

Messungen an DAB Sendern für Abnahme, Inbe- triebnahme oder Wartung Application Note

Produkt:

| R&S®ETL

Für Rundfunksender gelten allgemein besonders hohe Anforderungen an die Qualität des ausgestrahlten Signals, da bereits kleine Beeinträchtigungen zu Versorgungsausfällen bei vielen Zuhörern führen können.

Mit nur einem Messgerät, dem R&S®ETL TV Analysator, lassen sich am DAB Sender alle erforderlichen Messungen von anfänglicher Senderabnahme über Inbetriebnahme bis hin zur regelmäßigen Wartung durchführen.

Inhaltsverzeichnis

1	Überblick.....	3
2	Vorbereitung.....	4
2.1	Erforderliche Messausrüstung	4
2.2	Messaufbau.....	5
2.3	Schutz vor zerstörerischer Eingangsleistung.....	6
2.4	Grundkonfiguration am R&S® ETL	6
3	Messungen	8
3.1	Leistung.....	8
3.1.1	Senderausgangspegel	8
3.1.2	Crestfaktor	10
3.2	Modulatoreigenschaften	12
3.2.1	I/Q Imbalance	12
3.2.2	Amplitudengang und Gruppenlaufzeit	14
3.3	Außerbandanteile	15
3.3.1	Schulterabstand und Nachbarkanalaussendungen	15
3.3.2	Oberwellen	19
3.4	Signalqualität.....	20
3.4.1	Frequenzgenauigkeit.....	20
3.4.2	Modulation Error Ratio	21
3.4.3	Konstellationsdiagramm	23
3.4.4	Bitfehlerverhältnisse	24
4	Abkürzungen	27
5	Literatur	27
6	Zusatzinformation	27
7	Bestellangaben.....	28
A	Messunsicherheit der rücklaufenden Leistung	29
B	Filterfrequenzgang-Erfassung in Transducerdatei	31

1 Überblick

Für Rundfunksender gelten allgemein besonders hohe Anforderungen an die Qualität des ausgestrahlten Signals, da bereits kleine Beeinträchtigungen zu Versorgungsausfällen bei vielen Zuhörern führen können.

Mit nur einem Messgerät, dem R&S® ETL TV Analysator, lassen sich am DAB Sender alle erforderlichen Messungen von anfänglicher Senderabnahme über Inbetriebnahme bis hin zur regelmäßigen Wartung durchführen.

Die beschriebenen Messungen entsprechen vielen länder- und kundenspezifischen Prüfnormen. Lediglich die Grenzwerte sind gegebenenfalls anzupassen.

Zunächst erläutert Kapitel 2 die vorbereitenden Schritte. Neben der erforderlichen Messausrüstung und des Messaufbaus zählt dazu auch der Schutz der Messtechnik vor überhöhter zerstörerischer Eingangsleistung. Abschließend werden die häufig verwendeten Grundkonfigurationen des R&S® ETL beschrieben.

Die einzelnen Messungen werden anschließend in Kapitel 3 vorgestellt. Für jedes Reservesystem im Sender sind diese Messungen zumindest bei der Inbetriebnahme zu wiederholen. Wartungsmessungen können sich hingegen zunächst auf Leistungs-, MER- und BER-Messungen beschränken, um dann nur bei Bedarf entsprechend erweitert zu werden.

Weitere Hintergrundinformationen rund um das Thema bietet das Buch „Digital Video and Audio Broadcasting Technology“ von Walter Fischer [1].

2 Vorbereitung

2.1 Erforderliche Messausrüstung

Grundausrüstung



R&S® ETL TV Analysator mit:

- entsprechender Optionierung (siehe Kapitel 7)
- aktueller Firmware (kostenlos auf www.rohde-schwarz.com/product/ETL.html)

Applikations- und messspezifische Messausrüstung



Für den Testbetrieb des Senders ohne Signalausstrahlung bei Senderabnahme oder Inbetriebnahme

Kunstantenne



Für die Senderabnahme

ETI Stream Generator



Für die Messung des Senderausgangspegel (3.1.1) mit einer Messungenauigkeit von <math><0.1\text{ dB}</math>

Zusätzlicher Leistungsmesskopf, zum Beispiel R&S® NRP-Z91



Für die Messung von Schulterabstand und Nachbarkanalausstragungen (3.3.1) bei der Variante „nach Maskenfilter“

Messbandsperre mit mindestens 40 dB Nutzsingaldämpfung



Für die Messung der Oberwellen (3.3.2)

Hochpassfilter mit mindestens 40 dB Nutzsingaldämpfung



Für die Messung der Oberwellen (3.3.2) im L-Band

Spektrum Analyzer bis 6 GHz, zum Beispiel R&S® FSL6

2.2 Messaufbau

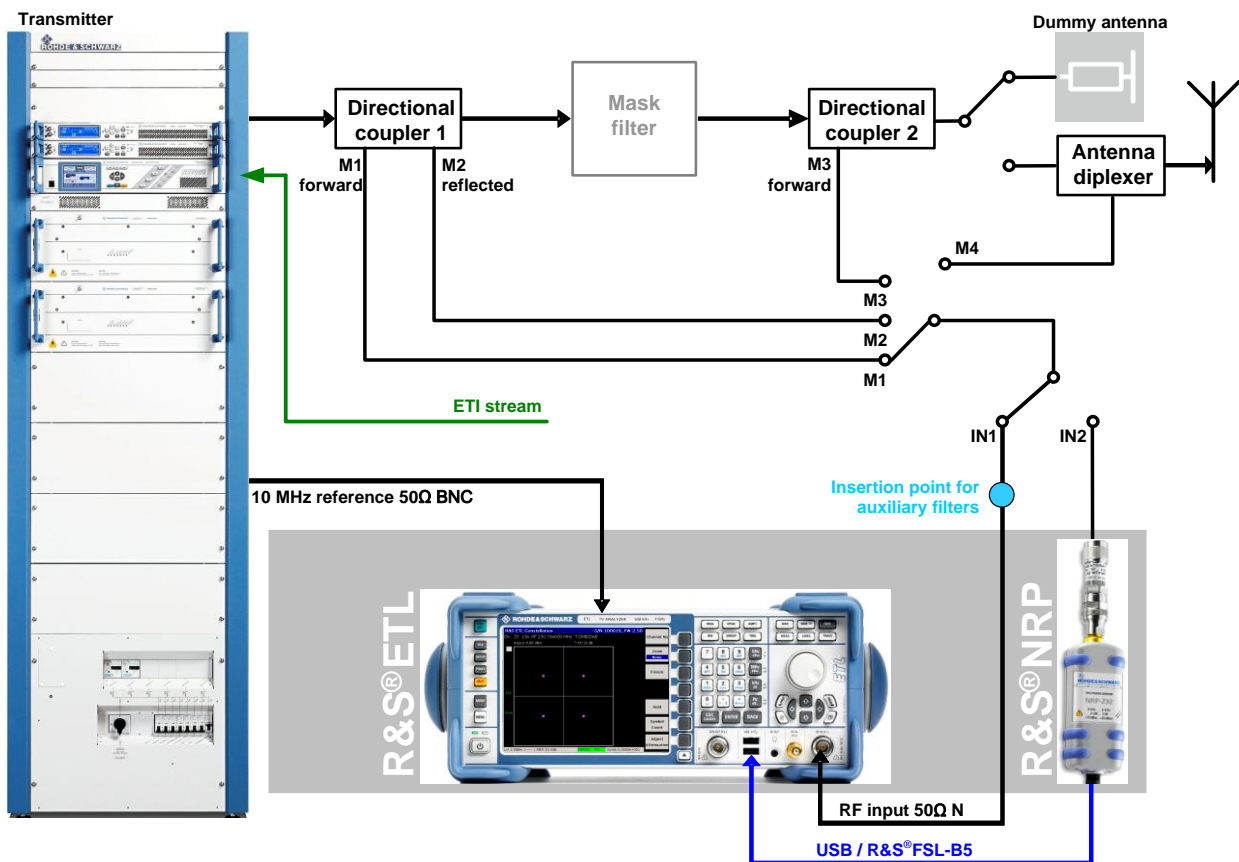


Abb. 1: Setup

Bei DAB kommt unter Verwendung des Ensemble Transport Interface (ETI) Stroms eine synchrone Datenübertragung zum Einsatz. Am DAB-Modulator wird ein DAB-konformer ETI Strom eingespeist. Alternativ kann bei einigen Modulatoren auch ein PRBS Signal im Modulator erzeugt werden, jedoch wird in diesem Fall der Eingang des Modulators nicht getestet. Bei der Inbetriebnahme und den Wartungsmessungen wird die am Sendestandort vorhandene ETI-Zuführung verwendet.

Zur Senderabnahme ist der Senderausgang an eine Kunstantenne angeschlossen.

Bei der Inbetriebnahme werden die Messungen zuerst mit Kunstantenne durchgeführt, bevor das Signal zur Ausstrahlung über die Antennenweiche mit der Sendeantenne verbunden wird. Hierdurch steht als weiterer Messpunkt die Mess-Schnittstelle an der Antennenweiche (M4) zur Verfügung.

Bei Wartungsmessungen ist das Signal zur Ausstrahlung mit der Antennenweiche verbunden.

Der HF-Eingang des R&S®ETLs (IN1) bzw. der optionale Leistungsmesskopf (IN2) wird bei den verschiedenen Messungen folgendermaßen angeschlossen:

- an die Mess-Schnittstelle am Senderausgang (M1=Vorlauf, M2=Rücklauf)
- an die Mess-Schnittstelle hinter dem Maskenfilter (M3)

Zwischen Senderausgang und Kunstantenne bzw. Anntennenweiche befindet sich gegebenenfalls das Maskenfilter. Einige Messungen können an der Mess-Schnittstelle vor oder nach dem Maskenfilter (M1 / M3) durchgeführt werden. Welche Schnittstelle verwendet wird, ist abhängig davon, welche Schnittstellen zur Verfügung stehen und welche Einflüsse gemessen werden sollen.

Für einige Messungen der Außerbandanteile (siehe 3.3) sind Hilfsfilter wie z.B. eine abstimmbare Bandsperre notwendig. Diese Filter werden gegebenenfalls am „Insertion point for auxiliary filters“ eingefügt.

Der TV Analysator R&S®ETL ist über seinen rückseitigen Referenzeingang EXT REF mit der am Senderstandort verfügbaren 10 MHz GPS Zeitreferenz verbunden. Der optionale Leistungsmesskopf kann an den R&S®ETL über USB oder den Sensor Eingang der R&S®ETL Hardwareoption R&S®FSL-B5 angeschlossen werden.

2.3 Schutz vor zerstörerischer Eingangsleistung

Für den R&S®ETL betragen die maximal zulässigen Eingangsleistungsspitzen 36 dBm (kurzzeitig für < 3 s), der empfohlene separate Leistungsmesskopf R&S®NRP-Z91 ist bis 23 dBm spezifiziert.

Daher wird empfohlen, die durchschnittliche anliegende Gesamtleistung an den einzelnen Mess-Schnittstellen gegebenenfalls durch zusätzliche Dämpfungsglieder auf 0-10 dBm zu begrenzen. Dieser Bereich bietet einen ausreichenden Schutzabstand vor kurzzeitigen Leistungsspitzen und beeinträchtigt gleichzeitig nicht die Genauigkeit der Messgeräte. Die eingefügte Dämpfung ist natürlich bei den Messungen entsprechend zu berücksichtigen.

2.4 Grundkonfiguration am R&S®ETL

Die Beschreibung der Bedienschritte erfolgt gemäß folgender Syntax:

- Begriffe in Großbuchstaben meinen die Benutzung der gleichnamigen Taste, z.B.

„FREQ“ für



- Aufgezählte Anweisungen (z.B. • TV Standard: OFDM T-DMB/DAB) beziehen sich auf Einstellungen im aktuell angezeigten Konfigurationsdialogs
- Die restlichen Begriffe referenzieren auf die aktuell am rechten Bildschirmrand angezeigten Softkeys. Hierbei trennen Pfeile „→“ die nacheinander zu drückenden Tasten.

Für den R&S®ETL gelten die folgenden Grundeinstellungen, sofern es im jeweiligen Abschnitt nicht anders angegeben ist:

Betriebsart „Spectrum Analyzer“
SETUP→Reference Ext: Benutzung der externen 10 MHz Referenzfrequenz
MODE→Spectrum Analyzer
FREQ→Center: Auf Kanalmittenfrequenz einstellen
SPAN→Span Manual: Auf 5 MHz einstellen
TRACE→Detector Manual Select→Detector RMS
BW→Res BW Manual: Auf 3 kHz einstellen
SWEEP→SweepTime Manual: Auf 2 s einstellen
AMPT→More→Preselector: Off ¹
AMPT→RF Atten Manual: Möglichst niedrig wählen ohne hierbei zu übersteuern ²
AMPT→Ref Level: Reference Level so einstellen, dass gesamtes Signal gut zu erkennen ist, falls notwendig unter AMPT→Range Log die Skalierung des Grids ändern

Betriebsart „TV/Radio Analyzer/Receiver“
SETUP→Reference Ext: Benutzung der externen 10 MHz Referenzfrequenz
MODE→TV/Radio Analyzer/Receiver→Digital TV
AMPT→More→Preselector: Off ¹
MEAS→Digital TV Settings <ul style="list-style-type: none"> • TV Standard: OFDM T-DMB/DAB
FREQ→Channel RF: Entsprechend der Sendefrequenz einstellen

¹ Nur wenn ein Preselector im Gerät verfügbar ist

² Übersteuerungs-Warnungen erscheinen im Display oben mittig als „IFovl“ oder „Ovid“.

3 Messungen

3.1 Leistung

3.1.1 Senderausgangspegel

Die mittlere Leistung des 1,536 MHz breiten DAB-Signals ist nicht vom Signalinhalt abhängig, sondern konstant. Der DAB-Kanal selbst wurde ursprünglich definiert zu $7/4 \text{ MHz} = 1,75 \text{ MHz}$ als ein Viertel eines VHF-Band III Kanals. Da das Maskenfilter hinter dem Ausgang des Senders die Ausgangsleistung zwischen 0,1 dB und 0,3 dB dämpft, ist vorzugsweise vor und nach dem Maskenfilter zu messen. Hierbei ist darauf zu achten, dass es sich standardmäßig bei der angezeigten Leistung nur um die vom Messrichtkoppler ausgekoppelte Leistung handelt. Über die Ref Level Offset Funktion des R&S®ETL lässt sich die Auskoppeldämpfung eingeben, die dann bei der Anzeige automatisch mit einberechnet wird.

Die Messung des Signalpegels kann direkt durch den R&S®ETL über den HF-Eingang mit einer Genauigkeit von 1 dB erfolgen. Durch Verwendung eines separaten Leistungsmesskopfes kann eine Genauigkeit von 0,1 dB erzielt werden.

Messablauf	
Jeweils durchzuführen an der Mess-Schnittstelle: <ul style="list-style-type: none"> • M1, für vorlaufende Leistung vor Maskenfilter • M2, für rücklaufende Leistung (siehe Anhang A) vor Maskenfilter • M3, für vorlaufende Leistung nach Maskenfilter 	
Variante „TV/Radio Analyzer/Receiver“	Variante Leistungsmesskopf
⚠ Prüfen, dass max. Eingangsleistung nicht überschritten wird, siehe Abschnitt 2.3	
AMPT→More→Ref Level Offset auf die gesamte Auskoppeldämpfung an der Mess-Schnittstelle zur direkten Verrechnung setzen	
Signal in den HF-Eingang des R&S®ETL (IN1) einspeisen	Leistungsmesskopf (IN2) (über USB oder Sensor Eingang verbunden mit R&S®ETL) an die Mess-Schnittstelle anschließen
Grundeinstellungen „TV/Radio Analyzer/Receiver“ gemäß Abschnitt 2.4 vornehmen	MODE→Spectrum Analyzer
	FREQ→Center: Auf Kanalmittefrequenz einstellen
MEAS→Overview→Adjust Attenuation	MENU→Power Meter→Frequency Coupling: <ul style="list-style-type: none"> • Center
	MENU→Power Meter→Power Meter→On
Messwert ablesen, siehe Abb. 2	Messwert ablesen, siehe Abb. 3

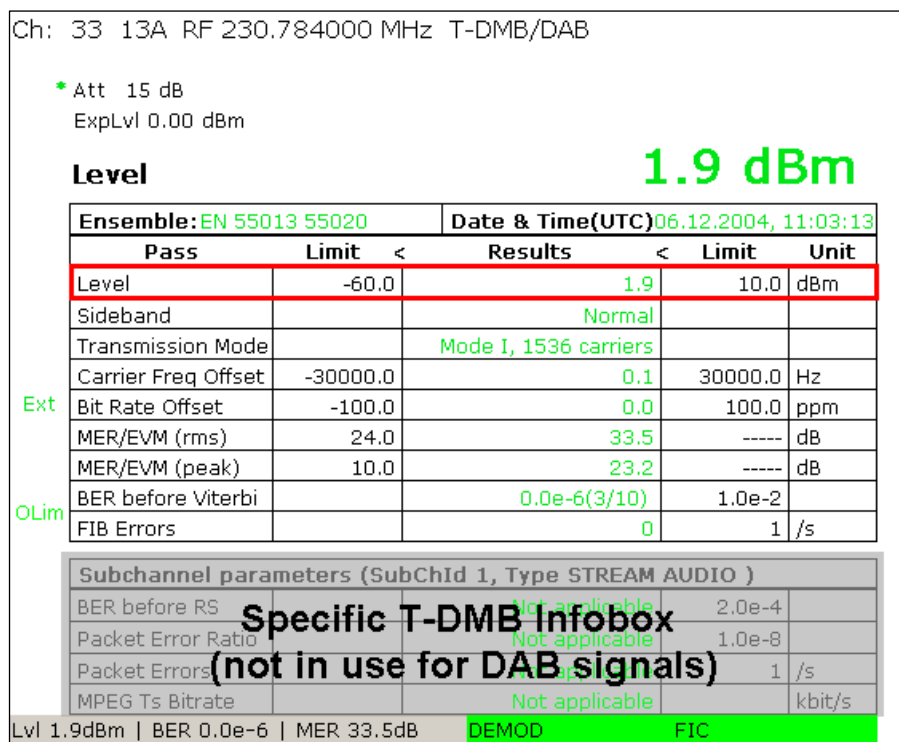


Abb. 2: Betriebsart „TV/Radio Analyzer/Receiver“, Menü MEAS→Overview: Pegel in der ersten Zeile der Tabelle, in der Statuszeile des Messbildschirms, sowie gezoomt (MEAS→Overview→Zoom)

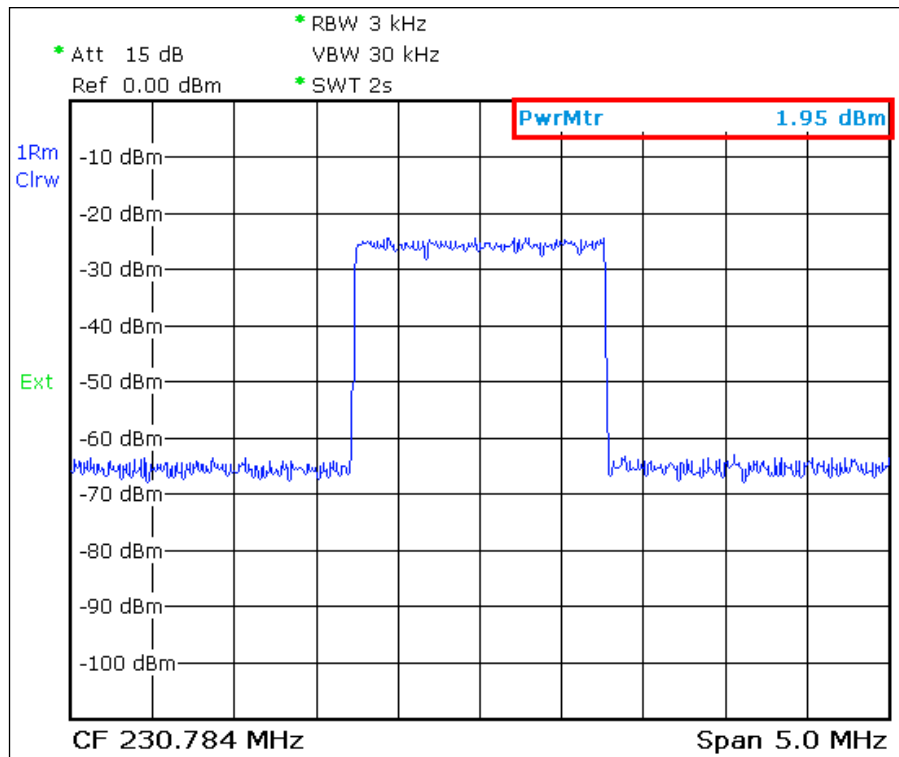


Abb. 3: Betriebsart Spektrum Analyzer: DAB Spektrum mit eingeblendetem Messwert des Leistungsmesskopfes oben rechts

3.1.2 Crestfaktor

Die Kenntnis des Crest-Faktors ist wichtig für die ausreichende Dimensionierung der dem Sender nachfolgenden Bauelemente wie Maskenfilter, Antennenweiche, Koaxialkabel und Antenne.

Der Crest-Faktor (CF) oder Scheitelfaktor eines Signals wird aus dem Verhältnis höchster vorkommender Amplitude des modulierten Trägersignals (U_{Peak}) zu Effektivspannung (U_{RMS}) berechnet:

$$CF = 20 \cdot \log \frac{U_{Peak}}{U_{RMS}}$$

Neben dieser Definition hat sich eine weitere Betrachtungsweise eingebürgert. Hierbei wird Verhältnis aus Spitzenwert der Modulationshüllkurve (Peak Envelope Power, PEP) und der mittleren Leistung gebildet. Der so ermittelte Wert ist um den Betrag des Crest-Faktors des Sinus-Träger, also um 3,01 dB, geringer. [3]

Orthogonal frequency division multiplex (OFDM) Signale weisen einen sehr hohen Crest-Faktor auf, da sich im Extremfall alle Träger zu einem Zeitpunkt überlagern oder auch auslöschen können. Bei OFDM gilt für diesen theoretischen Crestfaktor die Beziehung:

$$Cf_{OFDM} = 10 \cdot \log(2N), \text{ mit } N = \text{Anzahl der Träger}$$

Da bei hohen Crest-Faktoren die Signalspitzen zunehmend seltener auftreten, wäre eine Messung nur für das jeweilige Messintervall repräsentativ. Deshalb wird bei der Complementary Cumulative Distribution Function (CCDF) die statistische Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Signalsitzen angegeben. Bei der CCDF Methode wird der Spitzenwert der Modulationshüllkurve bestimmt, weshalb in diesem Fall der ermittelte Wert um den Faktor $\sqrt{2}$ bzw. 3,01 dB korrigiert werden muss. [2]

Bei DAB gibt es vier verschiedene Modes (Mode I bis Mode IV), die sich in der Anzahl der verwendeten Unterträger und in der Symbollänge unterscheiden. Hauptsächlich kommt Mode I zum Einsatz, für den sich ein theoretischer Crestfaktor von ca. 35 dB ergibt. In der Praxis wird er im Sender auf etwa 13 dB begrenzt.

Das Maskenfilter am Ausgang des Senders entfernt Intermodulationsprodukte, die außerhalb des Nutzbands liegen, jedoch führt diese Filterung zur Verformung der Hüllkurve, hierdurch kommt es zu einer Erhöhung des Crest-Faktors. Bei der Messung des Crest-Faktors muss also zwischen dem Crest-Faktor des Senders und dem Crest-Faktor des begrenzten Signals (z.B. nach dem Maskenfilter) unterschieden werden.

Mit dem R&S®ETL erfolgt die Messung des Crest-Faktors in der Betriebsart Spectrum Analyzer: Der Crest-Faktor des Senders wird unmittelbar an der Mess-Schnittstelle des Senders (M1) gemessen. Der Crest-Faktor des begrenzten Signals wird an der Mess-Schnittstelle nach dem Maskenfilter (M3) gemessen.

Messablauf: Crest-Faktor des Senders
⚠ Prüfen, dass max. Eingangsleistung nicht überschritten wird, siehe Abschnitt 2.3
R&S®ETL (IN1) an die Mess-Schnittstelle vor oder nach dem Maskenfilter (M1) anschließen
MODE→Spectrum Analyzer
FREQ→Center: Auf Kanalmittefrequenz einstellen
AMPT→RF Atten Manual: Möglichst niedrig wählen ohne hierbei zu übersteuern ³
MEAS→More→CCDF→Res BW: 3 MHz
MEAS→More→CCDF→# of Samples: 1000 000 000
Crest-Faktor ablesen (siehe Abb. 4) und 3,01 dB hinzuaddieren

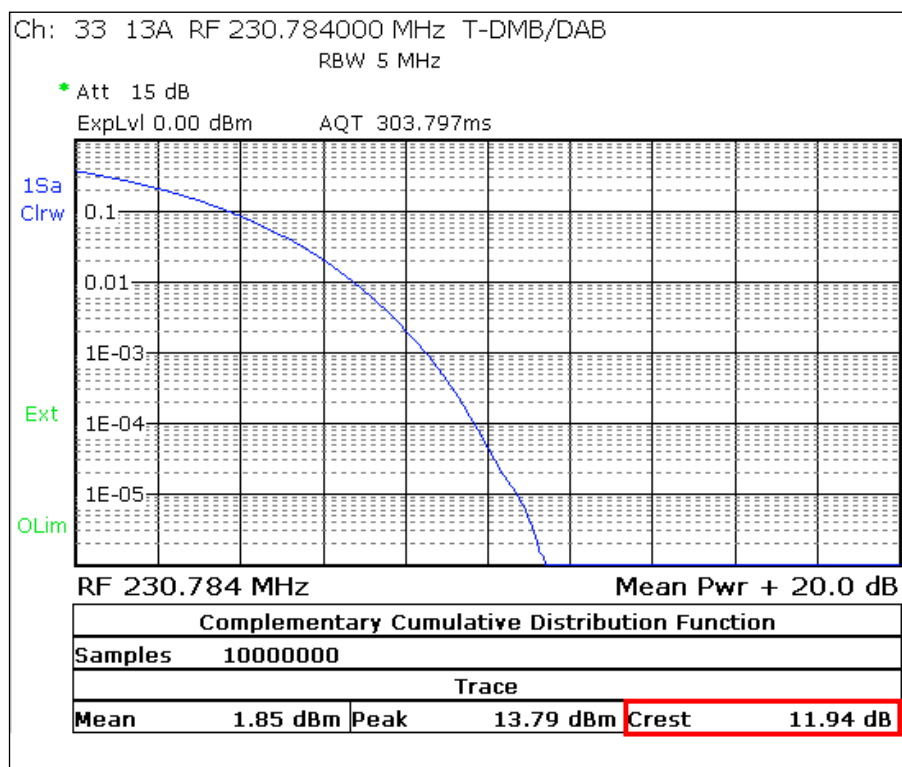


Abb. 4: Betriebsart „TV/Radio Analyzer/Receiver“, Menü MEAS→Modulation Analysis→CCDF: Ansicht mit dem ermittelten Crestfaktor unten rechts

³ Übersteuerungs-Warnungen erscheinen im Display oben mittig als „IFovl“ oder „Ovld“.

3.2 Modulareigenschaften

3.2.1 I/Q Imbalance

DAB-Modulatoren bestehen im Kern aus einem IFFT Signalverarbeitungsblock mit nachfolgendem I/Q-Modulator. Dieser I/Q-Modulator kann digital oder analog ausgeführt sein. Arbeitet ein DAB-Modulator mit Direktmodulation, so ist der I/Q-Modulator analog realisiert. In diesem Fall muss dieser sauber abgeglichen sein, um folgende Einflüsse zu minimieren:

- I/Q Amplitudenungleichheit ("Amplitude Imbalance")
- I/Q Phasenfehler ("Quadrature Error")
- Mangelhafte Trägerunterdrückung ("Carrier Suppression")

Nur eine sehr schlechte Trägerunterdrückung ist direkt in Bandmitte (Träger Nr. 0) am MER(f) als Einbruch erkennbar. Da Träger Nr. 0 jedoch nicht verwendet wird, stört dies nicht und ist im MER auch nicht nachweisbar. I/Q-Amplitudenungleichheit und I/Q-Phasenfehler (siehe Abb. 5) beeinflussen das MER aller COFDM Träger und verschlechtern es. Die Träger über der DAB-Bandmitte sprechen hierbei auf die Träger unter der Bandmitte über und umgekehrt.

Messablauf
⚠ Prüfen, dass max. Eingangsleistung nicht überschritten wird, siehe Abschnitt 2.3
R&S®ETL (IN1) an die Mess-Schnittstelle vor oder nach dem Maskenfilter (M1 / M3) anschließen
Grundeinstellungen „TV/Radio Analyzer/Receiver“ gemäß Abschnitt 2.4 vornehmen
MEAS→Modulation Analysis→IQ Imbalance→Adjust Attenuation
MEAS→Modulation Analysis→IQ Imbalance→Auto Range
Messbildschirm, siehe Abb. 5, mit PRINT ausdrucken

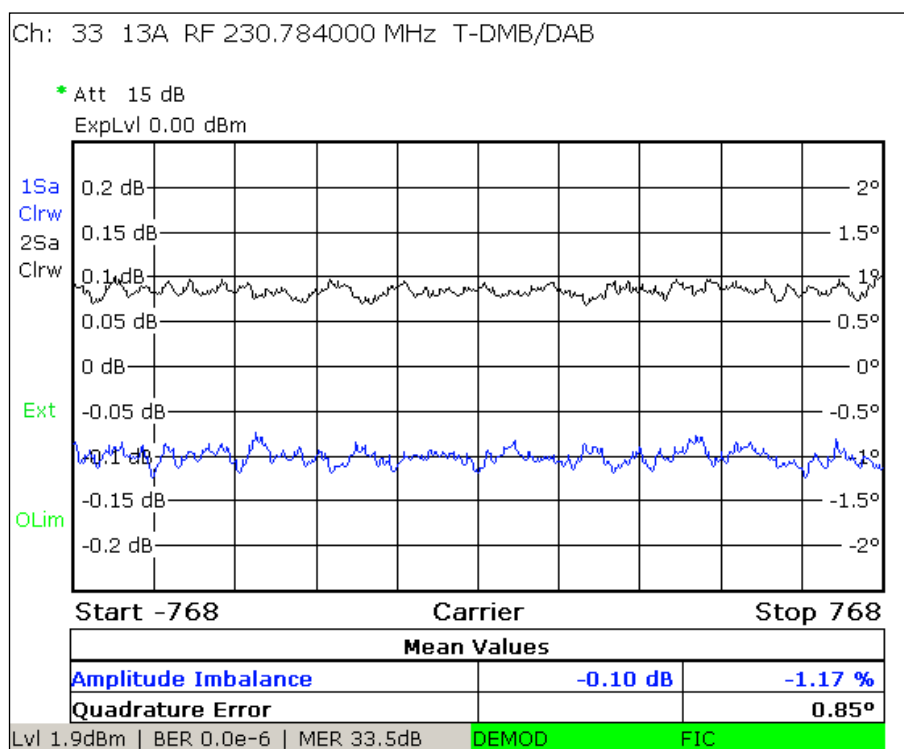


Abb. 5: Betriebsart „TV/Radio Analyzer/Receiver“, Menü MEAS→Modulation Analysis →I/Q Imbalance: Detaillierte Analyse von I/Q Amplitudenungleichheit und I/Q Phasenfehlern über alle Träger

3.2.2 Amplitudengang und Gruppenlaufzeit

Beim analogen Fernsehen waren Amplitudengang und Gruppenlaufzeit wichtige Kenngrößen einer Übertragungsstrecke vom Senderausgang bis hin zum Empfänger- eingang. Aufgrund der eingesetzten differentiellen Modulation bei DAB können größere Toleranzen ohne merkbare Qualitätsbeeinträchtigung zugelassen werden. Maskenfilter und Antennenweiche verursachen linearen Verzerrungen. Diese linearen Verzerrungen können einfach im Vorentzerrer des Senders kompensiert werden. Dadurch entstehen aber dann lineare Verzerrungen im umkehrten Sinne direkt am Senderausgang.

Die Messung von Amplitudengang und Gruppenlaufzeit erfolgt deswegen bevorzugt nach allen Filterstufen an einer Mess-Stelle in der Antennenweiche. Sie zeigt naturgemäß an den verschiedenen Messpunkten unterschiedliche Ergebnisse.

Messablauf	
⚠	Prüfen, dass max. Eingangsleistung nicht überschritten wird, siehe Abschnitt 2.3
	R&S®ETL (IN1) falls verfügbar an die Mess-Schnittstelle (M4) der Antennenweiche oder ansonsten an (M3) nach dem Maskenfilter anschließen
	Grundeinstellungen „TV/Radio Analyzer/Receiver“ gemäß Abschnitt 2.4 vornehmen
	MEAS→Channel Analysis→Amplitude & GroupDelay→Adjust Attenuation
	MEAS→Channel Analysis→Amplitude & GroupDelay→Auto Range
	Messbildschirm, siehe Abb. 6, mit PRINT ausdrucken

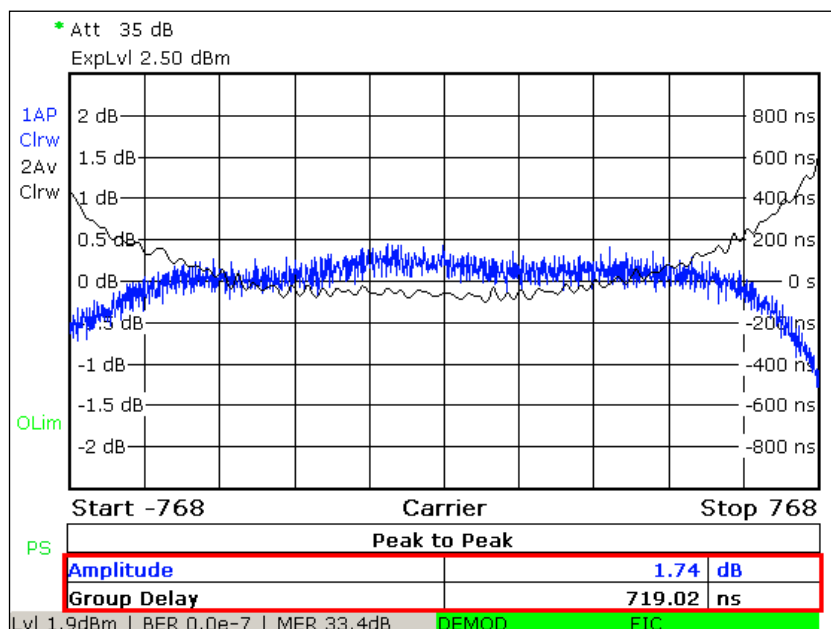


Abb. 6: Betriebsart „TV/Radio Analyzer/Receiver“, Menü MEAS→Channel Analysis→Amplitude & Group Delay: Amplitudengang und Gruppenlaufzeit nach einem unkompensierten Maskenfilter

3.3 Außerbandanteile

In DAB-Sendern werden sehr lineare AB-Verstärker eingesetzt. Das Sendesignal wird durch eine digitale Vorentzerrungsstufe im Modulator zusätzlich linearisiert. Trotzdem bleiben immer noch Rest-Nichtlinearitäten. Diese führen dazu, dass sich Intermodulationsprodukte der vielen COFDM-Träger bilden.

Zum einen fallen diese zusätzlichen unerwünschten Frequenzkomponenten in den Kanal selbst. Sie wirken dort als zusätzliche Störleistung und senken so die Signalqualität.

Zum anderen treten die Intermodulationsprodukte auch außerhalb des Kanals auf und können dadurch die Signalqualität anderer Kanäle stören. Man unterscheidet zwischen folgenden Anteilen:

- **Schulterabstand**
Beschreibt die Leistung der Störanteile im Nahbereich der Kanalgrenze
- **Nachbarkanalaussendungen**
Anteile im Umkreis einiger MHz der Kanalgrenzen
- **Oberwellen**
Anteile bei Vielfachen der Sendefrequenz

3.3.1 Schulterabstand und Nachbarkanalaussendungen

Die Reduktion dieser unerwünschten Außerbandanteile ist die Aufgabe des Maskenfilters. Von einem kritischen Maskenfilter spricht man, wenn ein zu schützender Nachbarkanal vorhanden ist und daher strengere Vorgaben zur Dämpfung von Außerbandanteilen einzuhalten sind. Ansonsten handelt es sich um ein unkritisches Maskenfilter.

Die ETSI EN 302077 unterscheidet die folgenden drei Senderleistungsklassen:

- $P < 25 \text{ W}$
- $25 \text{ W} \leq P \leq 1000 \text{ W}$
- $P > 1000 \text{ W}$

Für diese drei Senderleistungsklassen sind jeweils Masken für die folgenden vier Fälle definiert:

- case 1 (Solid line mask – VHF T-DAB transmitters operating in critical cases)
- case 2 (Dashed line mask – VHF T-DAB transmitters operating in uncritical cases or in the L-band)
- case 3 (Solid line mask - VHF T-DAB transmitters operating in exceptional circumstances to protect safety services)
- case 4 (Chain dotted line mask - VHF T-DAB transmitters operating in the channel 12D and certain areas)

Aufgrund des hohen Dynamikumfangs des Signals nach dem Maskenfilter kann das Einhalten der Toleranzmaske mit einem Spektrumsanalysator nicht direkt überprüft werden. Daher wird in der Praxis zur Reduktion der Nutzbandleistung eine abstimmbare Messbandsperre ("Notch-Filter") eingesetzt. Deren Frequenzgang wird im Vorfeld durch den Trackinggenerator des R&S[®]ETLs aufgenommen, sodass anschließend der Einfluss auf das Messergebnis **nach dem Maskenfilter** mithilfe der Transducerfunktion automatisch berücksichtigt werden kann.

Eine andere Möglichkeit besteht darin, den Frequenzgang des Maskenfilters selbst im Vorfeld mit dem Trackinggenerator zu protokollieren, um dessen Einfluss ebenfalls mit der Transducerfunktion dann in das Ergebnis der Spektrumsanalyse **vor dem Maskenfilter** hereinzurechnen.

Messablauf Transducerdatei	
Variante nach Maskenfilter durch Einsatz einer Messbandsperre	Variante vor Maskenfilter
Frequenzgang der abgestimmten Messbandsperre in Transducerdatei erfassen, siehe Anhang A	Frequenzgang des Maskenfilters in Transducerdatei erfassen, siehe Anhang A
TV Analysator R&S [®] ETL (IN1) an die Mess-Schnittstelle nach dem Maskenfilter (M3) anschließen	TV Analysator R&S [®] ETL (IN1) an die Mess-Schnittstelle vor dem Maskenfilter (M1) anschließen

Die Messung des Schulterabstandes und der Aussendungen im Bereich einiger MHz in der Umgebung des Kanals kann mit dem R&S[®]ETL über Cursor-Messungen in der Betriebsart Spectrum Analyzer durchgeführt werden.

Die Einhaltung aller in der Norm „ETSI EN 302077“ definierten Masken, kann komfortabel mit der Messfunktion „Out Of Band Emission“ erfolgen.

Messablauf	
Variante Cursor-Messung	Variante Out Of Band Emission Funktion
⚠ Prüfen, dass max. Eingangsleistung nicht überschritten wird, siehe Abschnitt 2.3	
Unter SETUP→Transducer die zuvor erstellte Transducerdatei aktivieren	
Grundeinstellungen „Spectrum Analyzer“ gemäß Abschnitt 2.4 vornehmen	Grundeinstellungen „TV/Radio Analyser/Receiver“ gemäß Abschnitt 2.4 vornehmen
SWEEP→Sweeptime Manual: Auf 5 s einstellen	
MKR→Marker 1: Auf Center	MEAS→Spectrum→OutOfBand Emission
Folgende Einstellungen müssen für alle definierten Messpunkte wiederholt werden	Unter MEAS→Spectrum→OutOfBand Emission→Out of Band Emission Setup <ul style="list-style-type: none"> • Power Range auswählen • Classification auswählen
MKR→Marker 2: Auf Messpunkt	
MKR→More→Marker 3: Auf weiteren Messpunkt	MEAS→Spectrum→Adjust Attenuation
Markerdifferenzwerte ablesen, siehe Abb. 7, bei Bedarf mit PRINT ausdrucken	Ergebnisse, siehe Abb. 8, mit PRINT ausdrucken
SETUP→Transducer→Active Off: Transducerdatei deaktivieren	

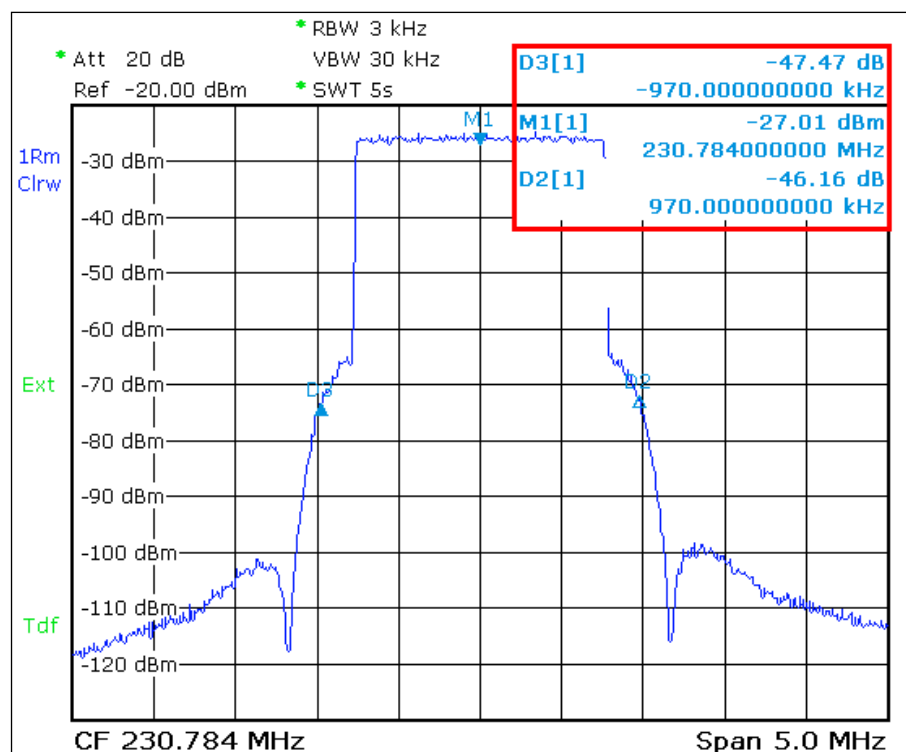


Abb. 7: Betriebsart Spektrum Analyzer: Messung des Schulterabstandes nach Cursor-Messmethode mit aktivierter Transducerdatei bei +970 kHz im 1.536 MHz DAB Kanal

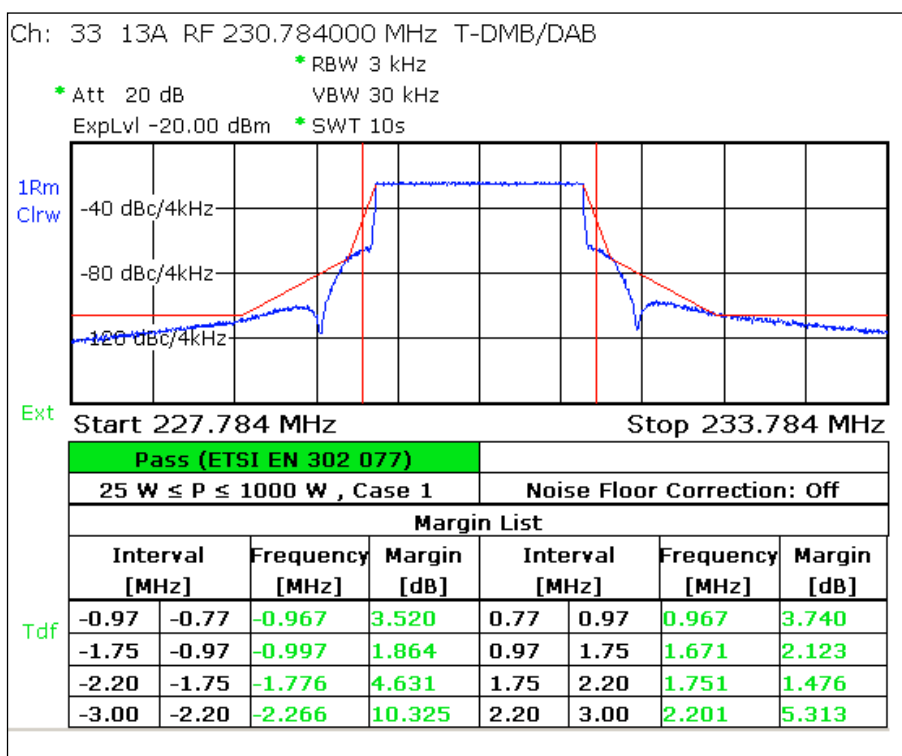


Abb. 8: Betriebsart „TV/Radio Analyzer/Receiver“, Menü MEAS→Spectrum→OutOfBandEmission: Prüfung von Schulterabstand und Nachbarkanalaussendungen

3.3.2 Oberwellen

Neben Nachbarkanalaussendungen können bei Vielfachen der Sendefrequenz auch Oberwellen auftreten. Ein so genanntes Oberwellenfilter im Senderausgang sorgt für die Unterdrückung dieser Oberwellen. Diese Außerbandanteile können mit dem TV Analyzer R&S® ETL in der Betriebsart Spectrum Analyzer gemessen werden. Da das Maskenfilter nicht zur Unterdrückung dieser Oberwellen beiträgt, sondern nur im Nahbereich des Kanals wirkt, kann die Messung der Oberwellen direkt am Senderausgang an dessen Mess-Schnittstelle (M1) erfolgen.

Die hohe Dynamik des Signals macht es allerdings erforderlich, durch ein geeignetes Hochpassfilter den eigentlichen Nutzkanal um mindestens 40 dB abzdämpfen. Messbandsperrern (= auf den zu unterdrückenden Kanal manuell abstimmbare Topfkreisfilter) eignen sich hier nicht, da sie nicht nur im Nutzband dämpfen, sondern auch bei Vielfachen des Nutzbandes. Der Frequenzgang des Hochpassfilters ist im Vorfeld wieder mit dem Trackinggenerator zu dokumentieren und dann mittels der Transducerfunktion während der Messung zu berücksichtigen. Die Außerbandanteile im L-Band können nicht mit dem R&S® ETL erfasst werden, hierzu benötigt man einen Spektrum Analyzer mit 6 GHz Span.

Messablauf
⚠ Prüfen, dass max. Eingangsleistung nicht überschritten wird, siehe Abschnitt 2.3
Hochpassfilter vermessen und Ergebnis als Transducerdatei abspeichern, siehe Anhang A
R&S® ETL (IN1) an die Mess-Schnittstelle vor dem Maskenfilter (M1) anschließen und Hochpassfilter am „Auxiliary filter insertion point“ mit einbinden
Grundeinstellungen „Spectrum Analyzer“ gemäß Abschnitt 2.4 vornehmen
FREQ→Center: Auf 1,5 GHz einstellen
SPAN→Span Manual: Auf 3 GHz einstellen
Zuvor erstellte Transducerdatei des Hochpassfilters unter SETUP→Transducer aktivieren
Mithilfe der Markerfunktionen MKR→Marker 1 die Bereiche um die Vielfachen der Sendefrequenz untersuchen, siehe Abb. 9

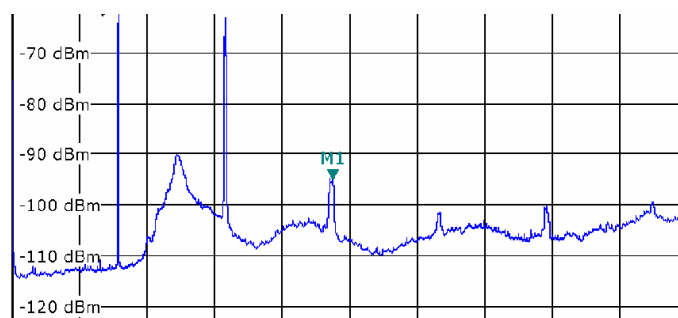


Abb. 9: Betriebsart Spectrum Analyzer: Nutzkanal über Hochpass-Filter gedämpft; deutlich sichtbar die harmonischen Oberwellen, die mittels Markerfunktion vermessen werden können

3.4 Signalqualität

3.4.1 Frequenzgenauigkeit

Speziell im Gleichwellennetzbetrieb ("Single-Frequency Network" - SFN) werden sehr hohe Anforderungen an die Frequenzgenauigkeit eines DAB Senders von kleiner 10^{-9} gestellt. Die Messung erfolgt mit dem R&S[®] ETL in der Betriebsart „TV/Radio Analyser/Receiver“ am Ausgang des Senders an dessen Mess-Schnittstelle (M1).

Messablauf
⚠ Prüfen, dass max. Eingangsleistung nicht überschritten wird, siehe Abschnitt 2.3
TV Analysator R&S [®] ETL (IN1) an die Mess-Schnittstelle vor dem Maskenfilter (M1) anschließen
Grundeinstellungen „TV/Radio Analyser/Receiver“ gemäß Abschnitt 2.4 vornehmen
MEAS→Overview→Adjust Attenuation drücken
Carrier Frequency Offset notieren, siehe Abb. 10

Ch: 33 13A RF 230.784000 MHz T-DMB/DAB

* Att 15 dB
ExpLvl 0.00 dBm

Carr Freq Offset 100.0 mHz

Ensemble: EN 55013 55020		Date & Time(UTC) 06.12.2004, 11:03:06	
Pass	Limit	Results	Limit Unit
Level	-60.0	1.9	10.0 dBm
Sideband		Normal	
Transmission Mode		Mode I, 1536 carriers	
Carrier Freq Offset	-30000.0	0.1	30000.0 Hz
Ext Bit Rate Offset	-100.0	0.0	100.0 ppm
MER/EVM (rms)	24.0	33.5	---- dB
MER/EVM (peak)	10.0	23.1	---- dB
OLim BER before Viterbi		----	1.0e-2
FIB Errors		0	1 /s

Subchannel parameters (SubChId 1, Type STREAM AUDIO)

BER before RS	Not applicable	2.0e-4
Packet Error Ratio	Not applicable	1.0e-8
Packet Errors	Not applicable	1 /s
MPEG Ts Bitrate	Not applicable	kbit/s

Specific T-DMB Infobox
(not in use for DAB signals)

Lvl 1.9dBm | BER 0.0e-6 | MER 33.5dB DEMOD FIC

Abb. 10: Betriebsart „TV/Radio Analyser/Receiver“, Menü MEAS→Overview: Messung der Frequenzgenauigkeit in der 4ten Zeile der Tabelle, sowie gezoomt (MEAS→Overview→Zoom) Tabelle) ablesbar

3.4.2 Modulation Error Ratio

Das Modulation Error Ratio (MER) ist ein Summenparameter für die Erfassung aller Störprodukte die auf ein digitales TV-Signal einwirken. Es wird die Abweichung der Punkte des Konstellationsdiagramm von ihrer theoretischen Position erfasst. Dies ermöglicht eine quantitative Beurteilung der Signalqualität. Das MER wird üblicherweise als logarithmisches Verhältnis des Effektivwertes der Signalamplitude und des Fehlervektors in dB ausgedrückt angegeben:

$$MER_{RMS} = 20 \log_{10} \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} (|error_vector|)^2}}{U_{RMS}} \text{ [dB]}$$

Ein hohes MER drückt eine gute Signalqualität aus. In der Praxis kommt es zu MER Werten von wenigen dB bis etwa 40 dB. Ein guter DAB-Sender weist ein MER im Bereich von etwa 33 dB auf. Empfängt man DAB Signale über eine Dachantenne mit Gewinn, wird man ein MER an der Antennendose von 20 dB bis 30 dB messen. Beim portablen Empfang mit Zimmerantenne kann man von Werten zwischen 10 dB bis 20 dB ausgehen.

Das MER ist auch gleichzeitig der wichtigste Qualitätsparameter eines DAB Senders. Das MER kann als gemittelter Wert über alle COFDM Unterträger angegeben werden oder als MER(f) als Graph über den DAB Kanal. Wichtig ist, dass aufgrund der differentiellen Modulation ($\pi/4$ -shift-DQPSK) das MER bei DAB systembedingt immer um 3 dB schlechter zu erwarten ist, als z.B. bei DVB-T. Für DAB gilt:

$$MER_{RMS} [dB] \leq SNR [dB] - 3dB$$

Messablauf
⚠ Prüfen, dass max. Eingangsleistung nicht überschritten wird, siehe Abschnitt 2.3
R&S® ETL (IN1) an die Mess-Schnittstelle vor oder nach dem Maskenfilter (M1 / M3) anschließen
Grundeinstellungen „TV/Radio Analyzer/Receiver“ gemäß Abschnitt 2.4 vornehmen
MEAS→Modulation Analysis→MER(f)→Adjust Attenuation
SPAN→Full Span
Messbildschirm, siehe Abb. 11, mit PRINT ausdrucken

Technisch bedingt kann bei Sendern mit erhöhtem Wirkungsgrad nach dem Entzerrer der MER(f) eine leichte Krümmung aufweisen.

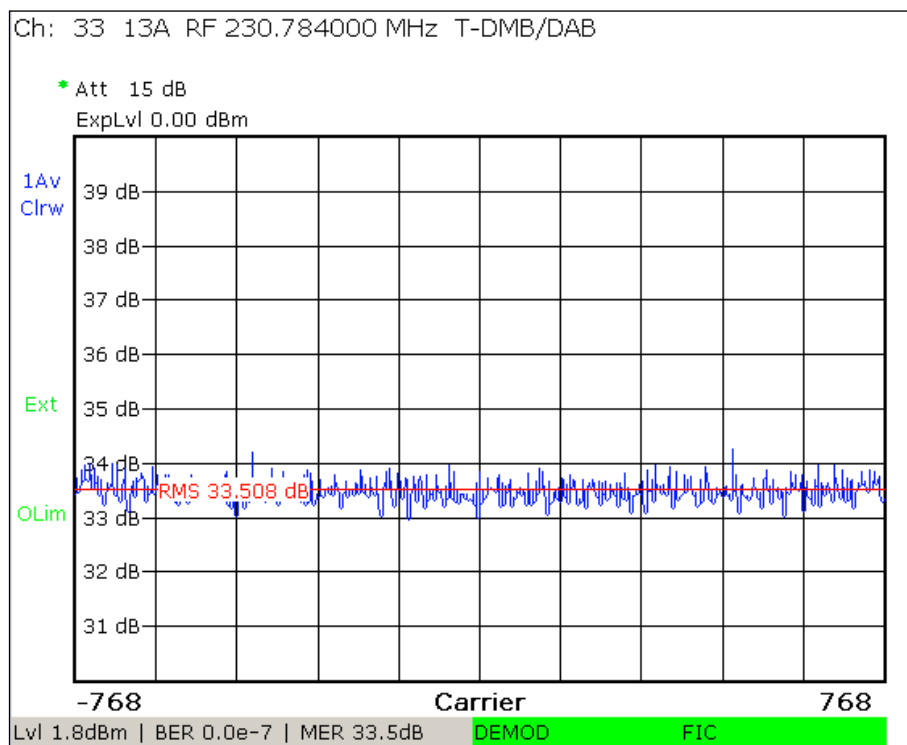


Abb. 11: Betriebsart „TV/Radio Analyzer/Receiver“, Menü MEAS→Modulation Analysis→MER(f): MER als Funktion der Frequenz, sowie Einblendung des über den Kanal gemittelten MER's (RMS)

3.4.3 Konstellationsdiagramm

Das Konstellationsdiagramm ermöglicht es die bei Quadraturmodulation in diskreten Zeitintervallen auftretenden Signalzustände gleichzeitig darzustellen. Das Konstellationsdiagramm ist die grafische Darstellung der Phasengleich- und Quadraturkomponente des QAM-Signals in X und Y Achse. Im Falle von Mehrträgermodulation wird im Konstellationsdiagramm typischerweise die Summe der Signalzustände aller Träger geformt. Ein rauschendes oder gestörtes DAB-Signal wird einen wolkenähnlichen Effekt aufweisen. Je kleiner die resultierenden Punkte im Konstellationsdiagramm desto besser ist die Signalqualität. Bei Messungen direkt am Sender sollten im Konstellationsdiagramm nur kleine Punkte sichtbar sein.

Messablauf
⚠ Prüfen, dass max. Eingangsleistung nicht überschritten wird, siehe Abschnitt 2.3
R&S® ETL (IN1) an die Mess-Schnittstelle vor oder nach dem Maskenfilter (M1 / M3) anschließen
Grundeinstellungen „TV/Radio Analyzer/Receiver“ gemäß Abschnitt 2.4 vornehmen
MEAS→Modulation Analysis→Const Diagram→Adjust Attenuation
SPAN→Full Span
Konstellationsdiagramm, siehe Abb. 12, mit PRINT ausdrucken

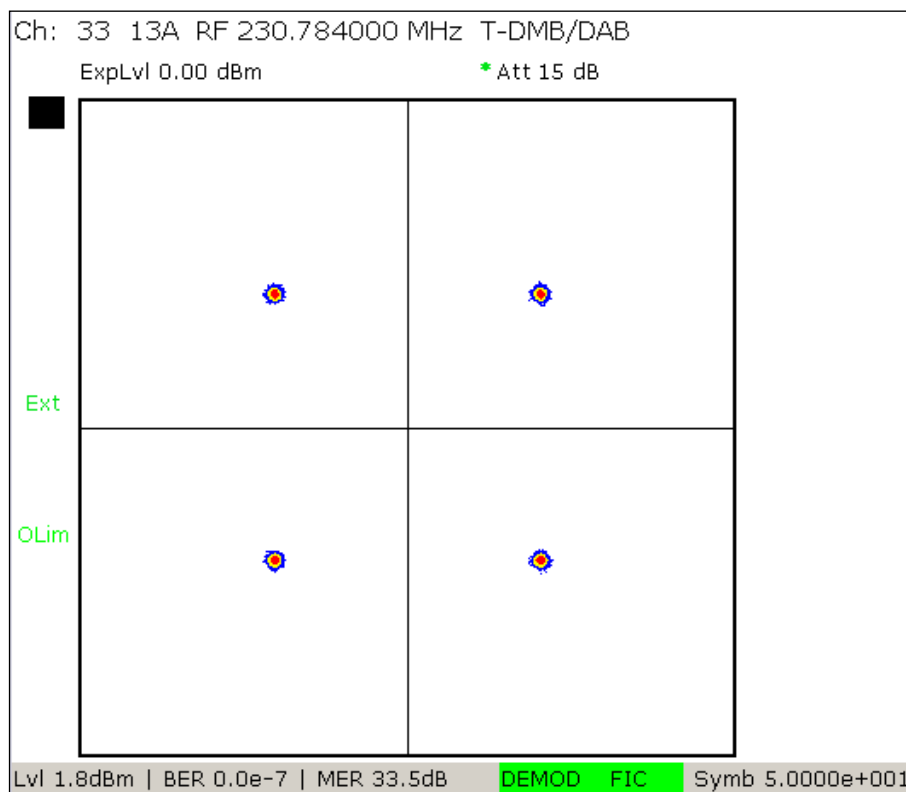


Abb. 12: Betriebsart „TV/Radio Analyzer/Receiver“, Menü MEAS→Modulation Analysis→Const Diagram: DAB Konstellationsdiagramm (Layer A, 64QAM)

3.4.4 Bitfehlerverhältnisse

Bei DAB gibt es als Fehlerschutz nur die Faltungscodierung, welche durch einen Viterbi-Decoder ausgewertet wird. Dieses Verfahren ist in der Lage, Bitfehler im Datenstrom zu erkennen und korrigieren. Daraus ergeben sich folgende zwei Bitfehlerverhältnisse ("Bit Error Ratio" - BER):

- Bitfehlerverhältnis vor Viterbi ("BER before Viterbi")
- Bitfehlerverhältnis nach Viterbi

Der DAB-Frame unterteilt sich in den Fast Information Channel (FIC) und den Main Service Channel (MSC). Im FIC werden wichtige Informationen für den DAB-Empfänger übertragen, während im MSC die eigentlichen Nutzdaten der Subchannels übertragen werden. Bei DAB sind die verschiedenen Inhalte (unterschiedliche Subchannel) unterschiedlich stark mit Fehlerschutz versehen; man spricht von einer unequal FEC. Der FIC weist einen konstanten Fehlerschutz mit einer Coderate von 1/3 auf.

Mit dem R&S[®]ETL kann die BER vor Viterbi-Decoder des gesamten Kanals, nur am FIC oder nur am MSC (= BER aller Subchannels) gemessen werden, siehe Abb. 13. Fehler nach Viterbi-Decoder zeigen sich im FIC in fehlerhaften Fast Information Blocks (FIB Errors).

Ch: 33 13A RF 230.784000 MHz T-DMB/DAB

* Att 15 dB
ExpLvl -2.50 dBm

Pass	Limit <	Results	< Limit	Unit
Level	-60.0	1.8	10.0	dBm
Carrier to Noise	15.0	40.4		dB
MER (rms)	24.0	33.5	-----	dB
MER (peak)	10.0	22.7	-----	dB
EVM (rms)	-----	2.11	4.40	%
EVM (peak)	-----	7.31	22.00	%
BER bef. Viterbi		0.0e-7(46/100)	1.0e-2	
BER bef. Viterbi FIC		0.0e-7(1K03/10K0)	1.0e-2	
BER bef. Viterbi MSC		0.0e-7(36/100)	1.0e-2	

Lvl 1.8dBm | BER 0.0e-7 | MER 33.5dB DEMOD FIC

Abb. 13: Betriebsart „TV/Radio Analyzer/Receiver“, Menü MEAS→Modulation Analysis→Modulation Errors: BER before Viterbi

Alle Störeinflüsse einer DAB-Übertragungsstrecke bilden sich in den Bitfehlerverhältnissen ab. Bei einem funktionierenden DAB-Sender kann nur die BER before Viterbi verschieden von Null sein. Dies wird im Bereich von 10^{-9} oder kleiner liegen. Bei kleinen Bitfehlerverhältnissen ist es notwendig, entsprechend lange Messzeiten zu wählen. Diese liegen bei Abnahmemessungen im Bereich von Stunden, bei Kontrollmessungen im Bereich von Minuten.

Messablauf
⚠ Prüfen, dass max. Eingangsleistung nicht überschritten wird, siehe Abschnitt 2.3
TV Analysator R&S® ETL (IN1) an die Mess-Schnittstelle vor oder nach dem Maskenfilter (M1 / M3) anschließen
Grundeinstellungen „TV/Radio Analyzer/Receiver“ gemäß Abschnitt 2.4 vornehmen
MEAS→Overview→Adjust Attenuation
MEAS→Measure Log→Configure Dialog aufrufen, siehe Abb. 14 <ul style="list-style-type: none"> • Enable Measurement Log aktivieren • Time Span entsprechend der Messdauer auswählen • Trace 1: BER before Viterbi FIC auswählen • Trace 2: FIB Errors
MEAS→Measure Log→Clear
Messzeit von einigen Minuten bis einigen Stunden abwarten
Gültigkeit der Messung kontrollieren: Diese ist gültig wenn es zu keinen Synchronisationsverlust gekommen ist, siehe Abb. 15
Falls Messung gültig: MEAS→Measure Log→Auto Range
Falls Messung gültig: Max-Wert dokumentieren oder Ergebnisse mit PRINT ausdrucken

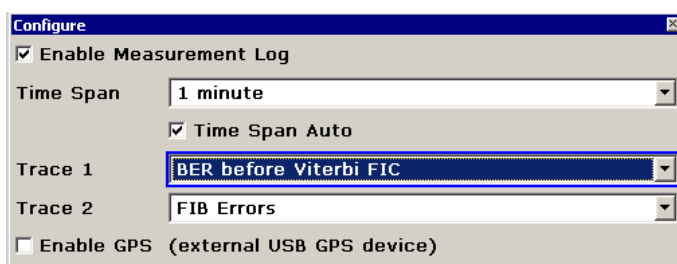


Abb. 14: Betriebsart „TV/Radio Analyzer/Receiver“, Menü MEAS→Measure Log→Configure: Konfiguration für die Bitfehlerratenmessung

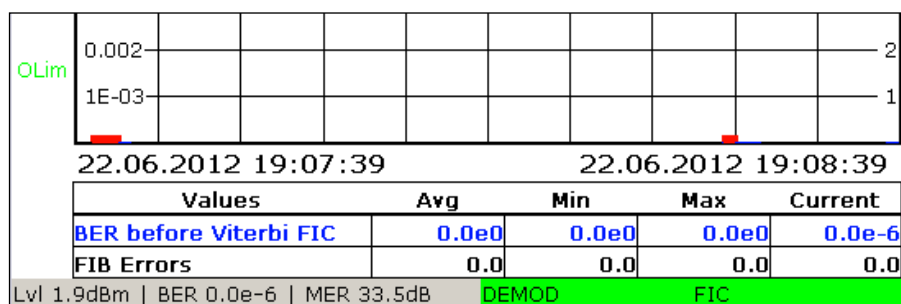


Abb. 15: Betriebsart „TV/Radio Analyzer/Receiver“, Menü MEAS→Measure Log: Bitfehlerratenmessung mit dem Measurement Log. Rote Markierungen direkt oberhalb der Zeitachse (hier im ersten und achten Zehntel) signalisieren einen Synchronisationsverlust. In diesem Fall ist die Bitfehlerratenmessung ungültig.

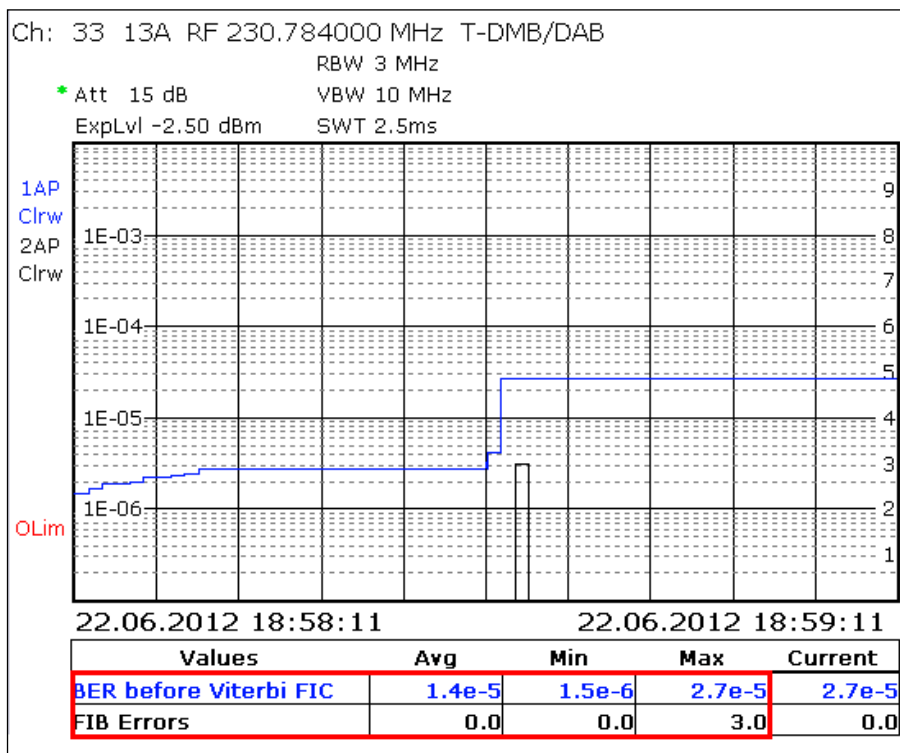


Abb. 16: Betriebsart „TV/Radio Analyzer/Receiver“, Menü MEAS→Measure Log: Gültige Bitfehlerratenmessung

4 Abkürzungen

BER	Bit error ratio
CCDF	Complementary cumulative distribution function
COFDM	Coded orthogonal frequency division multiplex
DAB	Digital audio broadcasting
DQPSK	Differential quadrature phase shift keying
ETI	Ensemble transport interface
DVB-T	Digital video broadcasting – Terrestrial
MER	Modulation error ratio
MPEG	Moving picture experts group
OFDM	Orthogonal frequency division multiplex
SFN	Single frequency network
QAM	Quadrature amplitude modulation

5 Literatur

- [1] "Digital Video and Audio Broadcasting Technology",
Walter Fischer, Springer Verlag, 2010,
ISBN: 978-3-642-11611-7
- [2] "Ermittlung der CCDF – Zwei Messmethoden im Vergleich",
Christoph Balz, Neues von Rohde & Schwarz, Heft 172 (2001/III), S. 52 - 53
- [3] Application Note 7TS02

6 Zusatzinformation

Unsere Applikationsschriften werden von Zeit zu Zeit überarbeitet, und auf den neuesten Stand gebracht. Bitte überprüfen Sie unter <http://www.rohde-schwarz.com> etwaige Änderungen.

Kommentare und Anregungen im Zusammenhang mit dieser Applikationsschrift bitte an:
Broadcasting-TM-Applications@rohde-schwarz.com.

7 Bestellangaben

Bestellbezeichnung	Typ	Bestellnr.
Gerät		
TV Analysator, 500 kHz to 3 GHz, mit Mitlaufgenerator	R&S®ETL	2112.0004.13
Average Power Sensor; 9 kHz to 6 GHz, 200 mW	R&S®NRP-Z91	1168.8004.02
Benötigte Optionen		
Eine der folgenden drei Power Sensor Schnittstellen		
- Zusätzliche Schnittstellen	R&S®FSL-B5	1300.6108.02
- Aktiver USB Adapter	R&S®NRP-Z3	1146.7005.02
- Passiver USB Adapter	R&S®NRP-Z4	1146.8001.02
Leistungsmesskopfmessungen mit NRP	R&S®FSL-K9	1301.9530.02
T-DMB/DAB Firmware	R&S®ETL-K250	2112.0533.02
Measurement Log für DTV	R&S®ETL-K208	2112.0579.02
Empfohlene Optionen		
Gleichwellennetzabgleich		
T-DMB/DAB SFN Frequency Offset	R&S®ETL-K251	2112.0540.02
Bilddarstellung		
Video und Audio HW Decoder	R&S®ETL-B281	2112.0356.02
HDTV und Dolby Upgrade	R&S®ETL-K281	2112.0604.02
MPEG-Analyse		
MPEG Analysis / Monitoring	R&S®ETL-K282	2112.0610.02
In-Depth Analyse	R&S®ETL-K283	2112.0627.02
Data Broadcast Analyse	R&S®ETL-K284	2112.0633.02

A Messunsicherheit der rücklaufenden Leistung

Bei skalarer Messung von rücklaufender Leistung kommt es, aufgrund der Direktivität von Messkopplern, zu einer Messunsicherheit. Die Direktivität ist eine Kenngröße für das ungewollte Übersprechen der vorlaufenden Leistung auf die zu messende rücklaufende Leistung. Je besser die Direktivität, desto geringer ist das ungewollte Übersprechen der vorlaufenden Leistung. Eine typische Direktivität von Richtkopplern ist ca. -35 dB.

Um rücklaufende Leistung exakt zu messen, muss die Phase der sich überlagernden Signale bekannt sein. Dies ist nur bei einer vektoriellen Leistungsmessung möglich. Doch auch mit der skalaren Messung des R&S[®]ETLs kann die notwendige Überprüfung durchgeführt werden. Statt des genauen Messwertes für die rücklaufende Leistung wird sichergestellt, dass die rücklaufende Leistung so gering ist, dass der Selbstschutz der Senderanlage die Anlage nicht abschaltet. Diese Aussage kann mit der skalaren Messung getroffen werden, wenn das Verhältnis zwischen der Direktivität des Messrichtkopplers und der maximal zulässigen rücklaufenden Leistung groß genug ist.

Bei der skalaren Messung der rücklaufenden Leistung liegt der theoretische Messfehler im ungünstigsten Fall zwischen ca. $+6$ dB bis $-\infty$ dB, siehe Abb. 17. Die skalar gemessene rücklaufende Leistung kann also bis zu 6 dB zu groß oder viel zu klein sein. Die Messunsicherheit ist abhängig von der Einfügungsdämpfung, der Direktivität und der rücklaufenden Leistung. Zur Vereinfachung soll in nachfolgender Betrachtung die Einfügungsdämpfung vernachlässigt werden, da deren Einfluss in der Praxis gering ist.

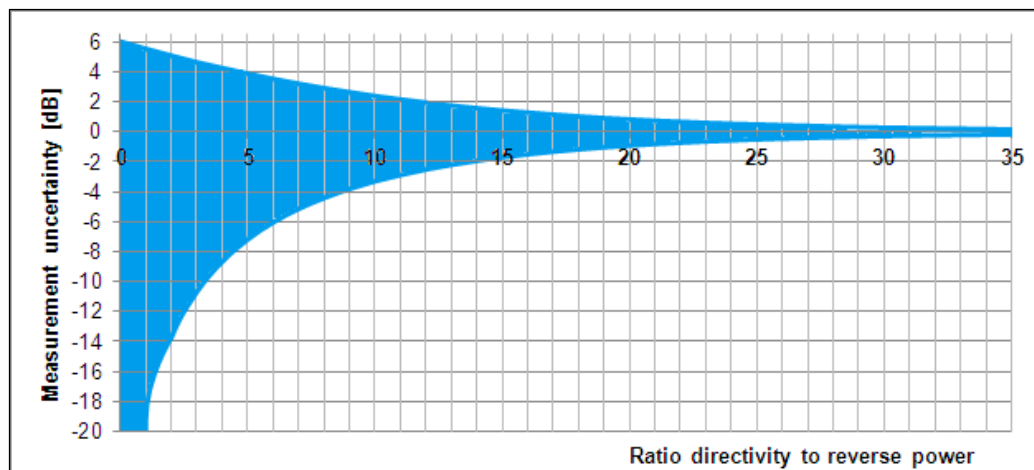


Abb. 17: Messunsicherheit der skalaren Messung, abhängig vom Verhältnis Direktivität des Messrichtkopplers zur rücklaufenden Leistung (Einfügungsdämpfung des Richtkopplers vernachlässigt)

Als erstes Beispiel soll angenommen werden, dass das Verhältnis von Direktivität des Messrichtkopplers und rücklaufender Leistung 0 dB beträgt (ungünstigster Fall). In diesem Fall ist der theoretische maximale Messfehler zwischen $+6$ dB und $-\infty$ dB. Solange jedoch auch ein 6 dB höherer Wert akzeptiert werden kann, ist der tatsächliche Wert nicht zwingend erforderlich.

Als weiteres Beispiel soll angenommen werden, dass der Unterschied zwischen Direktivität des Messrichtkopplers und der rücklaufenden Leistung 20 dB ist. Hierbei ist der

theoretische maximale Messfehler zwischen 0,83 dB und -0,92 dB. Ist die ausgekoppelte rücklaufende Leistung also z.B. -15 dBm und die Direktivität des Richtkopplers -35 dB, kann es am Messgerät zu Werten zwischen -14,17 dBm und -15,92 dBm kommen. Die Messunsicherheit bewegt sich in diesem Fall in einem Bereich von ± 1 dB. Der kritische Fall einer großen rücklaufenden Leistung wird also auch mit skalarer Messung erkannt.

Nachfolgendes Diagramm (Abb. 18) ermöglicht es, die maximale mögliche tatsächliche rücklaufende Leistung abhängig vom angezeigten Messwert zu ermitteln.

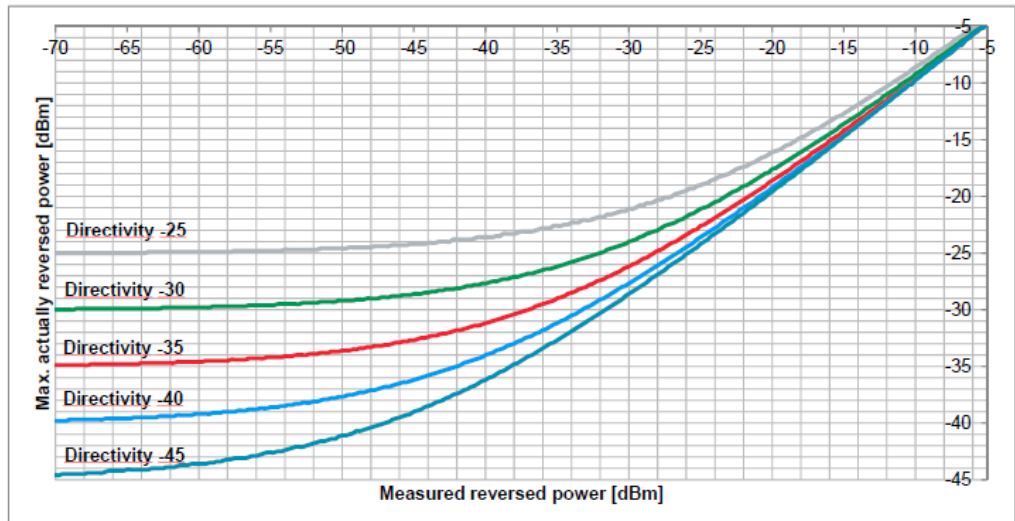


Abb. 18: Maximal tatsächlich rücklaufende Leistung abhängig von der gemessenen rücklaufenden Leistung

Als Ergebnis kann zusammengefasst werden, dass eine skalare Messung ausreichend ist, solange die maximal tatsächlich rücklaufende Leistung, die sich aus einer gemessenen Leistung ergibt, auch akzeptabel ist.

B Filterfrequenzgang-Erfassung in Transducerdatei

Zur Vermessung von Signalen, die den Dynamikumfang von Spektrumanalysatoren übersteigen, gibt es in der Praxis zwei gängige Varianten:

- Variante 1: Die Frequenzkomponenten mit der höchsten Leistung werden durch Hilfsmittel wie abstimmbare Messbandsperre oder eines Hochpassfilters selektiv gedämpft. Hierbei wird die Dynamik so weit reduziert, dass diese nach dem Hilfsmittel gemessen werden kann. Zur automatischen Anzeige der tatsächlichen Dynamik wird durch eine Transducerdatei dabei der vorherig separat vermessene Frequenzgang des Hilfsmittels mathematisch durch Subtraktion kompensiert.
- Variante 2: Falls die hohe Signaldynamik durch ein bestimmtes Filter erzielt wird (z.B. am Maskenfilter eines Senders), sind Hilfsmittel nicht zwingend erforderlich. Stattdessen kann auch zunächst der Frequenzgang dieses Filters separat als Transducerdatei aufgenommen werden. Die Aktivierung dieser Transducerdatei während der Messung vor dem Filter führt durch Addition des Filterfrequenzgangs zur automatischen Berechnung der tatsächlichen Dynamik.

Die Transducerdatei kann direkt mit der Tracking Generator Funktion des R&S® ETL erstellt werden, falls der Frequenzgang des Filters nicht die messbare Dynamik überschreitet¹:

Transducer Datei erzeugen	
MODE→Spectrum Analyzer	
FREQ→Center: Auf Kanalmittenfrequenz einstellen	
SPAN→Span Manual: Auf 6 MHz einstellen	
TRACE→Detector Manual Select→More→Detector Average	
BW→Res BW Manual: Auf 30 kHz einstellen	
SWEEP→SweepTime Manual: Auf 2 s einstellen	
MENU→Tracking Generator→Source On	
MENU→Tracking Generator→Source Power auf 0 dBm einstellen	
Kabel die zur Vermessung verwendet werden sollen, von R&S® ETL Ausgang „Gen Out 50 Ω“ zu R&S® ETL Eingang „RF IN 50 Ω“ verbinden, siehe Abb. 19:	
AMPT→Ref Level: Auf -30 dBm einstellen	
R&S® ETL mit Preselector ²	R&S® ETL ohne Preselector
AMPT→RF Atten Manual: Auf 15 dB einstellen	AMPT→RF Atten Manual: Auf 0 dB einstellen

¹ Ansonsten kann der Frequenzgang aus dem Datenblatt auch von Hand in die Transducerdatei eingegeben werden (SETUP→Transducer)

² Wenn ein Preselector im Gerät verfügbar ist, ist unter AMPT→More die Einstellung Preselector verfügbar. Der Preselector ist standardmäßig eingeschaltet.

Transducer Datei erzeugen	
Falls es zur Übersteuerung kommt ¹ , Dämpfung AMPT→RF Atten Manual um 5 dB erhöhen.	
MENU→Tracking Generator→Source Cal→Cal Trans	
MENU→Tracking Generator→Source Cal→Normalize	
Das zu vermessende Filter mit den zuvor vermessenen Kabeln, von R&S®ETL Ausgang „Gen Out 50 Ω“ zu R&S®ETL Eingang „RF IN 50 Ω“ verbinden, siehe Abb. 20	
Variante 1 (Dynamik Reduktion durch Hilfsmittel)	Variante 2 (Vermessung vor Dynamik Erhöhung)
MENU→Tracking Generator→Source Cal→More→Save As Neg Trd Factor	MENU→Tracking Generator→Source Cal→More→Save As Pos Trd Factor
Dateiname eingeben und Transducer Datei abspeichern	
Über SETUP→Transducer→Active On kann die Transducerdatei aktiviert werden	



Abb. 19: Verkabelung um Kabel zu normalisieren

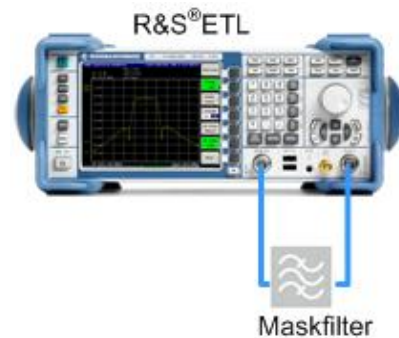


Abb. 20: Verkabelung zum Vermessen des Frequenzgangs eines Maskenfilters

¹ Übersteuerungs-Warnungen erscheinen im Display oben mittig als „IFovl“ oder „Ovld“.

About Rohde & Schwarz

Rohde & Schwarz is an independent group of companies specializing in electronics. It is a leading supplier of solutions in the fields of test and measurement, broadcasting, radio-monitoring and radiolocation, as well as secure communications. Established more than 75 years ago, Rohde & Schwarz has a global presence and a dedicated service network in over 70 countries. Company headquarters are in Munich, Germany.

Environmental commitment

- Energy-efficient products
- Continuous improvement in environmental sustainability
- ISO 14001-certified environmental management system



Regional contact

Europe, Africa, Middle East

+49 89 4129 12345

customersupport@rohde-schwarz.com

North America

1-888-TEST-RSA (1-888-837-8772)

customer.support@rsa.rohde-schwarz.com

Latin America

+1-410-910-7988

customersupport.la@rohde-schwarz.com

Asia/Pacific

+65 65 13 04 88

customersupport.asia@rohde-schwarz.com

China

+86-800-810-8228 /+86-400-650-5896

customersupport.china@rohde-schwarz.com

This application note and the supplied programs may only be used subject to the conditions of use set forth in the download area of the Rohde & Schwarz website.

R&S® is a registered trademark of Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG; Trade names are trademarks of the owners.

Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG

Mühlhofstraße 15 | D - 81671 München

Phone + 49 89 4129 - 0 | Fax + 49 89 4129 - 13777

www.rohde-schwarz.com