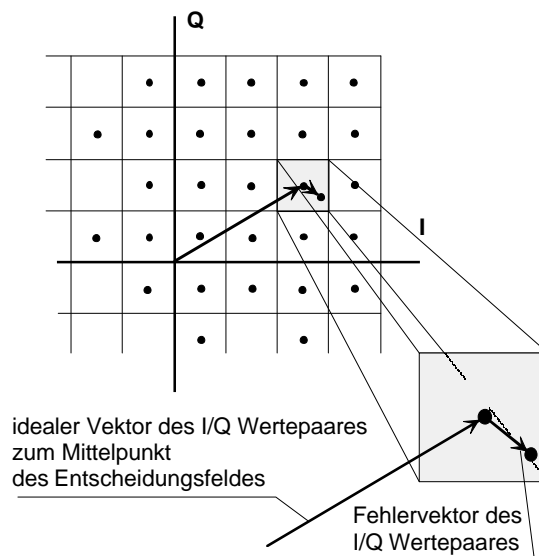


Bild 4.55 zur Definition von MER

Für jedes I/Q Wertepaar im Konstellationsdiagramm gibt es genau einen theoretischen Zielpunkt exakt im Mittelpunkt eines jeden Entscheidungsfeldes. Durch den Einfluß der Quantisierung bei der digitalen Berechnung der Werte mit begrenzter Bitzahl, Rundungsfehlern bei der Berechnung, der D/A Wandlung im Modulator, durch Phasenjitter des Wandlungstaktes und durch Rauschüberlagerung während der Übertragung wird dieser Mittelpunkt nicht immer getroffen. Dadurch läßt sich ein Fehlervektor definieren, der alle Fehlereffekte in sich vereinigt. Aus den quadratischen Summen von idealen Vektoren und denen der Fehlervektoren wird der Parameter MER berechnet (siehe Measurement Guidelines for DVB Systems ETR 290).

Die Messung des MER mit dem MESSEMPFÄNGER EFA Var. 40/43 erfasst nicht nur den Zahlenwert dieses Parameters, sondern auch mit viel höherer Aussagekraft als Funktion $MER(f)$, die Darstellung des MER eines jeden Einzelträgers im COFDM Kanal. Störungen, die nur wenige Träger im COFDM Symbol betreffen, sind mit dieser Darstellung sofort zu lokalisieren.

Hierzu ein Beispiel:

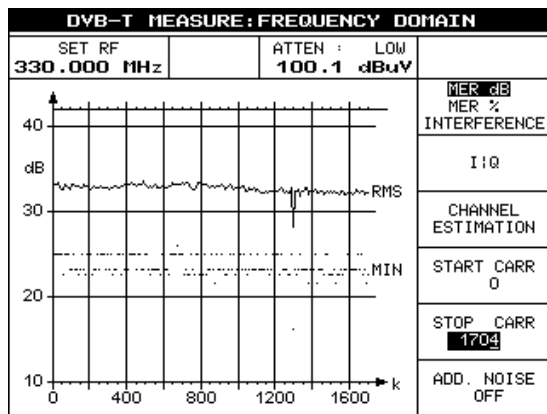


Bild 4.56 Darstellung des MER(k) Verlaufs mit schmalbandiger Störung

In Bild 4.56 sieht man deutlich den tiefen Einbruch des MER im Bereich der Träger um $k = 1300$ (k Index der COFDM Träger). Für die genauere Trägerbestimmung wählt man in diesem (Bild 4.56) oder auch im I/Q Menue den Startträger etwas vor $k = 1300$ z.B. 1280 und den Stoppträger etwas nach 1300 z.B. 1320 und man findet exakt den gestörten Träger, der hier mit $k = 1299$ identifiziert wird.

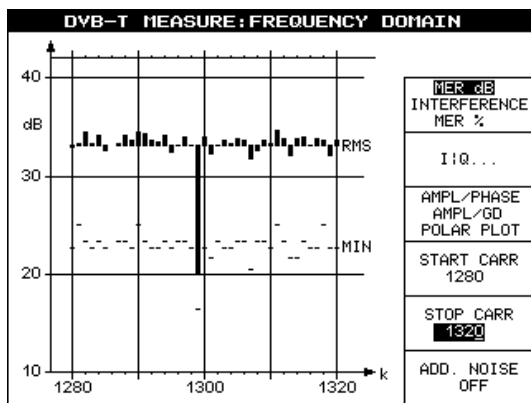


Bild 4.57 Analyse des 2 k COFDM Signals in der MER Darstellung gezoomt, die Störung liegt auf Träger 1299

Die Überwachung von DVB-T Sendern wird daher neben der Messung des BER zunächst nur über den Parameter MER ausgeführt. Sind auffällige Abweichungen von der linearen Verteilung über der Frequenz festgestellt, so wird man in die detailliertere Untersuchung der Fehlerursache durch "zoomen" des betroffenen Trägerbereichs oder durch Messung der Parameter im Menue "COFDM Parameter" einsteigen.

Der Parameter MER ist neben dem BER der wichtigste im DVB Übertragungssystem, weil er auf einen Blick Auskunft über die Übertragungsqualität des DVB Systems gibt.

Ein guter DVB-T Sender sollte ein $MER(f) > 35$ dB haben.

4.9.2 Die I/Q Analyse

Eine weitere Möglichkeit Fehlerstellen im COFDM Signal zu finden ist die I/Q Darstellung über der Frequenz. Dabei wird die I Komponente um 90° gedreht und der Q Komponente überblendet. Es entstehen je nach Modulationsart 2, 4 oder 8 (für QPSK, 16QAM oder 64QAM) I/Q Wertebalken, an denen man sofort Abweichungen von der idealen Modulation und auch selektive Störer ermitteln kann. Im Idealfall sollten die I/Q Wertebalken parallele horizontale Striche in gleichem Abstand zueinander und mittig zu den inneren Entscheidungsschwellen sein.

Als Beispiel ist das gleiche Signal wie bei der MER Messung in der I/Q Darstellung gezeigt. Der selektive Störer beim Träger 1299 wird ebenfalls mit dem Trägerzoom erfasst.

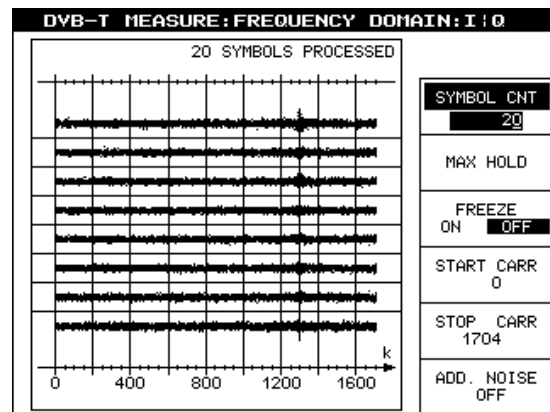


Bild 4.58 Analyse des 2 k COFDM Signals in der I/Q Darstellung

In Bild 4.59 ist beim Träger $k = 1286$ eine Lücke zu erkennen. An dieser Stelle liegt ein TPS Träger, der in der I/Q Darstellung nicht berücksichtigt ist. Der Grund liegt in der Modulation, die die Information nur auf die I Komponente legt und daher mit den Datenträgern nicht vergleichbar ist.

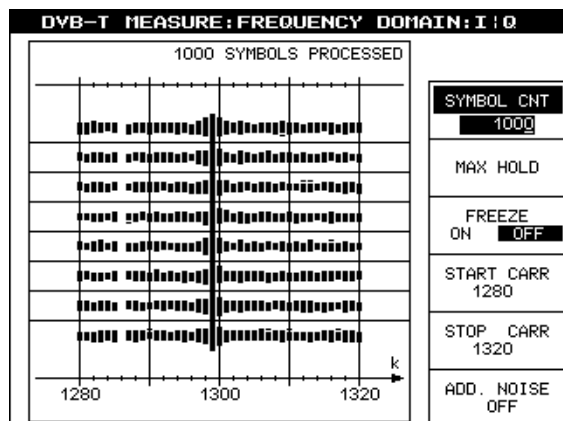


Bild 4.59 Analyse des 2 k COFDM Signals in der I/Q Darstellung gezoomt, die Störung liegt auf Träger 1299

4.9.3 Messungen der I/Q Parameter in OFDM

DVB-T MEASURE: OFDM PARAMETERS			
SET RF (8MHz)	ATTEN : 15 dB		
474.000 MHz	-35.9 dBm		
PARAMETERS: CENTR CARR EXCLUD		CONSTELL DIAGRAM...	
CODER:		FREQUENCY DOMAIN...	
I/Q AMPL IMBALANCE	+0.05 %	TIME DOMAIN...	
I/Q QUADRATURE ERROR	-0.02 °	START CARR	
CARRIER SUPPRESSION	---- dB	0	
PHASE	---- °	STOP CARR	
TRANSMISSION:		1704	
PHASE JITTER (RMS)	0.00 °	ADD. NOISE	
SIGNAL/NOISE RATIO	31.2 dB	OFF	
SUMMARY:			
MOD ERR RATIO (RMS)	30.7 dB		
MOD ERR RATIO (MIN)	20.4 dB		
MOD ERR RATIO (RMS)	2.9 %		
MOD ERR RATIO (MAX)	9.5 %		
AVERAGE: 100 %			

Bild 4.60 Messung der OFDM Parameter ohne den zentralen Träger

Wie bei den anderen DVB Systemen für Kabel- und Satellitenübertragung sind auch bei DVB-T die auftretenden Störungen dem Modulator und der Übertragung zuzuordnen.

Die Parameter I/Q IMBALANCE, I/Q QUADRATURE ERROR, CARRIER SUPPRESSION und (RESIDUAL CARRIER) PHASE sind eindeutig vom Steuersender abhängig, während die Übertragung rauschähnliche Störungen wie PHASE JITTER und NOISE (S/N RATIO) dem Nutzsignal überlagert.

Als Summenparameter entsteht wieder der Parameter MER (siehe auch 4.9.1 Die MER Messung), der in verschiedenen Benennungen angezeigt ist.

4.9.4 Die Restträgermessung

Besonderheiten treten bei der Messung des Restträgers auf. Der Restträger ist definitionsgemäß ein sehr schmalbandiger Störer. Seine spektrale Reinheit ist schon unter 4.5.1 Messung des Phasenrauschens beschrieben. Als sehr schmalbandiger Störer hat der Restträger nur auf den zentralen Träger einen Einfluss und kann daher nur im Bereich des zentralen Trägers gemessen werden. Im 2 k Mode ist der zentrale Träger, wie anhand der Gleichung Gl 1 (siehe 4.2.8.2) zu berechnen, in jedem 4. Symbol ein verstreuter Pilot. Im 8 k Mode jedoch ist die zentrale Frequenz mit einem stetigen Piloten belegt.

Bild 4.61 Messung der OFDM Parameter im 2k

DVB-T MEASURE: OFDM PARAMETERS			
SET RF (8MHz)	ATTEN : 15 dB		
474.000 MHz	-35.9 dBm		
PARAMETERS: CENTR CARR ONLY		CONSTELL DIAGRAM...	
MODULATOR:		FREQUENCY DOMAIN...	
I/Q AMPL IMBALANCE	+0.15 %	TIME DOMAIN...	
I/Q QUADRATURE ERROR	+0.00 °	START CARR	
CARRIER SUPPRESSION	27.2 dB	852	
PHASE	+121 °	STOP CARR	
TRANSMISSION:		852	
PHASE JITTER (RMS)	0.35 °	ADD. NOISE	
SIGNAL/NOISE RATIO	32.6 dB	OFF	
SUMMARY:			
MOD ERR RATIO (RMS)	24.8 dB		
MOD ERR RATIO (MIN)	17.4 dB		
MOD ERR RATIO (RMS)	5.8 %		
MOD ERR RATIO (MAX)	13.4 %		
AVERAGE: 100 %			

Mode nur am zentralen Träger

Der MESSEMPFÄNGER EFA Var. 40/43 wertet trotz dieser Einschränkungen den Restträger über eine patentierte Rechenvorschrift genauestens aus. Soll der Restträger gemessen werden ist in beiden Modi 2 k oder 8 k über die Trägerselktion nur der zentrale Träger (entweder 852/2 k oder 3408/8 k) zu wählen. Die Messung läuft dann automatisch ab.

Bei DVB-T bezieht die Norm ETR 290 den Restträger immer auf die Nutzleistung eines einzigen OFDM Trägers. Bei DVB-C und DVB-S dagegen ist der Bezug die mittlere Leistung des Gesamtspektrums. Aus diesem Grunde ergeben sich bei gleichem Absolutpegel des Restträgers bei DVB-T wesentlich kleinere logarithmische Verhältnisse für den Restträger als bei DVB-C und DVB-S:

Im 2 k Mode $\Delta = 10 \times \log(1705) = 32.3 \text{ dB}$

Im 8 k Mode $\Delta = 10 \times \log(6817) = 38.3 \text{ dB}$

Beispiel:

Ist man bei DVB-C gewöhnt die Restträgerunterdrückung mit etwa 60 dB zu messen, wird man bei DVB-T im 8 k Mode nur wenig mehr als 20 dB erreichen.

4.10 Der Alarmreport

Die Ergebnisse der vorher beschriebenen Messungen sind nicht nur vor Ort am Sender manuell durchführbar, sondern auch fernbedient in einer Leitstelle über RS232 und IEC625/IEEE488 Bus abzufragen. Eine Überwachung über Einzelabfragen ist aber zeitaufwendig und zu dem fallen sehr viele Meßdaten an.

Überläßt man dagegen die Überwachung dem MESSEMPFÄNGER EFA Var. 40/43 gestaltet sich die Senderüberwachung viel einfacher. Dazu wird das ALARM Menue aktiviert.

DVB-T ALARM: CONFIG			
SET RF		ATTEN :	
330.000 MHz		0 dB	
		65.7 dBuV	
DISABLED	ENABLED		LEVEL
DISABLED	ENABLED		SYNC
DISABLED	ENABLED		BER BEFORE VIT
DISABLED	ENABLED		BER BEFORE RS
DISABLED	ENABLED		BER AFTER RS
DISABLED	ENABLED		MPEG DATA

Bild 4.62 Menue zur Konfiguration der Alarmer: alle möglichen Parameter werden überwacht

Die Tabelle 4.12 listet die im ALARM Menue überwachten Parameter mit den zugehörigen Kurzformen und Bedingungen, auf:

Parameter	Erklärung	
Eingangsspiegel	LEVEL	LV
Synchronisation	zeigt die Synchronisation der OFDM Symbole und der MPEG2 TS an	SY
BER vor Viterbi		BV
BER vor RS		BR
BER nach RS		BM
Datenfehler (MPEG DATA)	durch Viterbi und RS nicht mehr korrigierbare Datenfehler	DE

Tabelle 4.12

Nach der Konfiguration des ALARM Menues 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, BV, BR und BM einstellbar.

DVB-T ALARM: THRESHOLD			
SET RF		ATTEN :	
330.000 MHz		55 dB	
		120.7 dBuV	
LEVEL	=	40.0 dBuV	LEVEL
BER BEFORE VIT	=	1.0E-3	BER BEFORE VIT
BER BEFORE RS	=	2.0E-4	BER BEFORE RS
BER AFTER RS	=	1.0E-8	BER AFTER RS

Bild 4.63 Einstellung der Schwellwerte für die Alarmauslösung

Die aktivierten Alarmer sind als Summenalarm auf einen Pin von Stecker X34 USER PORT an der Rückwanne des EFA verbunden. Tritt der Summenalarm auf, wird über die Fernsteuerschnittstellen der Einzelalarm abgefragt.

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 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-T ALARM				
SET RF (8MHz)		ATTEN : 20 dB		
650.000 MHz		-19.5 dBm		
NO	DATE	TIME	ALARM	REGISTER CLEAR...
238	13.06.00	14:28:35	-- SY BV -- --	THRESHOLD...
239	13.06.00	14:28:36	-- SY -- -- --	
240	13.06.00	14:29:23	LV SY -- -- --	
241	13.06.00	14:29:24	-- SY -- -- --	CONFIG...
242	13.06.00	14:30:06	-- SY ** ** *	
243	13.06.00	14:30:11	-- SY -- -- --	LINE NEWEST MAN
244	13.06.00	14:30:14	-- SY -- -- --	
245	13.06.00	14:30:16	-- SY -- -- --	PRINT...
246	13.06.00	14:30:17	-- -- -- -- --	
247				STATISTICS..
248				

Bild 4.64 Die Alarmliste

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-T ALARM: STATISTICS			
SET RF (8MHz)		ATTEN : 20 dB	
650.000 MHz		-19.5 dBm	
MONITORING TIME		01:41:25	
LEVEL	LV = 00:02:58	2.9252 %	
SYNCHRONISATION	SY = 00:09:20	9.2030 %	
BER BEFORE VIT	BV = 00:04:31	4.4536 %	
BER BEFORE RS	BR = 00:00:00	0.0000 %	
BER AFTER RS	BM = 00:00:00	0.0000 %	
MPEG DATA ERROR TIME	DE = 00:02:54	2.8595 %	
CORR CNT BEFORE VIT	N =	26331332	
CORR CNT BEFORE RS	N =	112462	
MPEG DATA ERROR CNT AFTER RS	N =	3033	
			REFRESH

Bild 4.65 Statistische Auswertung der Fehlerzeiten

4.11 Messungen im VHF Bereich Band I und Band III

Die europäische Norm EN 300 744 spezifiziert DVB-T zunächst nur für den UHF Bereich und für 8 MHz Kanäle. In Anmerkungen wird aber auch auf 7 MHz Kanäle verwiesen, wie sie im VHF Bereich Band I und Band III festgelegt sind, in Australien aber auch im Band IV/V benutzt werden. Der DVB-T Systemtakt ist dann im 7 MHz Kanal von 64/7 MHz auf 64/8 MHz zu verringern. Damit ist die Nutzsymboldauer auf $896 \times 8/7 = 1024 \mu s$ verlängert, die Nutzsignalbandbreite auf

6.65625 MHz verringert (976.5625 Hz Trägerabstand) und findet im 7 MHz Kanal Platz. Die Länge der Schutzintervalle berechnet sich nun ausgehend von der Nutzsymboldauer $1024 \mu s$. Die Nutzdatenrate verringert sich dabei um den Faktor 7/8. Alle Datenraten der Tabelle 4.6 sind für diesen Fall mit 7/8 zu multiplizieren. Für DVB-T in 6 MHz Kanälen ist der Systemtakt von 64/7 MHz auf $(64/8) \times (6/7) = 48/7 \text{ MHz}$ zu verringern. Die Nutzsymboldauer ist dann $(896 \times 8/7) \times 7/6 = 896 \times 4/3 = 1194.667 \mu s$ und die Datenraten und Schutzintervalle sind entsprechend zu korrigieren.

Um selektive Messungen auch in diesen Kanalbandbreiten zu ermöglichen, verfügt der MESSEMPFÄNGER EFA Var. 40/43 über zwei weitere Optionen. Zusätzlich zu dem internen 8 MHz SAW ZF Filter sind noch Plätze für ein 7 MHz SAW Filter EFA - B12 und ein 6 MHz SAW Filter EFA - B11 reserviert.

Die Systemtakte werden für die Demodulation mit veränderter Bandbreite selbstverständlich auto-matisch mit umgeschaltet.

Das STATUS Menue zeigt die gewählte Bandbreite an.

DVB-T STATUS			
SET RF (8MHz)		ATTEN : 15 dB	
474.000 MHz		-36.6 dBm	
6.0MHz	7.0MHz	8.0MHz	OFF
			SAW FILTER BW
6.0MHz	7.0MHz	8.0MHz	
			CHANNEL BW
AUTO	MAN	TPS	OFDM/CODE RATE MODE
OFDM/CODE RATE SETTINGS...			
MPEG DATA OUTPUT			
BEEPER...			

Bild 4.66 Das STATUS Menue

4.12 Messungen im DVB-T Netz SFN oder MFN (Single Frequency Network, Multi Frequency Network)

Das Schutzintervall ermöglicht die Berücksichtigung aller Reflexionen und direkter Empfangspfade von anderen Sendern im SFN beim Empfang der DVB-T Signale. Die Laufzeiten dieser Signale dürfen im Netz nicht die Schutzintervalldauer überschreiten. Diese Laufzeiten werden mit dem MESSEMPFÄNGER EFA Var. 40/43 ermittelt. Je nach Anwendung errechnet der Messempfänger die Laufzeit in μs



ROHDE & SCHWARZ
BROADCASTING DIVISION

oder auch die Pfadlänge in Kilometer oder Meilen.

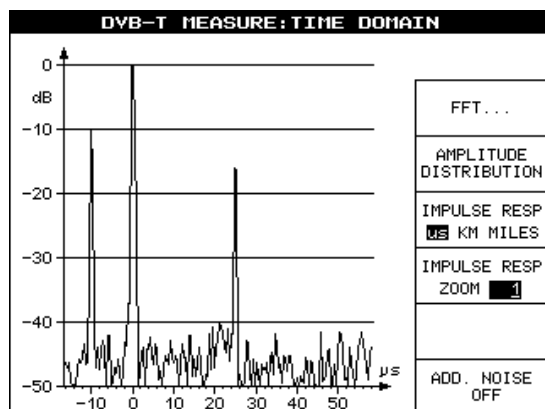


Bild 4.67 Das Echodiagramm

Wie Bild 4.67 zeigt, sind auch voreilende Echos im DVB-T Netz möglich, z.B. beim Empfang von Füllsendern niedriger Leistung, die aber in kürzerer Entfernung als der Hochleistungssender stehen. Hier ist die Laufzeit -10 µs, d.h. der Füllsender steht um ca. 3. km näher als der Hauptsender, der bei 0 µs angezeigt ist. Ein nacheilendes Echo steht bei 25 µs und resultiert z.B. von einer Reflexion mit einem Umweg von ca. 7.5 km. Das Echoprofil in Bild 4.67 ist im DVB-T Netz mit 8 MHz Kanalbandbreite für Schutzintervallängen > 28 µs (2k, Schutzintervall $\tau = 1/8$, 8k, $\tau = 1/32$) gültig.

Diese Messung erlaubt auch die Abstandsermittlung zwischen den Einzelsendern in km im SFN, solange Sichtverbindung zwischen den Sendeantennen besteht. Im Gleich-wellennetz SFN dürfen die Sender keinen größeren Abstand, als in Tabelle 4.13 aufgeführt, haben.

FFT	Senderabstand km			
	$\tau = 1/4$	$\tau = 1/8$	$\tau = 1/16$	$\tau = 1/32$
2 k	16.8	8.4	4.2	2.1
8 k	67.2	33.6	16.8	8.4

Tabelle 4.13 Maximale Senderabstände im SFN

4.13 Messungen mit der Option EFA-B4 MPEG2 Meßdeko

Die Option B4 MPEG2 Meßdeko beinhaltet einen Teil der Meßmöglichkeiten von DVMD MPEG2 MEASUREMENT DECODER bzw. DVRM MPEG2 REAL TIME MONITOR. Die EFA Meßfunktionen sind für die Überwachung des demodulierten Transportstromes am Senderstandort angepasst. Die Überwachungstiefe der MPEG2 spezifischen Parameter von DVMD bzw. DVRM wird mit dieser Minimallösung nicht erreicht. Wurde am Sendereingang schon die MPEG2 Überwachung durchgeführt, sind die gesamten Meßmöglichkeiten von DVMD bzw. DVRM am Senderausgang nicht mehr nötig.

Ist der MESSEMPFÄNGER EFA Var. 40/43 mit der Option B4 ausgestattet, so benötigt man am Sender nur noch dieses Meßgerät um das MPEG2 Protokoll und die HF Eigenschaften bei der Übertragung in DVB-T zu ermitteln

Zunächst sind hier die Zeittoleranzen für die Wiederholraten der Tabellen und Zeitmarken im TS zu setzen. Die Toleranzen können Bediener-spezifisch 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 4.14 Grenzwerte der Parameter nach DVB und MPEG 2

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

Bild 4.68 zeigt das Grenzwert Menue des MESSEMPFÄNGER EFA Var. 40/43. 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 Überwachungs-ergebnisse 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	
PMT DISTANCE	25 ms	0.5 s	MAX
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	-----	
TDI 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 4.68 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 stehen zur Verfügung.

MPEG2 ALARM: CONFIG 1		
SET RF (8MHz)		ATTEN : 0 dB
330.00 MHz		-56.5 dBm
		BER BEF RS
		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 4.69 Erste Seite der "Alarm-Parameter"

Nach dem die Taste ALARM gedrückt ist, erscheint das MPEG2 ALARM Menue, indem alle Toleranzüberschreitungen in der überwachten Zeit angezeigt sind. Ist ein

Parameter mit DISABLE nicht aktiv, 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			
[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 4.70 Das MPEG2 ALARM Menue

Im MEASURE Menue werden alle Parameter gemäß ETR290 ausgewertet, unabhängig von den Einstellungen im ALARM Menue. 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...
[01] TS SYNC	[01] 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		STOP COUNTER
[00] EIT	[00] RST		
[00] TDT			
ELAPSED TIME : 00:00:00:10			CLEAR COUNTER

Bild 4.71 Das MPEG2 MEASURE Menue

Über den Softkey VIEW PROGRAM... öffnet man die PAT des empfangenen 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	Mb/s
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 4.72 Die PAT des TS mit den wichtigsten Zusatzinformationen

Wählt man ACTIVATE PROGRAM öffnet sich die PMT dieses Programmes und man erhält weitere Informationen über die Anzahl Video, Audio, Daten und "andere" Datenströme im Programm, einschließlich der zugehörigen PIDs. Auch ist die PID der PMT und unter welcher PID die PCR 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	Mb/s
2	H-Sweep 1	VAA		3.149
PID	TYPE	CODE	CA	PID Mb/s
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 4.73 Die PMT eines Programmes mit den wichtigsten Zusatzinformationen

Der MESSEMPFÄNGER EFA Var. 40/43 mit der Option EFA-B4 MPEG2 Meßdeko-der ist mit den aufgezeigten Möglichkeiten ausreichend für das MPEG2 Monitoring, auch wenn die Überwachungstiefe nicht der eines zusätzlichen DVMD MPEG2 MEASUREMENT DECODER bzw. DVRM MPEG2 REAL TIME MONITOR entspricht. Die Ausgänge für analoges Videosignal im FBAS Format und für analoges Audiosignal erlaubt noch zusätzlich die von der Antenne abgestrahlten Programme per Auge und Ohr zu verfolgen.

4.14 Zusammenfassung aller DVB-T spezifischen Messungen

Meßgerät, Meßort	zu messender Parameter
Am Sendereingang DVG MPEG2 MEASUREMENT GENERATOR  DVMD MPEG2 MEASUREMENT DECODER  DVRM MPEG2 REAL TIME MONITOR  DVQ DIGITAL VIDEO QUALITY ANALYZER 	Meßsignalgenerator für wiederholbare MPEG2 Messungen, diverse Testsequenzen MPEG2 Transportstrom - Protokollanalysator Echtzeitmessungen MPEG2 Transportstrom - Echtzeit-Protokollüberwachung Messung der Signalqualität nach MPEG2 Kodierung und Dekodierung
Am Steuersender/ Senderausgang SPECTRUM ANALYSER FSP oder FSEx  	Phasenrauschen LO Oberwelle des LO COFDM Spektrum Schulterabstand Kontrolle der Masken Crestfaktor Senderausgangsleistung

Meßgerät, Meßort	zu messender Parameter
Am Steuersender/ Senderausgang NRVS mit Leistungsmeßkopf NRV-Z51  Am Steuersender/ Senderausgang EFA Var. 40/43 DVB-T TESTRECEIVER mit B4 	thermische Präzisionsmessung der Senderausgangsleistung Grundgerät 2k und 8k 6, 7 und 8 MHz Kanäle Anzeige Modulatoreinstellungen COFDM Spektrum Schulterabstand Kontrolle der Masken Crestfaktor (gemäß Definition) Senderausgangsleistung Ausfall von Verstärkern END, BER, MER Offsets von Frequenz und Datenrate Kanalübertragungsfunktion Echodiagramm Konstellationsdiagramm I/Q Parameter in COFDM Restträgermessung Alarmreport Option B4 Messungen nach ETR290: Parameter der drei Prioritäten Alarmreport PAT und PMT
Simulation eines DVB-T Senders SFQ TV TEST TRANSMITTER Option NOISE GENERATOR FADING 	C/N Einstellung für END Messung Simulation definierter Empfangsbedingungen Simulation von Senderdefekten