

#### 4.5.1 Ausfall von Verstärkern

Der Steuersender SV700 speist das DVB-T Signal in den Leistungssplitter, der die nachfolgenden Leistungsverstärker ansteuert. Die Leistungsverstärker sind als Zwillingsverstärker ausgelegt. Die Leistungsstufen innerhalb der Verstärker sind ebenfalls mit Zwillingsleistungs-transistoren in LD MOS Technologie aufgebaut. Je nach Sendernennleistung arbeiten eine Anzahl von Verstärkern parallel. Je zwei sind jeweils über Koppler zusammengeführt. Das Ausgangssignal der Koppler wird zur Erhöhung des Schulterabstandes bandpassgefiltert und weiter zur Sendeantenne geführt. Je nach der Weitabunterdrückung des Bandpasses ist unter Umständen noch ein Filter zur Unterdrückung der LO Oberwellen nötig.

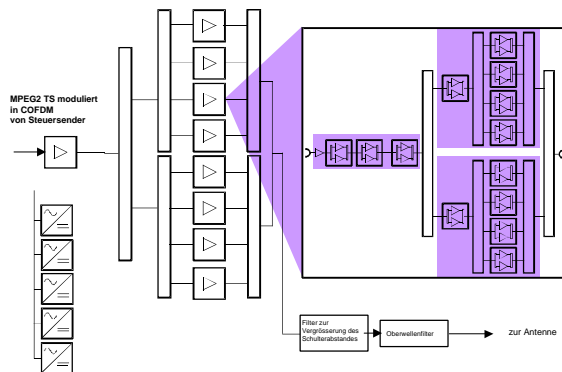


Bild 4.36 Funktionsstromlauf eines Leistungsverstärkers



Bild 4.37 Der Leistungsverstärker

##### 4.5.1.1 Ausgangsleistung bei Ausfall von Verstärkern

Die Verstärker sind nach dem Zwillingsprinzip aufgebaut. Immer zwei Verstärker oder innerhalb der Verstärker zwei Leistungstransistoren sind über Koppler zusammengeführt. Fällt nun ein "Zwilling" aus, so wird die Hälfte der Leistung des zweiten "Zwillings" in einen Absorberwiderstand

geleitet. Durch die perfekte Kühlung des Widerstandes tritt keine Überhitzung im Fehlerfalle auf. Daraus ist folgende Gleichung für die abgegebene Restleistung eines Senders mit defekten Verstärkern abgeleitet:

$$P_{\text{aus}} = P_{\text{nenn}} * \left( \frac{m-n}{m} \right)^2$$

$P_{\text{aus}}$  = reale Ausgangsleistung  
 $P_{\text{nenn}}$  = Nennausgangsleistung  
 $m$  = Anzahl der montierten Verstärker  
 $n$  = Anzahl der defekten Verstärker



DVB-T Sender 2.5 kW Band IV/V NV 7250

##### Kurzdaten NV/NH 7xxx

Frequenzbereich HF-	470 MHz...860 MHz
Ausgangsleistung	0.4...5 kW (DVB-T) 2...40 kW (Analog-TV)
Schnittstellen	RS-232-C und RS-485
Optional	Parallel-Schnittstelle (für Meldungen und Kommandos)
TV-Standards	DVB-T, ATSC
digital	B, G, D, K, M, N, I
analog	PAL, NTSC, SECAM
Farbübertragung	Zweitonen-Codierung nach IRT (-13 dB/-20 dB)
Tonübertragung	oder FM-1-Ton (-10 dB) und Nicam 728

Ein Beispiel:

Bei einem 2.5 kW DVB-T Sender mit insgesamt 6 Verstärkern ist ein Verstärker ausgefallen. Der Sender bleibt in Funktion, nur die Leistung verringert sich auf:

$$P_{\text{aus}} = 0.694 \times P_{\text{nenn}} \quad \text{mit } m=6 \text{ und } n=1$$

Fällt wie oben beschrieben ein Verstärker des Senders aus, so vermindert sich die Leistung, die Kennlinie bleibt aber erhalten. Sie verschiebt sich nur parallel zu niedrigerer Leistung. Das heißt aber auch alle Qualitätsparameter (bis auf die verringerte Leistung) bleiben datenhaltig. Selbst wenn einzelne Leistungstransistoren in den Verstärkern ausfallen gilt diese Aussage. Wichtig ist, daß weder Verstärker noch Leistungs-transistoren überlastet werden. Die MTBF der funktionsfähigen Elemente ändert sich dadurch nicht.

#### 4.5.1.2 Austausch von Verstärkern

Langzeit - Messungen mit MESSEMPFÄNGER EFA Var. 40/43

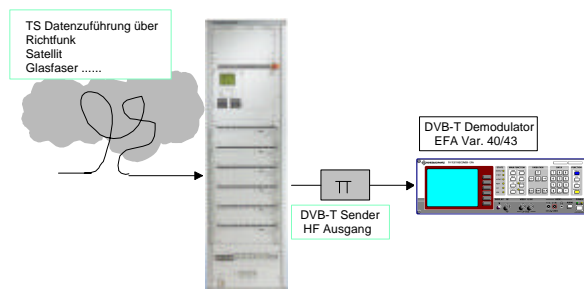


Bild 4.38 Langzeit - Messung der Senderleistung

Anhand des Histogrammes für die Senderleistung am Display des MESSEMPFÄNGERS EFA Var. 40/43 ist der Ausfall eines Verstärkers auch über die Fernüberwachung leicht zu identifizieren. Sinkt die Leistung um den konstanten Wert 1.59 dB ab, so bedeutet das beim DVB-T Sender NV 7250, daß einer der sechs Verstärker ausgefallen ist. Bei höheren Leistungen verringert sich der Wert der Änderung, ist aber über das Histogramm immer noch eindeutig zu identifizieren. Der jeweilige Leistungsabfall ist über die obige Gleichung zu errechnen.

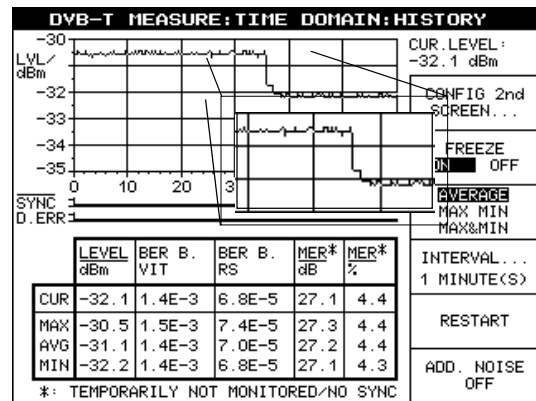


Bild 4.39 Histogramm des MESSEMPFÄNGERS EFA Var. 40/43

Was ist nun zu tun, wenn ein Verstärker ausgefallen ist?

Als erstes ist der defekte Verstärkungseinschub (auch im Betrieb) aus dem Sendergestell heraus zu ziehen und der Ersatz einschub ist einzusetzen.

Danach sind Pegel und Phase des Ersatzverstärkers an die des Zwillingeinschubs anpassen. Als Meßmittel dienen hier wiederum ein Spektrumanalysator Typ FSEx oder FSP oder ein zur Überwachung des DVB-T Senders vorhandene MESSEMPFÄNGER EFA Var. 40/43. Wenn die Phase optimal abgeglichen ist, gibt der Sender die maximale Leistung ab. So gestaltet sich dieser Abgleich sehr einfach: die Phase wird solange verstellt bis die maximale Senderausgangsleistung an dem benutzten Meßmittel angezeigt wird.

#### 4.5.2 Die END Messung

Jedes Gerät in einer Übertragungskette verschlechtert den Eigenstörabstand des Sendesignals. Ein Maß für die Beeinflussung der Signalqualität ist der Parameter END (Equivalent Noise Degradation). Um END zu bestimmen, geht man einen Umweg über das Bitfehlerverhältnis BER. Wird der Eigenstörabstand eines DVB Signals geringer, vergrößert sich das BER (Bit Error Ratio). So kann man durch Addition von weißem Rauschen auf das Sendesignal vor und nach dem zu testenden Objekt die Signaleigenschaften künstlich verschlechtern, bis das BER =  $2 \times 10^{-4}$  nach Viterbi (oder vor Reed Solomon) erreicht ist. Bekanntlich kann die Vorwärts-Fehlerkorrektur gemäß Reed Solomon RS FEC (Forward Error Correction) ein BER =  $2 \times 10^{-4}$  zum quasi fehlerfreien (QEF Quasi Error Free) Transportstrom mit einem BER  $\sim 1 \times 10^{-11}$  korrigieren.

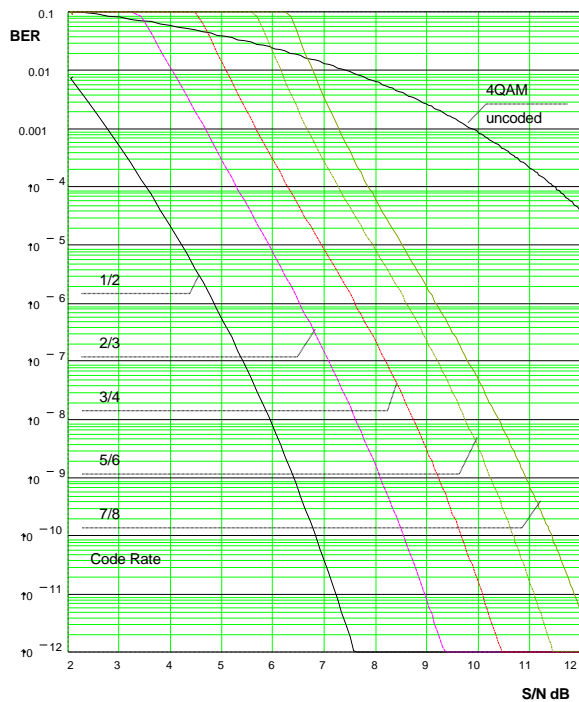


Bild 4.40 BER(S/N) für QPSK Modulation

Die Differenz der Rauschpegel vor und nach dem zu testenden Objekt, bei denen nach Viterbi das  $BER = 2 \times 10^{-4}$  erreicht wird, ergibt den Wert der END.

Aus dem Diagramm für QPSK Modulation in Bild 4.40 erkennt man, daß der Zusammenhang BER in Abhängigkeit von S/N (Signal to Noise) an der Stelle  $BER = 2 \times 10^{-4}$  sehr steil verläuft. Der Grund liegt in der bereits vollzogenen Fehlerkorrektur durch "Viterbi". Leichte Fehler bei der S/N Bestimmung bewirken daher schon starke Schwankungen des BER. Zudem sollen END Werte auch von  $< 0,3$  dB zu messen sein. Diese Anforderungen an die Messung sind nur unter der Voraussetzung erfüllt, daß das S/N ist mit einer Genauigkeit von  $< 0,1$  dB bestimmbar ist.

Als ein Beispiel wird die Messung der END für Verstärker eines DVB-T Senders beschrieben. Den Messaufbau zeigt Bild 4.41:

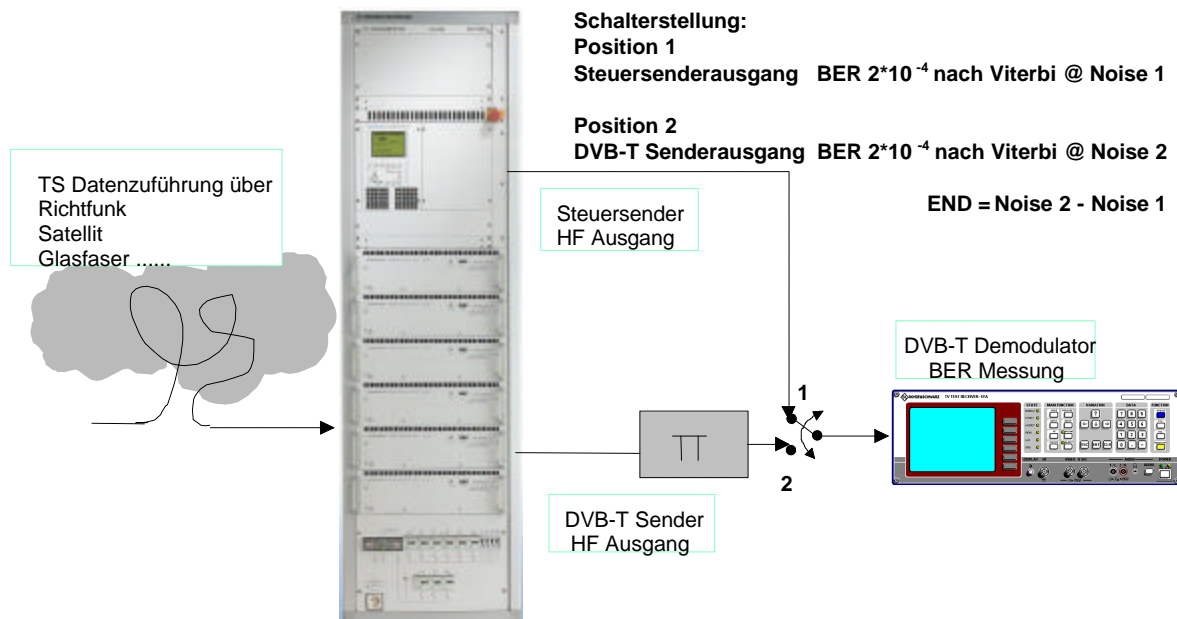


Bild 4.41 Meßaufbau zur END Messung von Solid State Sendeverstärkern

Der TS wird in den Steuersendereingang eingespeist und direkt in die HF moduliert. Das Signal am Monitoringausgang des SV700 demoduliert der MESSEMPFÄNGER EFA Var. 40/43 und mißt das Bitfehlerverhältnis. Mit dem EFA internen Rauschgenerator addiert man nun zu dem schon im Demodulator in die ZF bei 36 MHz umgesetzten Signal solange weißes

Rauschen, bis das  $BER = 2 \times 10^{-4}$  zeigt. Dieses erste  $(C/N)_1$  Verhältnis wird vom EFA Display abgelesen.

Nun wird über einen Koppler und eine Eichleitung das Senderausgangssignal an den EFA HF Eingang angelegt. Mit Koppler und Eichleitung stellt man denselben Eingangspegel wie bei der ersten Messung ein, um die gleichen

31

Empfangsbedingungen wie am Steuersenderausgang zu erhalten. Wieder addiert man mit dem EFA internen Rauschgenerator solange weißes Rauschen, bis das  $BER = 2 \times 10^{-4}$  angezeigt. Auch dieses zweite  $(C/N)_2$  Verhältnis wird vom EFA Display abgelesen. Als END für die Senderverstärker errechnet sich jetzt:

$$END = (C/N)_2 - (C/N)_1 \text{ dB.}$$

Für gute Verstärker sollte der END Wert nicht größer als 0.4 dB sein. Für diesen Wertebereich reicht dann auch die Genauigkeit von 0.1 dB und die Auflösung von 0.1 dB des EFA Rauschgenerators.

Sollten die Forderungen höher sein, ist zunächst das C/N Verhältnis mit wesentlich größerer Absolutgenauigkeit zu bestimmen. Die Methode dazu ist der Application Note 7BM03\_2E (siehe auch Anhang 4C) genau beschrieben. Erreicht wird mit dieser Methode für das Verhältnis C/N eine Absolutgenauigkeit von kleiner 0.1 dB. Als Genauigkeit für END kann typisch ebenfalls 0.1 dB angegeben werden.

#### 4.6 Die Messung des Bitfehlerverhältnisses BER (Bit Error Ratio)

Der wichtigste Parameter zur Beurteilung der Übertragungsqualität eines DVB Signales ist das Bitfehlerverhältnisses BER (Bit Error Ratio). Bei DVB-T ist das BER an drei Stellen nach der Demodulation zu messen;

- direkt nach der Demodulation vor jeder Fehlerkorrektur, also das Rohbitfehlerverhältnis, im allgemeinen als "BER vor Viterbi" (innerer FEC) bezeichnet
- nach der ersten Fehlerkorrektur im allgemeinen als "BER nach Viterbi" oder "BER vor RS" (äußerer FEC) bezeichnet
- nach der zweiten Fehlerkorrektur, allgemeinen als "BER nach RS" (äußerer FEC) bezeichnet

An allen drei Stellen mißt der MESSEMPFÄNGER EFA Var. 40/43 während des normalen Empfangsbetriebes das BER. Im MEASURE Menue sind alle drei Werte parallel angezeigt. Zur Beschleunigung der Meßwertanzeige wird zunächst eine Anzahl von "Datenblocks" zur Fehleruntersuchung gewählt. Ein Block zählt dabei  $10^7$  Bits. Sind diese Blocks verarbeitet, kann auf der Basis dieser Anzahl bereits ein BER angezeigt werden, meist zwar nur mit niedriger Auflösung - z.B.  $0.0E-5$  - aber die Anzeige erscheint sofort. Danach schaltet EFA auf die "gleitende BER Berechnung" um, bis

die Endgenauigkeit nach der entsprechenden Wartezeit erreicht ist. Im Beispiel von Bild 4.42 ist als Startanzahl der Datenblocks "10" für "BER BEFORE VIT" angegeben, diese  $10 \times 10^7$  bits sind bereits überprüft und als Ergebnis steht  $2.0 E-4$ , während bei "BER BEFORE RS" schon die gleitende Berechnung aktiv ist: die Zielanzahl liegt bei 10000 Blocks, von denen bisher 881 verarbeitet wurden.

DVB-T MEASURE			
SET RF (8MHz)		ATTEN : 15 dB	
474.000 MHz		-35.9 dBm	
FREQUENCY/BER:			CONSTELL DIAGRAM...
FREQUENCY OFFSET	0.133 kHz		
BITRATE OFFSET	-11.8 ppm		
BER BEFORE VIT	2.0E-4 (10/10)		FREQUENCY DOMAIN...
BER BEFORE RS	0.0E-10 (881/10K0)		
BER AFTER RS	0.0E-9 (2K62/10K0)		
OFDM/CODE RATE:			TIME DOMAIN...
FFT MODE	2K (TPS: 2K)		
GUARD INTERVAL	1/32 (TPS: 1/32)		
ORDER OF QAM	64 (TPS: 64)		OFDM PARA- METERS...
ALPHA	1 NH (TPS: 1 NH)		
CODE RATE	2/3 (TPS: 2/3)		
TPS RESERVED	0000 (HEX)		
NET BITRATE 24.12834 Mbit/s			RESET BER
			ADD. NOISE OFF

Bild 4.42 Das MEASURE Menue

Die Leistungsfähigkeit des Viterbi Vorwärtsfehler-schutzes wird hier deutlich: bei der Code Rate 2/3 korrigiert dieser FEC das BER von  $2.0 E-4$  auf  $0.0 E-10$  vor RS FEC. Dieser Wert ist schon sehr nahe an "QEF" und wird nach RS FEC selbstverständlich erreicht.

Bei hierarchischer Modulation ist das BER für den Datenstrom der hohen und der niedrigen Priorität mit dem MESSEMPFÄNGER EFA Var. 40/43 getrennt meßbar. Welcher Weg momentan vermessen wird zeigt der Zusatz HP (high priority) oder LP (low priority) nach der Menueüberschrift FREQUENCY/BER an.

Hier wird nochmals auf die Anmerkung von Seite 6 verwiesen:

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



## 4.7 Weitere Messungen im MEASURE Menue

### 4.7.1 Messung Frequenzoffset

In der Statuszeile des Meßmenues sind neben dem Eingangspegel auch die manuell eingestellte Kanalmittenfrequenz (siehe auch 4.4.3 Die Mittenfrequenzen der UHF Kanäle) und die benutzte Kanalbandbreite eingeblendet. Die Mittenfrequenz des Eingangssignals wird mit der gewählten Frequenz verglichen und die Differenz unter FREQUENCY OFFSET angezeigt. Als Referenz dient ein hochstabiler temperaturge-  
regelter Quarzoszillator. Damit ist die Offsetan-  
zeige bis 1 Hz möglich. Der MESSEMPFÄNGER  
EFA Var. 40/43 ersetzt also auch den ansonsten  
nötigen Frequenzzähler am DVB-T Sender.

### 4.7.2 Messung Datenratenoffset

Bei DVB-T sind genau definierte Datenraten, je nach Modulationsart (QPSK, 16 QAM oder 64 QAM), Schutzintervall und Punktierungsrate, vorgegeben. Abweichungen zu diesen Datenraten wirken sich im zugehörigen DVB-T Spektrum aus. Die Abweichung von der definierten Datenrate muß deshalb auch bekannt sein und wird unter BITRATE OFFSET in ppm angezeigt. Die zugehörige gemessene Nettodatenrate ist der untersten Menuezeile ablesbar.

DVB-T MEASURE		
SET RF (8MHz)	ATTEN : 15 dB	
474.000 MHz	-35.9 dBm	
<b>FREQUENCY/BER:</b>		CONSTELL DIAGRAM...
FREQUENCY OFFSET 0.133 kHz		FREQUENCY DOMAIN...
BITRATE OFFSET -11.8 ppm		TIME DOMAIN...
BER BEFORE VIT 2.0E-4 (10/10)		OFDM PARA- METERS...
BER BEFORE RS 0.0E-10 (881/10K0)		RESET BER
BER AFTER RS 0.0E-9 (2K62/10K0)		ADD. NOISE OFF
<b>OFDM/CODE RATE:</b>		
FFT MODE 2K (TPS: 2K)		
GUARD INTERVAL 1/32 (TPS: 1/32)		
ORDER OF QAM 64 (TPS: 64)		
ALPHA 1 NH (TPS: 1 NH)		
CODE RATE 2/3 (TPS: 2/3)		
TPS RESERVED 0000 (HEX)		
NET BITRATE 24.12834 MBit/s		

Bild 4.47 Das MEASURE Menue mit Frequenz- und Datenratenoffset

### 4.7.3 Diplay "Zoom"

Die relativ kleine Schrift des normalen MEASURE Menues ist aus etwas größerer Entfernung nicht lesbar. Soll am DVB-T Sender aber wegen räumlich bedingten Gegebenheiten doch über einige Meter hinweg ein Paramter abzulesen sein, können die Werte für  
LEVEL (Pegel)

BER BEFORE VIT  
BER BEFORE RS  
BER AFTER RS "gezoomt" dargestellt werden.

DVB-T MEASURE		
SET RF (8MHz)	ATTEN : 0 dB	
330.000 MHz	57.6 dBuV	
<b>BER BEFORE RS</b> <b>0.2E-9</b>		CONSTELL DIAGRAM...
<b>BER:</b>		FREQUENCY DOMAIN...
BER BEFORE VIT 3.6E-5 (10/10)		TIME DOMAIN...
BER BEFORE RS 0.2E-9 (1000/1K00)		OFDM PARA- METERS...
BER AFTER RS 0.3E-12 (156K/1M00)		RESET BER
<b>OFDM:</b>		ADD. NOISE OFF
FFT MODE 2K (TPS: 2K)		
GUARD INTERVAL 1/8 (TPS: 1/4)		
ORDER OF QAM 64 (TPS: 16)		

Bild 4.48 Diplay "Zoom"

In diesem Fall werden aber wegen der geringeren Fläche am Display die Parameter  
FREQUENCY OFFSET  
BITRATE OFFSET  
ALFA (Grad der Hierarchie)  
CODE RATE und  
TPS RESERVED nicht dargestellt.

### 4.7.3 Anzeige der DVB-T Modulatoreinstellungen

Dem Senderbertreiber muß zu jedem Zeitpunkt die genaue Einstellung seines DVB-T Senders bekannt sein. Die Daten für den Betriebsmodus kann der Sender über drei verschiedene Wege bekommen:

die PSI Tabelle NIT übermittelt die Daten  
das MIP ist Datenträger oder

die Einstellungen werden per Hand durchgeführt.

Damit ist die Betriebsart des DVB-T Senders aber nicht mehr eindeutig bestimmt.

Der MESSEMPFÄNGER EFA Var. 40/43 sucht daher im AUTO Mode für OFDM/CODE RATE MODE des STATUS Menues selbsttätig die entsprechenden Einstellungen über die im DVB-T Modulator eingetasteten TPS Träger ist der MESSEMPFÄNGER EFA ebenfalls konfigurierbar.

Die gemessenen und übernommenen DVB-T Sendereinstellungen Einstellungen sind in dem MEASURE Menue aufgelistet, zusätzlich zu den über die TPS Träger dekodierten Parameter (geklammerte TPS Liste).

Führt die Automatik oder die TPS Dekodierung zu keinem stabilen Ergebnis, können diese Einstellungen per Hand vorgegeben werden.



DVB-T MEASURE			
SET RF (8MHz)		ATTEN : 15 dB	
474.000 MHz		-35.9 dBm	
FREQUENCY/BER:			CONSTELL DIAGRAM...
FREQUENCY OFFSET		0.133 kHz	FREQUENCY DOMAIN...
BITRATE OFFSET		-11.8 ppm	
BER BEFORE VIT		2.0E-4 (10/10)	
BER BEFORE RS		0.0E-10 (881/10K0)	
BER AFTER RS		0.0E-9 (2K62/10K0)	
OFDM/CODE RATE:			TIME DOMAIN...
FFT MODE		2K (TPS: 2K)	OFDM PARA- METERS...
GUARD INTERVAL		1/32 (TPS: 1/32)	
ORDER OF QAM		64 (TPS: 64)	
ALPHA		1 NH (TPS: 1 NH)	
CODE RATE		2/3 (TPS: 2/3)	
TPS RESERVED		0000 (HEX)	RESET BER
NET BITRATE 24.12834 MBit/s			ADD. NOISE OFF

Bild 4.49 Das MEASURE Menue mit der Liste der OFDM/CODE Parameter

Ändern sich die Konfigurationsdaten, folgt der MESSEMPFÄNGER EFA Var. 40/43 sofort den Änderungen. Der Senderbetreiber ist immer über den Zustand des DVB-T Senders unterrichtet.