



ATSC  
ITU-T J.83  
ISDB-T



Version  
09.00

Juni  
2003

## TV-Messsender R&S® SFQ

### Digitale Signale für Antenne, Satellit und Kabel

- ◆ Weiter Ausgangsfrequenzbereich von 0,3 MHz bis 3300 MHz
- ◆ Großer Ausgangspegelbereich für Übertragungs-, Empfänger- und Bauteilmessungen
- ◆ Normgerechte DVB-, DTV-Signale und FM-Satellitensignale
- ◆ Mehrere Standards in einem Gerät
- ◆ Flexible Eingangsschnittstellen
  - ASI, SPI, SMPTE310
- ◆ Ausgang und Eingang für I/Q-Signale
- ◆ Interne Rauschquelle für genaue C/N-Einstellung
- ◆ Interne Bitfehlerratenmesseinrichtung (BER) für alle digitalen Modulationsverfahren
- ◆ Interner Fadingsimulator
  - 6 oder 12 Pfade
  - Profile: Constant Phase, Rayleigh, Rice, Pure Doppler, Log Normal
  - Vordefinierte und vom Anwender definierbare Profile
  - Fading-Ausgangsleistung auf Summensignal oder Hauptpfad einstellbar
- ◆ Antenne DVB-T
  - 2k- und 8k-COFDM
  - 6/7/8 MHz Bandbreite
  - Hierarchische Codierung
- ◆ Antenne ATSC
  - 8VSB
- ◆ Antenne ISDB-T
  - Mode 1/2/3 (2k, 4k, 8k)
  - max. 3 Layer (A, B, C)
  - 13 Segmente (einstellbar pro Layer)
  - DQPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM
- ◆ Kabel DVB-C
  - Wählbar: 16-/32-/64-/128-/256QAM
- ◆ Kabel J.83B
  - QAM wählbar (64-, 256QAM)
- ◆ Satellit DVB-S, DVB-DSNG, Satellite Turbo
  - QPSK, 8PSK, 16QAM
  - QPSK-, 8PSK-Turbo
- ◆ Satellit FM
  - PAL, SECAM, NTSC
  - FM- und ADR-Tonunterträger



**ROHDE & SCHWARZ**

# Grundmodelle – Optionen für DVB/8VSB/ISDB-T/J.83B, Übertragungssimulation

## Grundmodelle

- ◆ DVB-T: R&S SFQ02 + R&S SFQ-B10
- ◆ ATSC: R&S SFQ02 + R&S SFQ-B12
- ◆ ISDB-T: R&S SFQ02 + R&S SFQ-B26
- ◆ DVB-C: R&S SFQ02 + R&S SFQ-B21
- ◆ J.83B: R&S SFQ02 + R&S SFQ-B13
- ◆ DVB-S/-DSNG: R&S SFQ02 + R&S SFQ-B23
- ◆ Satellite Turbo: R&S SFQ02 + R&S SFQ-B23 + R&S SFQ-B25
- ◆ FM: R&S SFQ02 + R&S SFQ-B2

## DVB/VSB-Optionen

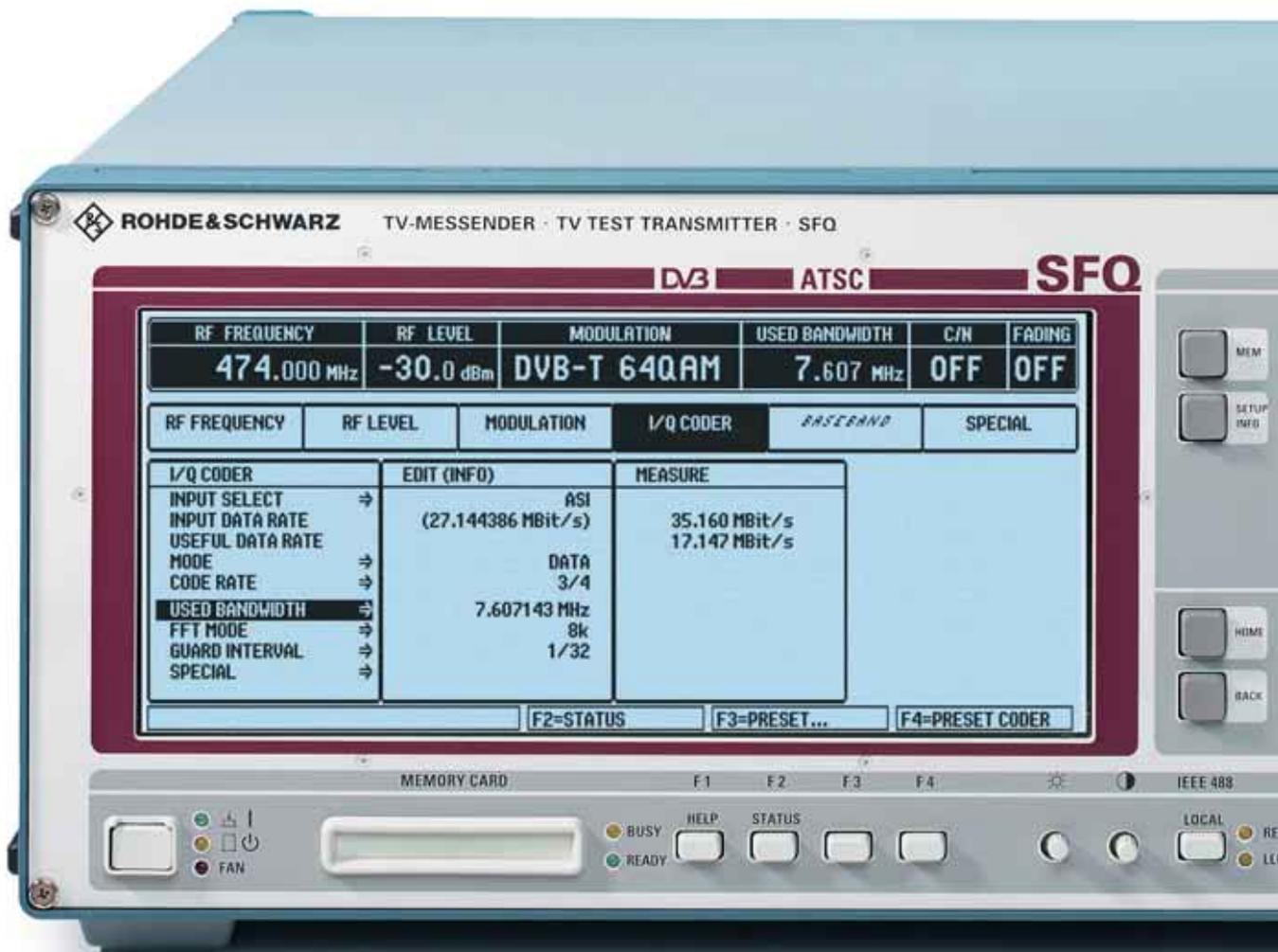
- ◆ Input Interface (ASI, SPI, SMPTE310; einstellbare Symbolrate, präziser Datentakt)
- ◆ DVB-T-Coder
- ◆ Hierarchische Codierung für DVB-T-Coder
- ◆ ATSC/8VSB-Coder
- ◆ ISDB-T-Coder
- ◆ DVB-C-Coder
- ◆ J.83B-Coder
- ◆ DVB-S/-DSNG-Coder
- ◆ Satellite Turbo
- ◆ I/Q-Ausgang/Eingang

## Übertragungssimulation

- ◆ Fading Simulator (6 oder 12 Pfade)
- ◆ Rauschgenerator
- ◆ Bitfehlerratenmessung (BER)

## Breitband-FM-Optionen

- ◆ Breitband-FM-Modulator
- ◆ FM-Tonunterträger mit internen Audiogeneratoren
- ◆ ADR-Tonunterträger mit internen MUSICAM-Generatoren



## Grundeigenschaften

- ◆ Frequenzbereich 0,3 MHz bis 3,3 GHz
- ◆ Großer Pegelbereich  
–99,9 dBm bis +13 dBm
- ◆ Einfache, benutzerfreundliche Hardkey-Softkey-Bedienung
- ◆ Großes Display mit allen wichtigen Parametern in der Kopfzeile
- ◆ Statusmenü für weitere Informationen
- ◆ Anwenderdefinierbare Sendertabellen
- ◆ Geräteeinstellungen intern und auf Memory Card speicherbar
- ◆ Online-Hilfe
- ◆ IEC 625-/IEEE-Bus, RS-232-C-Schnittstelle
- ◆ Modulares Konzept
- ◆ Software-Update über RS-232-C-Schnittstelle (oder Memory Card)



## Allgemeines

Der TV-Messsender R&S SFQ ist die Komplettlösung zum Testen digitaler TV-Strecken und -Empfänger. Die Zukunftstauglichkeit ist durch ein offenes Softwaresystem und modulare Hardwarestruktur gegeben. Die Standards für DVB-T, DVB-S/DVB-DSNG, Turbo-Codierung, DVB-C, J.83B, ATSC/8VSB und ISDB-T werden voll erfüllt. Die sichere Anpassungsfähigkeit an zukünftige Systemänderungen machen den R&S SFQ zu einer lohnenden Investition für den Einstieg in den digitalen TV-Markt. Darüber hinaus werden auch analoge, frequenzmodulierte Satellitensignale der Standards PAL, SECAM, NTSC aufbereitet. Die Übertragung der Tonsignale erfolgt durch analoge FM- und digitale ADR-Tonunterträger.

Die standardgemäßen Testsignale sind von hoher Präzision, lassen sich aber zum Bestimmen von Grenzbereichen variieren und mit definierten Fehlern versehen. Die reproduzierbare Simulation realer Übertragungsbedingungen mit Hilfe der Rauschquelle und des Fadingsimulators ermöglicht die Spezifikation der zu testenden Baugruppen.

## Anwendung

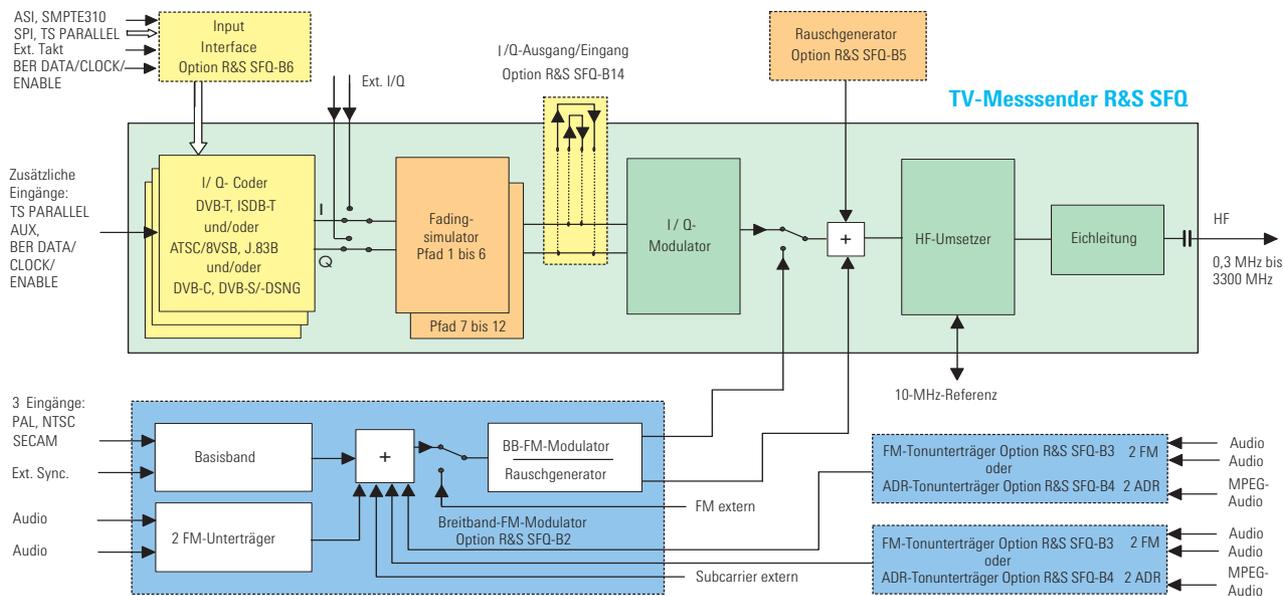
Wegen seiner hohen Signalqualität und der Vielzahl von Variationsmöglichkeiten eignet sich der R&S SFQ besonders als Quelle für digitale terrestrische Ausstrahlung (DVB-T, ATSC und ISDB-T), für den Betrieb von Satelliten- (DVB-S/-DSNG, Turbo-Codierung und FM) und digitalen Kabelstrecken (DVB-C, J.83B), als Normsignalgenerator in der Entwicklung, als Referenz in der Qualitätskontrolle, EMV-Labors, Prüfstellen und für den Einsatz in der Fertigung.

Der Ausgangsfrequenzbereich ermöglicht die Anwendung als Rückkanalgenerator, er deckt auch eventuelle Erhöhungen des Satelliten-ZF-Bereichs ab.

Die Betriebsparameter lassen sich einfach umschalten (z. B. Roll-off, Punktierungsrate oder QAM-Modus), für Laboranwendungen auch über die im Standard definierten Werte hinaus. Für Spezialaufgaben, z. B. bei DVB-T, können die Modulation, einzelne Träger und Trägergruppen abgeschaltet werden. Ein Sweep ist über den gesamten HF-Bereich möglich.

Eine „Shift“-Funktion bei Frequenz, Pegel und C/N erlaubt es, Funktionsgrenzen zu finden, externe Anpassungsglieder zu kompensieren, zwei Geräte exakt aneinander anzugleichen etc. Dies hat den Vorteil, dass sich das Ausgangssignal wie gewünscht ändert, die Standard-/Sollwertanzeige hingegen erhalten bleibt.

Der analoge R&S SFQ liefert ein normgerechtes frequenzmoduliertes Satellitensignal, er ist umschaltbar zwischen den verschiedenen Fernsehstandards, bis zu sechs Tonunterträger (FM und ADR) sind integrierbar. Zusätzlich können externe Tonunterträger eingespeist werden. Die Betriebsparameter entsprechen der Norm; Parameter wie Amplitude, Frequenz, Hub sind variierbar. Signale wie Rauschen und Verwischung können addiert werden. Damit lassen sich Satellitenstrecken und -empfänger mit Standardsignalen überprüfen und das Verhalten bei nicht normgerechten Signalen untersuchen.



Prinzipialschaltung des TV-Messsenders R&S SFQ mit den möglichen Optionen

R&S SFQ-Modelle			
Modelle	Beschreibung		Freie Steckplätze für Optionen
R&S SFQ02 + Option R&S SFQ-B10	TV-Messsender für DVB-T		5
R&S SFQ02 + Option R&S SFQ-B12	TV-Messsender für ATSC/8VSB		5
R&S SFQ02 + Option R&S SFQ-B26	TV-Messsender für ISDB-T		5
R&S SFQ02 + Option R&S SFQ-B21	TV-Messsender für DVB-C		5
R&S SFQ02 + Option R&S SFQ-B13	TV-Messsender für J.83B		5
R&S SFQ02 + Option R&S SFQ-B23	TV-Messsender für DVB-S/-DSNG		5
R&S SFQ02 + Option R&S SFQ-B2	TV-Messsender für Breitband-FM		3

DVB-/8VSB-/ISDB-T-/J.83B-Optionen			
Optionen	Beschreibung/Anwendung (bitte immer R&S SFQ-Seriennummer bei Bestellung einer R&S SFQ-Option angeben)		Benötigte Steckplätze
R&S SFQ-B6	Input Interface	ASI-, SPI-Eingang mit Stuffing, SMPTE-Eingang, erhöhte Taktgenauigkeit für interne Signale	0
R&S SFQ-B10	DVB-T-Coder	In Modell 20* enthalten (siehe Optionen R&S SFQ-B3 und R&S SFQ-B4)	1
R&S SFQ-B16	DVB-T/Hierarchische Codierung	Nur zusammen mit R&S SFQ-Modell 20* oder Option R&S SFQ-B10	0
R&S SFQ-B12	ATSC/8VSB-Coder (HW + FW)	In Modell 30* enthalten, nicht mit R&S SFQ-B13	1
R&S SFQ-B8	ATSC/8VSB (FW)	Enthalten in R&S SFQ-B12, nur zusammen mit Option R&S SFQ-B13,	0
R&S SFQ-B13	ITU-T J.83B-Coder (HW + FW)	Nur zusammen mit Option R&S SFQ-B6, nicht mit R&S SFQ-B12	1
R&S SFQ-B9	ITU-T J.83B (FW)	Enthalten in R&S SFQ-B13 Nur zusammen mit Option R&S SFQ-B12 und R&S SFQ-B6,	0

DVB-/8VSB-/ISDB-T-/J.83B-Optionen (Fortsetzung)			
Optionen	Beschreibung/Anwendung (bitte immer R&S SFQ-Seriennummer bei Bestellung einer R&S SFQ-Option angeben)		Benötigte Steckplätze
R&S SFQ-B15	DVB-C/DVB-S-Coder	Nicht mehr lieferbar	
R&S SFQ-B21	DVB-C-Coder (HW + FW)	Nicht mit R&S SFQ-B15, R&S SFQ-B23	1
R&S SFQ-B22	DVB-C (nur FW)	Nur mit R&S SFQ-B23, enthalten in R&S SFQ-B21	0
R&S SFQ-B23	DVB-S/-DSNG-Coder (HW + FW)	Nicht mit R&S SFQ-B15, R&S SFQ-B21 und R&S SFQ-B6 Var. 02	1
R&S SFQ-B24	DVB-S/-DSNG (nur FW)	Nur mit R&S SFQ-B21, nicht mit R&S SFQ-B6 Var. 02, enthalten in R&S SFQ-B23	0
R&S SFQ-B25	Satellite Turbo	Nur mit R&S SFQ-B23 oder R&S SFQ-B24	0
R&S SFQ-B26	ISDB-T-Coder	—	1
R&S SFQ-B14	I/Q-Ausgang/Eingang	Ausgang/Eingang für externe Anwendung (z.B. externer Modulator) und für Signalmodifikation/-manipulation (siehe Option R&S SFQ-B2)	0

Optionen zur Übertragungssimulation			
Optionen	Beschreibung/Anwendung (bitte immer R&S SFQ-Seriennummer bei Bestellung einer R&S SFQ-Option angeben)		Benötigte Steckplätze
R&S SFQ-B11 Modell 02	Fading, Pfad 1 bis 6	Fadingsimulation für bis zu 6 Pfade 2 Steckplätze bei R&S SFQ-Modell 10*, das vor September 1999 geliefert wurde; bitte Seriennummer des R&S SFQ angeben	1
R&S SFQ-B11 Modell 04	Fading, Pfad 7 bis 12	Fadingsimulation für insgesamt bis zu 12 Pfade; nur zusammen mit Option R&S SFQ-B11, Modell 02	1
R&S SFQ-B5	Rauschen	BER vs. C/N, Messung der Systemreserven; nicht zusammen mit Option R&S SFQ-B2	1
R&S SFQ-B17	BER-Messung	Nur zusammen mit R&S SFQ-Modell 20* oder mit Option R&S SFQ-B10 oder mit Option R&S SFQ-B6 Var. >03	0

#### BB-FM-Optionen

Optionen	Beschreibung/Anwendung (bitte immer R&S SFQ-Seriennummer bei Bestellung einer R&S SFQ-Option angeben)		Benötigte Steckplätze
R&S SFQ-B2	FM-Modulator	Satelliten-FM mit 2 FM-Tonunterträgern, Rauschen enthalten, nicht zusammen mit Option R&S SFQ-B5 verwendbar <u>Einschränkung zusammen mit Option R&amp;S SFQ-B14</u> : Nur ein Video-Eingang „Video 1“ an der Frontplatte verfügbar	3
R&S SFQ-B3	2 FM-Tonunterträger	2 zusätzliche FM-Tonunterträger; nur zusammen mit Option R&S SFQ-B2 <u>Einschränkung zusammen mit Option R&amp;S SFQ-B10</u> : Toneingänge nur für <u>wahlweise eine</u> Option R&S SFQ-B3 oder R&S SFQ-B4	1
R&S SFQ-B4	2 ADR-Tonunterträger	2 zusätzliche ADR-Tonunterträger; nur zusammen mit Option R&S SFQ-B2 <u>Einschränkung zusammen mit Option R&amp;S SFQ-B10</u> : Toneingänge nur für <u>wahlweise eine</u> Option R&S SFQ-B3 oder R&S SFQ-B4	1

\* frühere Modellbezeichnungen

## DVB: Codierung und Mapping für Antenne, Satellit und Kabel

Die I/Q-Coder des TV-Messsenders R&S SFQ codieren den eingespeisten Transportstrom für terrestrische Übertragung über Antenne, für Satelliten- oder Kabelübertragung normgerecht und bereiten ihn zu I- und Q-Signalen auf (Inphase, Quadrature). In den R&S SFQ kann ein MPEG-Transportstrom mit der Paketlänge 188 Byte oder 204 Byte eingespeist werden.

Die Eingangsschnittstellen sind synchron parallel (TS-parallel, SPI) und asynchron seriell (ASI). Bei DVB-C-, DVB-S- und DVB-DSNG-Modulation sind die Eingangsdatenrate und die Symbolrate einstellbar. Bei DVB-T-Modulation können die Kanalbandbreiten 6 MHz, 7 MHz und 8 MHz gewählt werden, diese Voreinstellungen der Kanalbandbreite können außerdem variiert werden.

Anstelle des von außen gelieferten Transportstroms (DATA) kann eine interne Datenquelle Null-Transportstrompakete generieren (NULL TS PACKET, wie in den „DVB Measurement Guidelines“ definiert) oder auch eine unpaketierte Zufallsfolge (PRBS). Die PRBS-Sequenz

steht auch paketiert in den Null-Transportstrompaketen zur Verfügung (NULL PRBS PACKET). Der R&S SFQ warnt den Benutzer, sobald das Eingangssignal ausfällt, die eingestellte Datenrate mit der ankommenden nicht übereinstimmt oder aber die USEFUL DATA RATE zu hoch ist.

Der Eingangsdatenstrom wird zuerst mit einer Zufallsfolge verknüpft. Dadurch ist sichergestellt, dass die Energie des Signals immer gleichmäßig verteilt ist (Energieverwischung). Diese Energieverwischung lässt sich abschalten. Gleiches gilt für die SYNC BYTE-Invertierung. Nach der Energieverwischung sorgt ein Reed-Solomon-Coder (204,188) für den äußeren Fehlerschutz.

Es werden an die unveränderten 188 Datenbytes jedes Transportstrompaketes 16 Paritybytes angehängt. In diesen 16 Paritybytes steckt die Redundanz, mit der der Empfänger acht fehlerhaft empfangene Bytes innerhalb eines Rahmens korrigieren kann.

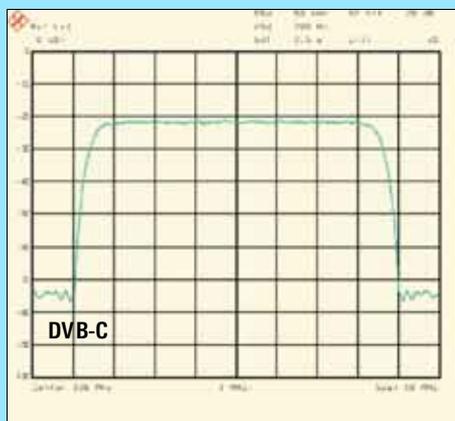
Ein Faltungs-Interleaver verteilt die Daten in der Form, dass ursprünglich aufeinander folgende Bits getrennt werden. Burstfehler auf dem Übertragungsweg

werden vom De-Interleaver zu Einzelfehlern zerteilt, die vom Reed-Solomon-Decoder korrigiert werden können. Dieser Interleaver ist ebenfalls abschaltbar.

Die Codierung ist bis nach dem Faltungs-Interleaver für Antenne (COFDM), Satellit (QPSK, 8PSK, 16QAM) und Kabel (QAM) identisch. Bei der Kabelübertragung gibt es keinen weiteren Fehlerschutz, da die Störungen durch Rauschen, Nichtlinearitäten und Unterbrechungen weniger wahrscheinlich sind als bei einer Satellitenstrecke oder Antennenausstrahlung. Bei der Kabelübertragung erfolgt nun das Mapping in den I- und Q-Zweig.

Bei der terrestrischen Übertragung über Antenne und bei Satellitenübertragung folgt nach dem Faltungs-Interleaver noch ein innerer Fehlerschutz: der Faltungs-Encoder (Convolutional Encoder). Dadurch wird die Datenrate verdoppelt. In einem weiteren Schritt wird punktiert, das heißt, dass nach einem festgelegten Algorithmus bestimmte Bits nicht übertragen werden und somit die Datenrate wieder verringert wird.

An dieser Stelle erfolgt bei der DVB-S-Satellitenübertragung das Mapping in den I- und Q-Zweig. Für DVB-DSNG-



Satellitenübertragung wird ein so genanntes „pragmatic Trellis Coding“ anstelle des Convolutional Encoders (DVB-S) verwendet.

Bei Turbo-Codierung wird der innere Fehler-schutz durch einen Satellite Turbo realisiert. Dieser erlaubt den Betrieb bei wesentlich geringeren C/N-Verhältnissen, bei gleicher Bitfehlerrate.

Bei der Codierung für terrestrische Übertragung werden wegen der ungünstigeren Ausbreitungsbedingungen weitere Übertragungsschutzmaßnahmen durchgeführt. Es folgen der innere (antennennähere) Bit-Interleaver und der Symbol-Interleaver. Darauf folgt das Mapping entsprechend der gewählten Konstellation QPSK, 16QAM oder 64QAM. Nach dem Einfügen der Pilot- und TPS-Träger (Transmission Parameter Signalling) im Frameadapter folgt mit Hilfe der inversen Fast-Fourier-Transformation der Übergang vom Frequenzbereich in den Zeitbereich, je nach gewählter Betriebsart auf 1705 (2k) beziehungsweise 6817 (8k) Träger. Als letztes wird das Guard-Intervall eingefügt.

Vor der folgenden Modulation muss das Spektrum durch Filterung begrenzt wer-

den. Bei DVB-S, DVB-DSNG und DVB-C kann der Roll-off-Verlauf ( $\sqrt{\cos}$ ) variiert werden.

### ATSC/8VSB: Codierung und Mapping für Antenne

Der I/Q-Coder für 8VSB des TV-Messsenders R&S SFQ codiert den eingespeisten Transportstrom für terrestrische Übertragung über Antenne normgerecht und bereitet ihn zu I- und Q-Signalen auf (Inphase, Quadrature).

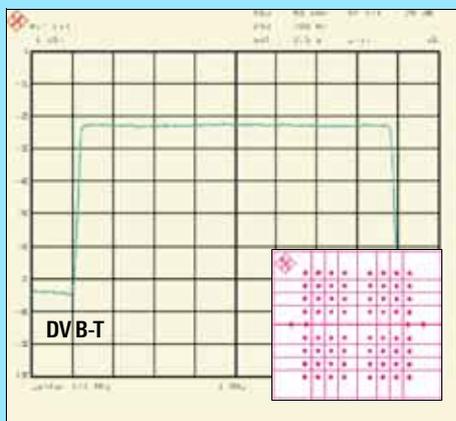
In den R&S SFQ kann bei 8VSB ein MPEG-Transportstrom mit der Paketlänge von 188 Byte eingespeist werden. Die Eingangsschnittstellen sind synchron parallel (TS-Parallel, SPI), asynchron seriell (ASI) und seriell (SMPT E310M).

Die Eingangsdatenrate kann bei Nutzung des TS-Parallel-Eingangs 19,3926 Mbit/s  $\pm 10\%$  betragen. Bei der Verwendung der Option Input Interface ist eine USEFUL DATA RATE in einem weiten Bereich bis maximal 19,3926 Mbit/s möglich.

Der R&S SFQ warnt den Benutzer, wenn das Eingangssignal ausfällt oder die

USEFUL DATA RATE zu hoch ist. Anstelle des von außen angelieferten Transportstromes (DATA) kann eine interne Datenquelle Null-Transportstrompakete (NULL TS PACKET, NULL PRBS PACKET) generieren. Für Bitfehlerauswertungen in Empfängern ist eine SYNC PRBS implementiert. Eine unpaketierte Zufallsfolge ist einstellbar. Die PRBS-Einspeisung vor (PRBS BEFORE TRELLIS) oder nach dem Trelliscoder (PRBS AFTER TRELLIS) steht zur Auswahl. Die PRBS-Sequenz steht auch paketiert in den Null-Transportstrompaketen (NULL PRBS PACKET) zur Verfügung.

An die Erzeugung des normgerechten Rahmens schließt sich ein abschaltbarer Randomizer an, der für gleiche Energieverteilung im Kanal sorgt. Nach der Energieverwischung folgt ein Reed-Solomon-Coder (208,188) für den Fehlerschutz. Es werden an die unveränderten 188 Datenbytes 20 Paritybytes angehängt. Somit sind bis zu zehn Fehler pro Segment korrigierbar. Ein Faltungs-Interleaver verändert die Position der einzelnen Bytes, so dass aufeinander folgende Bytes getrennt werden. Burst-Fehler auf dem Übertragungsweg werden vom Empfänger in Einzelfehler zerteilt und können vom Reed-Solomon-Decoder korrigiert



RF FREQUENCY	RF LEVEL	MODULATION	USED BANDWIDTH	C/N	FADING		
474.000 MHz	67.0 dBµV	DVB-T 64QAM	7.507 MHz	OFF	OFF		
DVB-S QPSK	DVB-C QAM	DVB-T COFDM	8VSB	ATSC USB	IN EXTERNAL	PRBS BEFORE TRELLIS	PRBS AFTER TRELLIS
DVB-T COFDM MODULATION		CODER			CODER		
I/Q PHASE ERROR 0 DEG	CARRIER SUPPRESS 0 %	I/Q AMPL. BALANCE 0 %	I/Q NOISE NORMAL	CONSTELLATION 64QAM	NOISE C/N 49.9 dB	NOISE BANDWIDTH 7.6 MHz	
INPUT	DATA RATE 24.082353 MBIT/S	MODE DATA	CODE RATE 3/4	PACKET LENGTH 188 BYTE	SCRAMBLER ON	SYNC. BYTE INV. ON	
REED SOLOMON	CONV. INTERL. ON	BIT INTERL. ON	SYMBOL INTERL. ON				
FADING REGULAR TUSD	DISABLE TO CARRIERS						

Statusmenü

werden. Der Interleaver ist abschaltbar. Es folgt nun der Trelliscoder, der einen weiteren Fehlerschutz darstellt. Nach Interleaver bzw. Trelliscoder werden der Segment Sync sowie der Field Sync eingetastet. Der Mapper ordnet den Symbolen die entsprechenden Amplitudenstufen zu. Im Mapper wird auch der Pilot addiert, welcher vom Empfänger zur Synchronisation verwendet wird. Die Pilotamplitude ist veränder- und abschaltbar. Vor der Modulation muss das Spektrum durch entsprechende Filterung begrenzt werden. Der Roll-off ist dabei fest eingestellt auf  $0,115 (\sqrt{\cos})$ .

### ISDB-T: Codierung und Mapping für Antenne

Der ISDB-T-Coder (Terrestrial Integrated Services Digital Broadcasting) codiert normgerecht im R&S SFQ einen MPEG-2-Datenstrom für die Übertragung im RF-Kanal. Zunächst durchläuft der Transportstrom den Outer-Coder, wo der Reed-Solomon-Code auf jedes Transportstrompaket angewandt wird. Der Empfänger

wird damit in die Lage versetzt, bis zu acht fehlerhafte Bytes in einem Transportstrompaket zu korrigieren.

Der auf diese Weise fehlergeschützte Datenstrom durchläuft einen Splitter, in dem die Transportstrompakete auf die bis zu drei hierarchischen Layer aufgeteilt werden. Das folgende Modul Energy Dispersal addiert eine Pseudo Random Binary Sequence (PRBS) zum Datenstrom, um eine ausreichende Anzahl von binären Wechseln sicherzustellen.

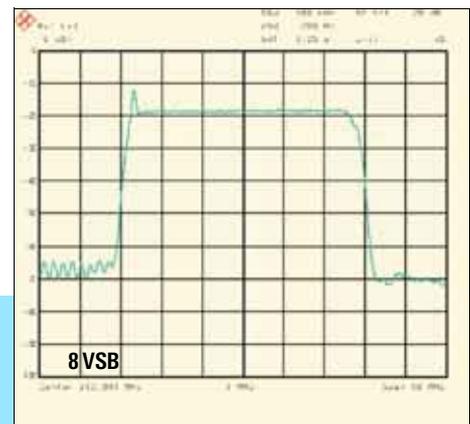
Abhängig von den Übertragungsparametern Modulation und Code Rate ergibt sich durch das bitweise stattfindende Interleaving im Sender und das Deinterleaving im Empfänger eine unterschiedliche Verzögerung des Datenstroms auf den drei Zweigen. Um den Aufwand im Empfänger gering zu halten, wird im Coder ein Delay Adjustment durchgeführt. In diesem Modul werden die drei Datenströme so verzögert, dass spätere Laufzeitunterschiede vorab ausgeglichen werden.

Der bitweise vorgehende Interleaver trennt ursprünglich benachbarte Bytes voneinander und macht das Signal somit robust gegen Burstfehler.

Der Convolutional Coder mit integriertem Punktierer fügt dem Datenstrom weitere Redundanz hinzu, um eine Fehlerkorrektur im Empfänger zu ermöglichen (Viterbi Decoder). Die Coderate kann entsprechend den gewünschten Übertragungseigenschaften des Systems gewählt werden.

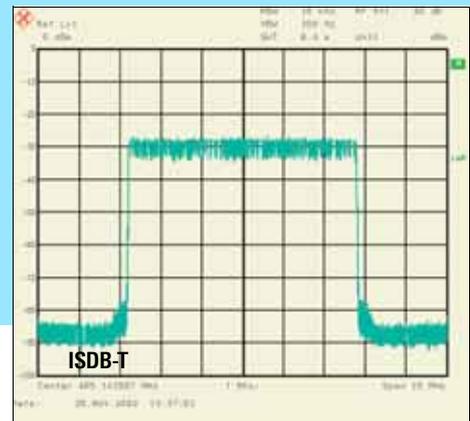
Es folgt die Modulation. Hierzu gehören ein bitweise stattfindendes Interleaving mit Laufzeitausgleich und das Mapping in das Konstellationsdiagramm der Modulation. Mögliche Konstellationen bei ISDB-T sind DQPSK, QPSK, 16QAM und 64QAM. Die Konstellation kann entsprechend den gewünschten Übertragungseigenschaften des Systems gewählt werden. Das bitweise stattfindende Interleaving und der Laufzeitausgleich werden automatisch passend hierzu gewählt.

RF FREQUENCY	RF LEVEL	MODULATION	SYMBOL RATE	C/N	FADING
210.250 MHz	67.0 dBμV	ATSC 8VSB	10.762 MSym/s	OFF	OFF
DUB-S QPSK	DUB-C QAM	DUB-T COFDM	ATSC USB	IO EXTERNAL	PRESEED
ATSC USB MODULATION		CODER			
I/Q PHASE ERROR	0 DEG	INPUT	ASI		
CARRIER SUPPRESS	0 %	DATA RATE	19.393 MBit/s		
I/Q AMPL. BALANCE	0 %	MODE	DATA		
I/Q MODE	NORMAL	ROLL OFF	0.115		
USB LEVEL	8USB	RANDOMIZER	ON		
NOISE C/N	25.0 dB	REED SOLOMON	ON		
NOISE BANDWIDTH	5.4 MHz	INTERLEAVER	ON		
FADING: USER REGULAR TU50		PILOT	ON		
		PILOT VALUE	1.25		
[F2]=EXIT					



### Statusmenüs

RF FREQUENCY	RF LEVEL	MODULATION	USED BANDWIDTH	C/N	FADING
485.142857 MHz	-30.0 dBm	ISDB-T MODE1	5.575 MHz	OFF	OFF
RF FREQUENCY	RF LEVEL	MODULATION	I/Q CODER	PRESEED	SPECIAL
I/Q CODER		LAYER A / 13 SEG(S)	LAYER B / 0 SEG(S)	LAYER C / 0 SEG(S)	
INPUT SELECT	SPI	INPUT DATA RATE: 10.000 MBit/s			
USEFUL DATA RATE MAX	21.298475 MBit/s	0.0000 MBit/s	0.00000 MBit/s		
USEFUL DATA RATE MEASURE	0.000 MBit/s	0.000 MBit/s	0.000 MBit/s		
MODE	DATA	PRBS TS PACKET	PRBS TS PACKET		
CODE RATE	7/8	7/8	7/8		
TIME INTERLEAVING	8	8	8		
ISDB-T MODE	MODE1 (2K)				
GUARD INTERVAL	1/8				
BANDWIDTH	5.575397 MHz				
SPECIAL					
[F2]=STATUS			[F4]=PRESET CODER		



Anschließend erfolgt die Synthese des hierarchischen Datenstroms. Dazu werden die komplexen, gemappten Daten aus jedem der bis zu drei Zweige zu einem seriellen Datenstrom aneinander gehängt.

Nach der Synthese folgt das symbolweise stattfindende Time Interleaving. Es handelt sich hier um einen Intra-segment-Time Interleaver, dessen Tiefe für jeden Layer unabhängig eingestellt werden kann. Auch dem Time Interleaver ist ein Laufzeitausgleich zugeordnet, wiederum mit dem Hintergrund, unterschiedliche Laufzeiten in den Zweigen auszugleichen.

Das folgende Frequency Interleaving verwirft die Daten innerhalb eines OFDM-Symbols, d.h. in der Frequenzebene. Zunächst wirkt ein Intersegment-Interleaver zwischen denjenigen OFDM-Segmenten, die dieselbe Modulation aufweisen. Es folgt ein Intra-segment-Interleaver, der die Daten innerhalb eines Segments rotieren lässt. Zuletzt durchlaufen die Daten einen Intra-segment-Randomizer, der die Daten innerhalb eines Segments an quasi zufällige Positionen verschiebt.

Es folgt die OFDM-Rahmenbildung. Durch Hinzufügen von Pilotträgern werden aus jeweils 204 OFDM-Symbolen Rahmen gebildet. Abhängig vom Mode und der

gewählten Modulation werden an unterschiedlichen Positionen im Datenstrom Pilotträger eingefügt. Außerdem werden TMCC-Träger (Transmission and Multiplexing Configuration Control) und AC-Träger (Auxiliary Channel) hinzugefügt.

Die so erzeugten Daten werden einer inversen Fouriertransformation IFFT unterzogen, um sie vom Frequenzbereich in den Zeitbereich zu überführen, wie es bei der OFDM-Modulation üblich ist. Die Länge der IFFT ist abhängig vom gewählten ISDB-T Mode und kann 2k, 4k bzw. 8k betragen.

Nach der IFFT erfolgt das Einfügen des Guard Intervals. Durch dieses Schutzintervall werden die OFDM-Symbole um einen bestimmten Faktor verlängert (1/4, 1/8, 1/16 oder 1/32). Diese Maßnahme hat positiven Einfluss auf die Empfangseigenschaften bei Mehrwegeausbreitung und mobilem Empfang.

### ITU-T J.83B: Codierung und Mapping für Kabel

Die Symbolrate des Coders und damit äquivalent die Bandbreite des Ausgangssignals lassen sich in einem weiten Bereich von  $\pm 10\%$  der Normsymbolrate verändern.

Werden noch größere Variationen der Symbolrate benötigt, kann dies im Mode TS-Parallel erfolgen, da hier die Symbolrate des Coders unmittelbar der Coder-Eingangsdatenrate folgt. Allerdings kann in einem Bereich außerhalb  $\pm 10\%$  die Einhaltung der Qualitätsdaten nicht mehr gewährleistet werden. Interne Testsequenzen (NULL TS PACKETS, NULL PRBS

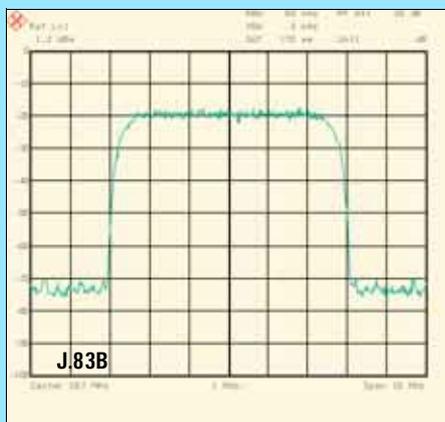
PACKETS, SYNC PRBS) können das eingespeiste Datensignal substituieren und sind hilfreich bei Bitfehlermessungen.

Codierung: Der Coder erwartet einen MPEG-codierten, normgerecht paketierten Eingangsdatenstrom mit einer Länge von 188 Bytes. Ein Syncbyte (47 hex) im Transportstrom trennt dabei die MPEG-codierten Daten in einzelne Pakete und dient dem Empfänger zur Synchronisation.

Das Kabelsystem J83.B führt nun auf Transportstromebene einen zusätzlichen Fehlerschutz ein, indem aus den Inhalten der Transportstrompakete eine gleitende Checksumme berechnet wird, die dann das Syncbyte ersetzt. Das so übertragene Checksummenbyte ermöglicht es dem Empfänger, sowohl eine Synchronisation auf die Pakete als auch eine Fehlererkennung der Paketinhalte durchzuführen. Der sich daran anschließende J83.B-FEC-Layer akzeptiert und transportiert Daten ohne jegliche Protokolleinschränkungen, d.h. Checksummenerzeugung und FEC-Codierung sind vollkommen autark.

Die FEC besteht bei J83.B aus vier Verarbeitungsstufen, die es ermöglichen, Daten zuverlässig via Kabelübertragungskanal zu transportieren. Diese sind:

- ◆ Eine Reed Solomon-Codierung (128, 122) als äußerer Fehlerschutz, die es ermöglicht, bis zu 3 Symbole in einem Reed Solomon-Block zu korrigieren
- ◆ Ein daran anschließender Faltung-Interleaver, der aufeinanderfolgende Symbole gleichmäßig über den Datenstrom verteilt und somit den Datenstrom gegen burstartige Übertragungsstörungen schützt
- ◆ Ein Randomizer, der für gleichmäßige Leistungsdichte im Kanal sorgt
- ◆ Eine Trellis-Codierung als innerer Fehlerschutz, die eine Faltungscodierung der Daten durchführt, gezielt redundante Information in die Symbole einfügt und es somit dem Empfänger



ermöglicht, durch Soft-Decision-Methoden sporadisch aufgetretene Störungen auf dem Übertragungsweg zu erkennen und zu korrigieren

Randomizer, Interleaver und Reed Solomon-Coder sind abschaltbar und bieten damit ein Feature, das sehr hilfreich bei der Entwicklung von Empfängern ist.

Alle in der J83.B-Spezifikation definierten Interleavermodi sind implementiert (Level 1 und Level 2) und ermöglichen es, das System an unterschiedliche Übertragungsbedingungen flexibel anzupassen.

FEC-Frame: Bei 64QAM wird nach 60 Reed Solomon-Paketen ein sogenannter Frame Sync-Trailer eingetastet und damit ein FEC-Frame gebildet (nach 88 Reed Solomon-Paketen bei 256QAM). Der Frame Sync-Trailer besteht aus einem Synchronwort und überträgt Information über die aktuelle Interleaverkonfiguration. Der Trailer wird unmittelbar vor dem Trellis-Coder eingefügt und dient dem Empfänger zur FEC-Synchronisation und zur Auswertung des Interleavermodus.

Der Trellis-Coder für 64QAM führt eine Differenzcodierung der Eingangsdaten und eine Faltungscodierung mit einer Punktierung von 4/5 durch. Die Gesamt-Coderate beträgt 14/15, d.h. aus 14 Eingangsbits erzeugt der Trellis-Coder 15 Ausgangsbits. Die Ausgangswortbreite des Trellis-Coders beträgt 6 bit entsprechend der Wertigkeit von 6 bei 64QAM und dient als Eingang in den Mapper, der die vom Trellis-Coder geformten Symbole in Konstellationspunkte umsetzt. Der Trailer wird vom Trellis-Coder wie normale FEC-Daten mitcodiert und belegt aufgrund seiner Länge alle Bitpositionen in einer Trellisgruppe.

Der Differenzcoder/Convolutional Encoder im Trellisblock für 256QAM ist identisch zum 64QAM Trellis-Coder, erzeugt aber

eine Gesamt-Coderate von 19/20. Der Trailer wird hier im Gegensatz zu 64QAM nur in die differenzcodierten Bitpositionen einer Trellisgruppe eingefügt und aufgrund seiner Länge in fünf sogenannten Sync-Trellis-Gruppen übertragen. Die Ausgangswortbreite ist 8 bit entsprechend der Anzahl von 256 Konstellationspunkten.

Nach dem Mapper und vor der eigentlichen Modulation wird das Ausgangsspektrum durch ein  $\sqrt{\cos}$ -Roll-off-Filter auf das 6 MHz-Kanalraster bandbegrenzt. Der Roll-off beträgt normgerecht bei 64QAM 0.18 und bei 256QAM 0.12.

## Input Interface

Die Option Input Interface stellt zu dem im Grundgerät eingebauten Eingang TS PARALLEL mit LVDS-Format (Low Voltage Differential Signalling) zwei neue Eingänge zur Verfügung: SPI (Synchronous Parallel Interface) und ASI (Asynchronous Serial Interface). Bei ATSC/8VSB und J83.B ist auch ein SMPTE310M-Eingang verfügbar.

SPI- und ASI-Eingänge erlauben die Einstellung der Symbolrate unabhängig von der Eingangsdatenrate bzw. machen die Eingangsdatenrate unabhängig von der Symbolrate bzw. der Kanalbandbreite. Dazu werden zunächst alle Nullpakete entfernt. Die für eine bestimmte Symbolrate bzw. Bandbreite notwendige Datenrate wird durch Stuffing erreicht, das heißt durch das Einfügen neuer Nullpakete. Die PCR-Werte (Program Clock Reference) werden angepasst. Ein eingebauter Synthesizer sorgt bei allen Eingängen für präzisen Datentakt. Ist die Synchronisation mit einem Empfänger gefordert, kann statt des internen Taktes bei ASI und SPI ein externer Takt angelegt werden.

## Fadingsimulation

Um Empfänger zu testen, ist es notwendig, möglichst alle vorkommenden Übertragungsrealitäten reproduzierbar zu simulieren. Dafür steht neben dem Rauschgenerator der Fading Simulator zur Verfügung. Der Fading Simulator ist unver-

RF FREQUENCY	RF LEVEL	MODULATION	SYMBOLRATE	C/N	FADING
1750.000 MHz	-30.0 dBm	DVB-S 8PSK	45.000 MSym/s	OFF	OFF

RF FREQUENCY	RF LEVEL	MODULATION	I/Q CODER	RESERVED	SPECIAL
I/Q CODER		EDIT (INFO)		MEASURE	
INPUT SELECT	→	ASI			
INPUT DATA RATE	→	(MAX. 103.676 MBit/s)	19.393 MBit/s		
USEFUL DATA RATE	→	45.000 MSym/s	4.556 MBit/s		
SYMBOL RATE	→				
MODE	→	DATA			
CODE RATE	→	5/6			
ROLL OFF	→	0.35			
SPECIAL	→				

Typisches Bedienmenü

SETUP						
HARDWARE	INFO	TIME/DATE	COMMUNICATION	PRESET	CHANNEL TABLE	FADING PARAMETER
REGULAR TU50						
PATH STATE	ON	ON	ON	ON	ON	ON
PROFILE	RAYLEIGH	RAYLEIGH	RAYLEIGH	RAYLEIGH	RAYLEIGH	RAYLEIGH
PATH LOSS	3.0 dB	0.0 dB	2.0 dB	6.0 dB	8.0 dB	10.0 dB
DELAY	0.50 µs	0.20 µs	0.50 µs	1.60 µs	2.30 µs	5.00 µs
SPEED	13.9 m/s	13.9 m/s	13.9 m/s	13.9 m/s	13.9 m/s	13.9 m/s
DOPPLER FREQUENCY	22.0 Hz	22.0 Hz	22.0 Hz	22.0 Hz	22.0 Hz	22.0 Hz
PHASE	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
DISCREET COMPONENT	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
POWER RATIO	10 dB	10 dB	10 dB	10 dB	10 dB	10 dB
FREQUENCY RATIO	10	10	10	10	10	10

Einstellmenü für Fading: Regular TU50 (d.h.: Typical Urban, 50 km/h, 6-Pfad)

zichtbar für die reproduzierbare Nachbildung terrestrischer – und hier besonders mobiler – Empfangsverhältnisse, er kann aber auch bei QAM und QPSK (bis 14 MHz HF-Bandbreite) eingesetzt werden, beispielsweise zur Simulation von Reflexionen. Dazu durchläuft das Signal zunächst bis zu 6 oder 12 verschiedene, parallele Simulationspfade und wird vor dem Modulator wieder zusammengeführt. Jeder eingeschaltete Pfad beeinflusst das Signal vollkommen unabhängig und unsynchronisiert von den anderen.

Für jeden Pfad können Dämpfung und Verzögerung individuell eingestellt und zusätzlich ein Profil ausgewählt werden. Es stehen verschiedene Profile zur Verfügung. Mit Hilfe des Profils „Constant Phase“ sind extrem kurze Verzögerungen realisierbar. Das Profil „Pure Doppler“ eignet sich zur Simulation des mobilen Empfangs. Mobiler Empfang ist gegeben, wenn sich der Empfänger bewegt, aber auch wenn das Signal an einem bewegten Objekt reflektiert wird. Dafür ist eine große Variation der angenommenen Geschwindigkeit vorgesehen. Zusätzlich kann die Bewegungsrichtung, bezogen auf den Sendestandort, definiert werden. Um komplexe Situationen reproduzierbar nachzubilden zu können, wurden spezielle

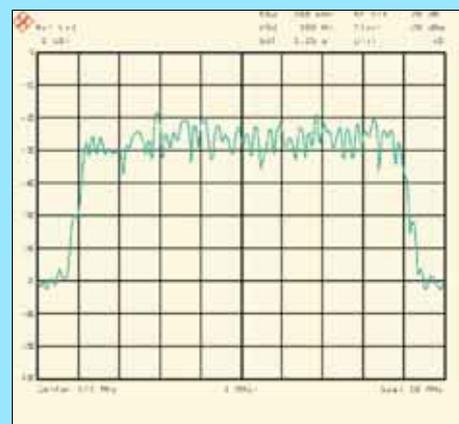
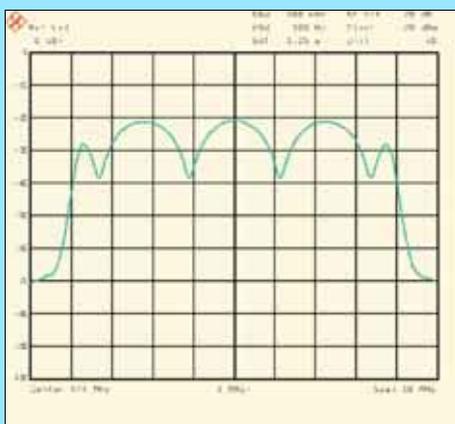
Profile entwickelt. Sie beruhen auf dem WSSUS-(Wide Sense Stationary Uncorrelated Scattering-)Modell und werden von den entsprechenden Gremien für DVB und DAB empfohlen (MOTIVATE, COST 207, EUREKA 147). „Rayleigh Fading“ bildet ein Funkfeld nach, in dem viele stark gestreute Teilwellen gleichverteilt aus allen Richtungen auf den Mobilempfänger treffen. „Rice Fading“ simuliert das gleiche Verhalten wie „Rayleigh Fading“, sieht aber zusätzlich eine einstellbare diskrete Komponente vor, die einen direkten Empfangsweg beschreibt. „Log Normal Fading“ kann eine langsame Schwankung der Empfangsamplitude vortäuschen; zusammen mit „Rayleigh Fading“ entsteht „Suzuki Fading“.

Ein komplettes Kanalsimulationsmodell erfordert die Einstellung sehr vieler Parameter für 6 bzw. 12 Pfade: pro Pfad Ein/Aus, Profil, Dämpfung, Verzögerung, Geschwindigkeit/Dopplerfrequenz, Richtung, diskrete Komponente, Lokalkonstante für Log Normal. Damit vergleichbare, reproduzierbare Messungen gemacht werden können, werden von internationalen Gremien feste Kanalmodelle empfohlen.

Beispiele sind Typical Urban, Rural Area, Hilly Terrain, Difficult RA250 (Difficult Rural Area, 250 km/h). Die empfohlenen oder häufig benutzten Kanalmodelle stehen vordefiniert zur Verfügung und können somit einfach verwendet werden. Sie sind aber in allen Parametern veränderbar und der Aufgabe anpassbar.

Nach dem Fadingsimulator werden alle Pfade für die Modulation zusammengeführt. Die Simulation kann die HF-Leistung deutlich verändern. Je nach Einstellung des Parameters FADING POWER (MULTIPATH oder MAIN) wird am SFQ die Summe der Leistungen aller beteiligten Pfade oder die Leistung des Hauptpfades angezeigt. Die C/N-Einstellung erfolgt entsprechend den beiden Leistungsmodellen.

Bei verschiedenen Phasenlagen kann es zur Reduzierung durch Auslöschung kommen, häufiger ist eine Leistungserhöhung durch die Addition der Pfade. Der maximale HF-Pegel ist deswegen bei eingeschaltetem Fadingsimulator reduziert, damit keine Übersteuerungseffekte auftreten.

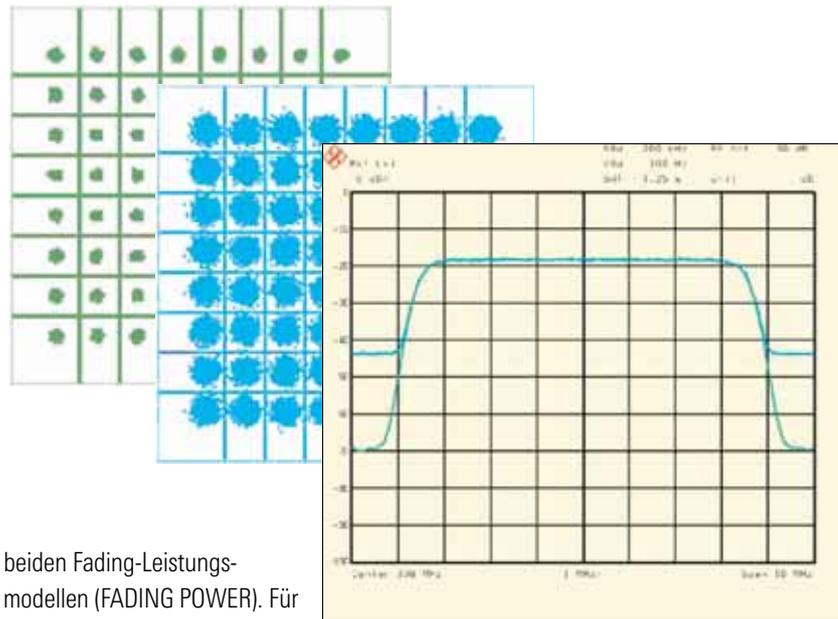


**DVB-T-Spektrum mit Constant Phase (Phase 0 Grad, Delay 0 µs/0,45 µs, 2 Pfade) und mit Fading Regular TU50 (Typical Urban, 50 km/h, 6 Pfade)**

## Rauschgenerator

Der Rauschgenerator erzeugt breitbandiges weißes Rauschen, dessen Amplitudenverteilung gaußförmig verläuft. Die Leistungsdichte des Rauschsignals ist indirekt als Carrier-to-Noise-Verhältnis (C/N) einstellbar.

Das ist äußerst komfortabel, da nach Wahl der Empfängerbandbreite des Demodulators sofort das C/N-Verhältnis in dB eingegeben werden kann. Die Empfängerbandbreite wird passend zur Symbolrate eingestellt, ist aber auch modifizierbar. Damit lassen sich mit dem R&S SFQ gezielt realitätsnahe Störungen im Übertragungsweg zum Empfänger – über Satellit, Kabel oder Antenne – nachbilden. Die C/N-Einstellung erfolgt bei Fading entsprechend den

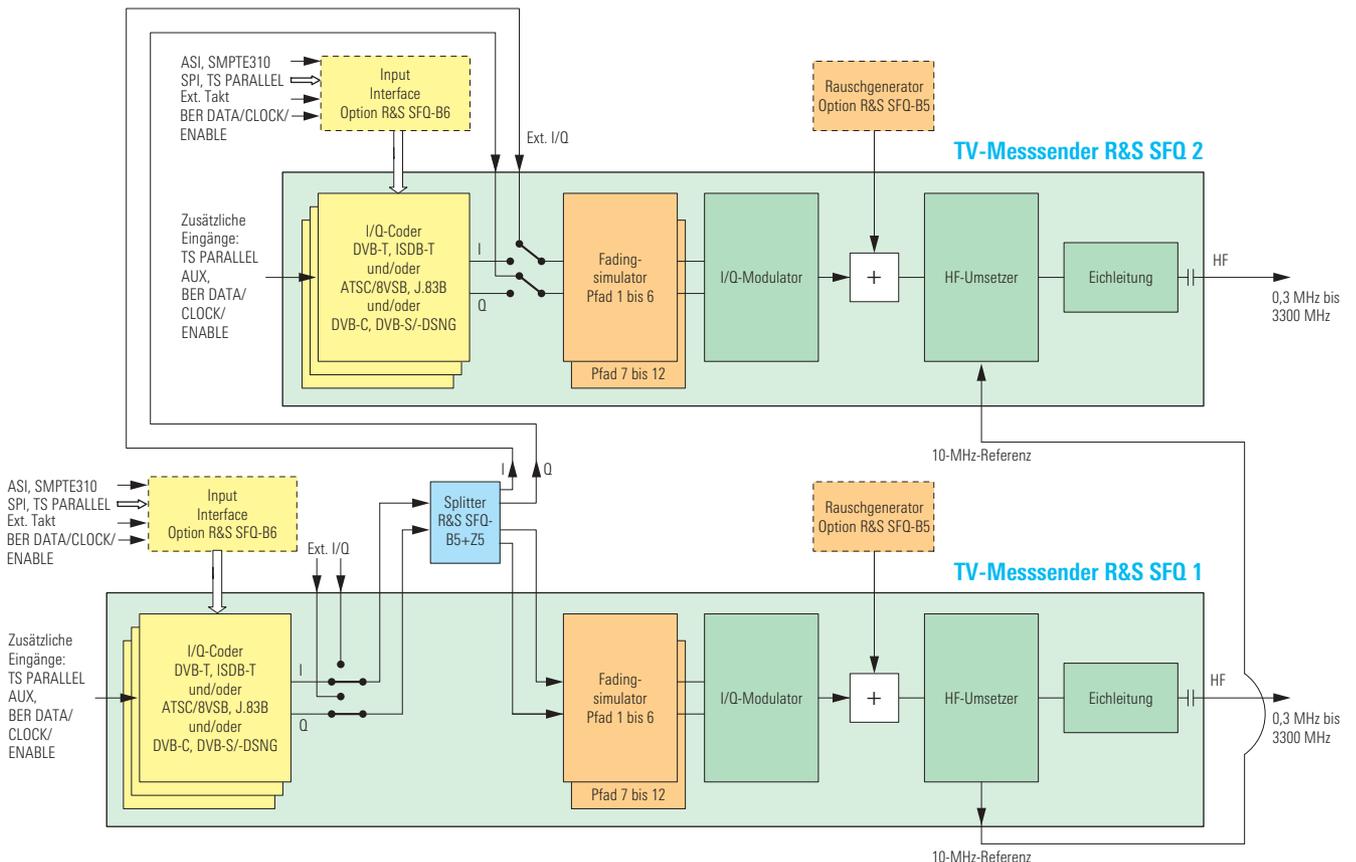


beiden Fading-Leistungsmodellen (FADING POWER). Für hohe Genauigkeiten sorgt eine interne C/N-Kalibrierung für jede Modulationsart.

**DVB-C-Spektrum ohne und mit Rauschen (24 dB C/N), zugehörige I/Q-Konstellationen**

### Prinzipschaltung mit zwei R&S SFQ und Kabelsatz Z5 zur Erzeugung von Diversity-Signalen

- RF-Frequenz über 10 MHz verdoppelt
- Gleiches Fadingprofil, aber unkorreliert
- Unkorrelierte Rauschgeneratoren für jeden Empfangsweig
- Kaskadierbar für mehrere Diversity-Signale



## Diversity-Simulation

Beim Testen von Diversity-Empfängern muss jeder Antenne des Empfängers ein eigenes HF-Empfangssignal angeboten werden. Die Empfangssignale müssen dabei das gleiche MPEG-Signal führen,

die HF muss verkoppelt sein. Die Störsignale (Rauschen, Fading) dürfen aber keine Korrelation zeigen; dies lässt sich nur mit je einem SFQ pro Antenne realisieren. Dabei wird nur ein MPEG2-TS verwendet, die HF wird fest verkoppelt (vgl. nebenstehendes Blockschaltbild). Auf

dem Rauschgenerator ist für diese Anwendung der zur Kaskadierung notwendige Splitter vorgesehen, welcher durch Einbau des Zubehörs R&S SFQ-Z5 aktiviert werden kann.

## BER-Messung

Die interne Bitfehlerratenmesseinrichtung gestattet die Messung der BER an Empfängern ohne externes Equipment. Die demodulierten Datenströme werden dem R&S SFQ hierbei wieder zugeführt.

Es kann zwischen den seriellen Eingängen für DATA, CLOCK (BNC-Buchsen, TTL-Pegel, 75  $\Omega$ ) und dem parallelen Eingang für MPEG-Signale (Sub-D- Buchse, LVDS-Pegel) gewählt werden. Die Bitfehlerratenmessung ist in der Funktion unabhängig von anderen Einstellungen des R&S SFQ und bei allen digitalen Modulationsverfahren anwendbar. Die Anzeige der aktuellen Bitfehlerrate ist ständig sichtbar.

Nach ITU-T Rec.0151 kann eine PRBS  $2^{23}-1$  oder eine PRBS  $2^{15}-1$  ausgewählt und ausgewertet werden. Diese gewährleistet die Synchronisation des Empfängers;

Messungen sind in einem sehr weiten Bitfehlerratenbereich möglich.

Seriell ist z.B. die Bitfehlerratenmessung nach dem Demapper durchführbar. Für parallele Messungen an Übertragungssystemen von MPEG2-Signalen wird der R&S SFQ auf NULL PRBS PACKET eingestellt. Damit lässt sich z.B. die Bitfehlerratenmessung vor dem Reed-Solomon-Decoder durchführen. Die Bestimmung der

Bitfehlerrate von Set-Top-Boxen kann hierbei mit Hilfe einer Adapterkarte für das Common-Interface ( R&S SFQ-Z17) erfolgen.

Die Bitfehlerratenmesseinrichtung selbst befindet sich auf dem INPUT INTERFACE (Variante >02) bzw. auf der DVB-T-Coder-Baugruppe, d.h mindestens eine dieser beiden Baugruppen muss installiert sein.

RF FREQUENCY	RF LEVEL	MODULATION	USED BANDWIDTH	C/N	FADING
474.000 MHz	-30.0 dBm	DVB-T 64QAM	7.607 MHz	OFF	OFF
RF: 8.52E-07 (2610 / 10K)					
RF FREQUENCY	RF LEVEL	MODULATION	I/Q CODER	FADEING	SPECIAL
SPECIAL		BER INPUT	PARALLEL		
SWEEP START/STOP →					
SWEEP CENTER/SPAN →					
BER MEASUREMENT		ON			
BER		8.52E-07 (2610 / 10K)			
▶ BER INPUT		PARALLEL	▶ MODE		
PRBS INVERTED					
▶ NULL PRBS PACKET					
PID F. FOR PRBS PACKET					
F2=STATUS					

**BER-Einstellmenü**

## I/Q-Modulation

Im I/Q-Modulator werden die orthogonalen I- und Q-Komponenten des HF-Signals mit den vom Coder kommenden Analogsignalen I und Q in Amplitude und Phase gesteuert. Aus der Addition beider HF-Komponenten resultiert ein in Amplitude und Phase beliebig modulierte Ausgangssignal. Beim

R&S SFQ ist die I- und Q-Zuordnung vertauschbar, was eine Spiegelung des HF-Signals (Kehrlage) bewirkt. An den I/Q-Modulator werden speziell für höherwertige Quadratur-Amplitudenmodulationen hohe Anforderungen gestellt. Die interne Kalibrierung des R&S SFQ sorgt dafür, dass die I- und Q-Zweige gleich große Verstärkung haben, die Pha-

senlage exakt 90° und die Trägerunterdrückung mindestens 50 dB beträgt. Nicht ideales Verhalten eines I/Q-Modulators kann im R&S SFQ durch gezieltes Verstellen von Amplitude, Phase und Trägerrest simuliert werden. Bitfehler sind dann die Folge, die eine Qualitätsbeurteilung von Empfangsgeräten oder Demodulatoren gestatten.

## Technische Daten Grundgerät

Frequenz (Hauptträger)	
Bereich	0,3 MHz...3,3 GHz
Auflösung	1 Hz
Genauigkeit	siehe Referenzfrequenz

Referenzfrequenz	
Fehler	$< \pm 1 \cdot 10^{-6}$
Alterung (nach 30 Tagen Betrieb)	$1 \cdot 10^{-9}$ /Jahr
Temperatureinfluss (0°C...55°C)	$2 \cdot 10^{-6}$
Ausgang interne Referenzfrequenz	10 MHz
Pegel ( $U_{eff}$ EMK, Sinus)	1 V
Eingang für externe Referenz	
Frequenz	5 MHz oder 10 MHz
Zulässige Frequenzabweichung	$3 \cdot 10^{-6}$
Eingangspegel ( $U_{eff}$ )	0,1 V...2 V
Eingangswiderstand	200 $\Omega$

Spektrale Reinheit	
Störsignale	
Harmonische (bis 5 GHz)	$< -30$ dBc
Nichtharmonische	
bei CW	$< -70$ dBc
bei I/Q-Modulation	$< -56$ dBc (Bezug: CW)
Einseitenbandphasenrauschen	gemessen bei 750 MHz, CW, 1 Hz Bandbreite
Trägerabstand	
1,1 kHz	$-85$ dB
2,2 kHz	$-89$ dB
3,4 kHz	$-94$ dB
4,5 kHz	$-98$ dB
8,9 kHz	$-104$ dB
13,4 kHz	$-103$ dB
20 kHz	$< -108$ dB
Störhub effektiv ( $f = 1$ GHz), 0,3 kHz...3 kHz (ITU-T)	$< 8$ Hz

Pegel		
Bereich	CW	$-99,9$ dBm... $+13$ dBm
	DVB-T	$-99,9$ dBm... $+6$ dBm
	ATSC/8VSB	$-99,9$ dBm... $+3$ dBm
	ISDB-T	$-99,9$ dBm... $+4$ dBm
	DVB-C/DVB-S	$-99,9$ dBm... $+7$ dBm
	J.83B	$-99,9$ dBm... $+2$ dBm
	Mit Fading	siehe R&S SFQ-B11
Auflösung		0,1 dB
Gesamtfehler für Pegel		$< \pm 1,5$ dB
Frequenzgang bei 0 dBm		$< 1$ dB, typ. $< 0,5$ dB
Ausgangswiderstand		50 $\Omega$
VSWR		
HF-Pegel	3 dBm...0 dBm	$< 2$
	$< 0$ dBm... $-99$ dBm	$< 1,4$
HF-Ausgang		mit DC-Block (max. 50 V DC)
Unterbrechungsfreie PegelEinstellung		über 15 dB in einem frei wählbaren Pegelbereich
Überspannungsschutz		Schutz vor extern eingespeister HF-Leistung

Externer I/Q-Eingang	
(Option I/Q-Ausgang/Eingang siehe Seite 16)	
Modulationseingänge für I- und Q-Einspeisung	
Eingangswiderstand	50 $\Omega$
VSWR (DC...30 MHz)	$< 1,4$
Eingangsspannung für Vollaussteuerung	$(I^2 + Q^2)^{1/2} = 0,5$ V (1 V EMK, 50 $\Omega$ )
Pegelkorrektur für Soll-RF-Ausgangspegel	0 dB...40 dB
Anschluss	BNC-Buchsen

I/Q-Modulation <sup>1)</sup>	
Modulationsfrequenzgang	
DC...3,5 MHz	
HF = 0,3 MHz...1000 MHz	$< \pm 0,2$ dB
HF = 0,3 MHz...3300 MHz	$< \pm 0,3$ dB

DC...17,5 MHz,	
HF = 0,3 MHz...3300 MHz	$< \pm 0,8$ dB
DC...22,5 MHz,	
HF = 0,3 MHz...3300 MHz	$< \pm 1$ dB
Trägerrest bei 0 V Eingangsspannung, bezogen auf Vollaussteuerung	$< -50$ dBc (nach I/Q-Kalibrierung im Setup-Menü) mit Fading: siehe Option R&S SFQ-B11
Trägerrest	
Einstellbereich	0%...50%
Auflösung	0,1%
I/Q-Amplitude (Imbalance)	
Einstellbereich	$-25\%$ ... $+25\%$
Auflösung	0,1%
Quadraturoffset (Phasenfehler)	
Einstellbereich	$-10^\circ$ ... $+10^\circ$
Auflösung	0,1°

Dateneingang für MPEG2-Datenstrom	
Eingang TS PARALLEL	synchron parallel (ohne Stuffing), LVDS
Eigenschaften	entspr. EN50083-9
Eingangswiderstand	100 $\Omega$
Eingangsspegel ( $U_{ss}$ )	100 mV...2 V
Anschluss	25-polige Buchse, geschirmt
Symbolrate (DVB-C, DVB-S)	
Genauigkeit	
mit externem MPEG-Signal	synchronisiert mit eingespeistem MPEG-Signal
ohne externes MPEG-Signal	s. Option Input Interface (R&S SFQ-B6)
ASI (Eingang asynchron seriell, mit Stuffing)	s. Option Input Interface
SPI (Eingang synchron parallel, mit Stuffing)	s. Option Input Interface
SMPT E (Eingang synchron seriell)	s. Option Input Interface

<sup>1)</sup> Angabe gilt nach einer Warmlaufzeit von 1 Stunde und Neukalibrierung für eine Betriebszeit von 4 Stunden und Temperaturänderungen kleiner als 5°.

## Technische Daten DVB/8VSB/ISDB-T/J.83B

Input Interface	Option R&S SFQ-B6
Eingang SPI	synchron parallel (mit Stuffing), LVDS
Eigenschaften	entspr. EN50083-9
Eingangswiderstand	100 $\Omega$
Eingangsspegel ( $U_{ss}$ )	100 mV...2 V
Anschluss	25-polige Buchse, geschirmt
Eingang ASI	asynchron seriell, mit Stuffing
Eigenschaften	entspr. EN50083-9
Eingangswiderstand	75 $\Omega$
Eingangsspegel ( $U_{ss}$ )	200 mV...880 mV
Anschluss	BNC-Buchse
Eingangssignal	270 Mbit
Stuffing Bytes	Single Byte und Block Mode
Eingang SMPT E310	synchron seriell (nur mit ATSC/8VSB-Coder aktiv)
Eigenschaften	entspricht SMPT E310M
Eingangswiderstand	75 $\Omega$
Eingangsspegel ( $U_{ss}$ )	400 mV...880 mV
Anschluss	BNC-Buchse
Datenrate	19,392658 Mbit/s
Symbolrate (SPI, ASI)	einstellbar durch Einfügen von Null-PRBS-Packets (Stuffing)
Fehler interner Datentakt	$< \pm 1 \cdot 10^{-5}$
Externer Takt	umschaltbar zwischen Bit- und Byte-Takt
Signal, Pegel	TTL
Eingangswiderstand	hochohmig
Anschluss	BNC-Buchse
Interner Transportstrom	Null-Transportpakete mit PRBS als Payload (PRBS: $2^{23}-1/2^{15}-1$ nach ITU-T Rec. O.151)

<b>DVB-T-Coder</b>	<b>Option R&amp;S SFQ-B10</b>
Eigenschaften	entspr. EN 300 744
Eingang	TS PARALLEL; mit R&S SFQ-B6: ASI, SPI
Mode	
DATA	MPEG-Eingangssignal mit Synchronisierung auf die Eingangsdatenrate
NULL TS PACKET	Null-Transportpakete nach Definition in „Measurement Guidelines for DVB Systems“
NULL PRBS PACKET	Null-Transportpakete mit PRBS (PRBS: $2^{23}-1/2^{15}-1$ nach ITU-T Rec. 0.151)
PRBS vor Convolutional Encoder	$2^{23}-1/2^{15}-1$ nach ITU-T Rec. 0.151
PRBS nach Convolutional Encoder	$2^{23}-1/2^{15}-1$ nach ITU-T Rec. 0.151
PRBS vor Mapper	$2^{23}-1/2^{15}-1$ nach ITU-T Rec. 0.151
Spezialfunktionen	Scrambler, Sync-Byte-Inversion, Reed-Solomon, Convolutional Interleaver, Bit-Interleaver, Symbol-Interleaver; abschaltbar
Bandbreite	6 MHz, 7 MHz, 8 MHz (einstellbar für variable Bandbreite: 5,164 MHz...7,962 MHz)
Konstellation	QPSK, 16QAM, 64QAM
Coderate	$1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8$
Guardintervall	$1/4, 1/8, 1/16, 1/32, \text{OFF}$
FFT-Mode	2k- und 8k-COFDM
Trägermodifikation	Abschalten von Trägern, Trägergruppen, Modulation für Trägergruppen nachrüstbar (s. Option R&S SFQ-B16)
Hierarchische Codierung	

<b>DVB-T/Hierarchische Codierung</b>	<b>Option R&amp;S SFQ-B16</b>
R&S SFQ-B16 nur zusammen mit Option	R&S SFQ-B10
Eigenschaften	entspr. EN 300 744
AUX-Eingang	TS PARALLEL oder SPI (parallel, mit Stuffing); umschaltbar
Zuordnung	wahlweise dem High-Priority-Zweig oder dem Low-Priority-Zweig
Mode	für High- und Low-Priority-Zweig
DATA	MPEG-Eingangssignal
NULL TS PACKET	Null-Transportpakete nach Definition in „Measurement Guidelines for DVB Systems“
NULL PRBS PACKET	Null-Transportpakete (PRBS: $2^{23}-1/2^{15}-1$ nach ITU-T Rec. 0.151)
PRBS vor Convolutional Encoder	$2^{23}-1/2^{15}-1$ nach ITU-T Rec. 0.151
PRBS nach Convolutional Encoder	$2^{23}-1/2^{15}-1$ nach ITU-T Rec. 0.151
PRBS vor Mapper	$2^{23}-1/2^{15}-1$ nach ITU-T Rec. 0.151
Spezialfunktionen	Scrambler, Sync-Byte-Inversion, Reed-Solomon, Convolutional Interleaver, Bit-Interleaver, Symbol-Interleaver; abschaltbar

<b>ATSC/8VSB-Coder</b>	<b>Option R&amp;S SFQ-B12 (-B8)</b>
Eigenschaften	entspr. ATSC Doc. A/53 (8VSB)
Frequenzeinstellung	Pilotfrequenz, Centerfrequenz, Kanaltabellen
Eingangsdatenrate	19,392658 Mbit/s
Bereich	$\pm 10\%$ (größerer Bereich mit Option R&S SFQ-B6)
Eingang	LVDS, mit R&S SFQ-B6: ASI, SPI, SMPTE310
Mode	
DATA	MPEG-Eingangssignal mit Synchronisierung auf die Eingangsdatenrate
NULL TS PACKET	Null-Transportpakete nach Definition in „Measurement Guidelines for DVB Systems“
NULL PRBS PACKET	Null-Transportpakete (PRBS: $2^{23}-1/2^{15}-1$ nach ITU-T Rec. 0.151)
SYNC PRBS	Sync-Byte mit 187 Byte PRBS Payload
PRBS vor Trellis	$2^{23}-1/2^{15}-1$ nach ITU-T Rec. 0.151
PRBS nach Trellis	$2^{23}-1/2^{15}-1$ nach ITU-T Rec. 0.151
Symbolrate	10,762 MSymb/s
Bereich	$\pm 10\%$

Bandbreite	6 MHz
Bereich	$\pm 10\%$
VSB Level	8VSB
Pilot	1,25, abschaltbar
Bereich	0...5 in Stufen von 0,125
Impulsfilterung (Wurzel Cosinus)	0,115 Roll-off
Spezialfunktionen	Randomizer, Interleaver; abschaltbar
Fehlersimulation	einstellbar: Carrier-Suppression, I/Q-Imbalance; I/Q-Phasenfehler

<b>ISDB-T-Coder</b>	<b>Option R&amp;S SFQ-B26</b>
Eigenschaften	entspr. ARIB STD-B31, V1.0
Eingang	TS PARALLEL + AUX und SPI mit R&S SFQ-B6: ASI
Mode	
DATA	PRBS: $2^{23}-1/2^{15}-1$ nach ITU-T Rec. 0.151
NULL TS PACKET	PRBS: $2^{23}-1/2^{15}-1$ nach ITU-T Rec. 0.151
PRBS TS PACKET	PRBS: $2^{23}-1/2^{15}-1$ nach ITU-T Rec. 0.151
PRBS vor Convolutional Encoder	PRBS: $2^{23}-1/2^{15}-1$ nach ITU-T Rec. 0.151
PRBS nach Convolutional Encoder	PRBS: $2^{23}-1/2^{15}-1$ nach ITU-T Rec. 0.151
Spezialfunktionen	Scrambler, Reed-Solomon, Byte-Interleaver, Frequenz-Interleaver, Alert Broadcasting Flag abschaltbar
Bandbreite	5,57 MHz $\pm 1\%$
Träger	die Modulation der Data- SP-, CP-, TMCC und AC-Träger und die Träger selbst sind abschaltbar
Segmente	alle Träger eines Segments abschaltbar
ISDB-T-Mode	Mode 1 (2K), Mode 2 (4K), Mode 3 (8K)
Anzahl der Layer	maximal 3 Layer (A, B, C)
Anzahl der Segmente	einstellbar für jeden Layer
Modulationsart	DQPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM
Coderate	$1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8$
Guard Intervall	$1/4, 1/8, 1/16, 1/32, \text{OFF}$
Time Interleaving	0, 1, 2, 4, 8, 16 (einstellbar abhängig vom ISDB-T-Mode)
AC Information	PRBS, alle Bits = 1
Spectrum Mask	entsprechend ISDB-T Spezifikationen

<b>DVB-C-Coder</b>	<b>Option R&amp;S SFQ-B21 (-B22)</b>
Eigenschaften	entspr. EN 300 429
Modulationsart	16QAM, 32QAM, 64QAM, 128QAM, 256QAM
Symbolraten	0,1...8 MSymb/s einstellbar
Impulsfilterung	Wurzel Cosinus Roll-off, $\alpha=0.15$ Roll-off variabel (0,1...0,2)
Energy Dispersal	abschaltbar
Reed Solomon Coder (204,188, t=8)	abschaltbar
Convolutional Interleaver	abschaltbar
Mode	
DATA	MPEG2-Eingangssignal (ohne Eingangssignal automatische Umschaltung auf PRBS bei TS PARALLEL, Stuffing bei ASI, SPI)
NULL TS PACKET	Nullpakete (PID=1FFF, payload=0)
NULL PRBS PACKET	Nullpakete (PID=1FFF, payload=PRBS, $2^{15}-1/2^{23}-1$ nach ITU-T Rec. 0.151)
PRBS vor Mapper	$2^{15}-1/2^{23}-1$ nach ITU-T Rec. 0.151

<b>J.83B-Coder</b>	<b>Option R&amp;S SFQ-B13 (-B9)</b>
Option R&S SFQ-B13 ist nur zusammen	mit Option R&S SFQ-B6 verwendbar
Eigenschaften	entsprechend ITU-T J.83B
Eingangsdatenrate (nominal, Bereich entsprechend Symbolrate)	26,970 Mbit/s für 64QAM, 38,8107 Mbit/s für 256QAM
Eingang	LVDS, ASI, SPI, SMPTE310
Mode	
DATA	Eingangssignal mit Synchronisation auf die Eingangsdatenrate
NULL TS PACKET	Null-Transportpakete
NULL PRBS PACKET	Null-Transportpakete (PRBS: $2^{23}-1/2^{15}-1$ nach ITU-T Rec. 0.151)
SYNC PRBS	Sync-Byte mit 187 Byte PRBS Payload
PRBS vor Trellis	PRBS: $2^{23}-1/2^{15}-1$ nach ITU-T Rec. 0.151
PRBS nach Trellis	PRBS: $2^{23}-1/2^{15}-1$ nach ITU-T Rec. 0.151

Symbolrate	5,0569 MS/s für 64QAM, 5,360 MS/s für 256QAM
Bereich	±10 %
Bandbreite	6 MHz
Impulsfilterung (Wurzel Cosinus)	0,18 (64QAM), 0,12 (256QAM) Roll-off
Data Interleaver	Level 1 und Level 2; abschaltbar
Spezialfunktionen	Randomizer, Reed Solomon Encoder; abschaltbar
Fehlersimulation	einstellbar: Carrier-Suppression, I/Q-Imbalance, I/Q-Phasenfehler

<b>DVB-S/-DSNG-Coder</b>	<b>Option R&amp;S SFQ-B23 (-B24)</b>
Nicht zusammen mit Option R&S SFQ-B6 Var. 02, R&S SFQ-B6 Var. 03 empfohlen	
Eigenschaften	entspr. EN 300 421/EN 301 210
Modulationsart	QPSK, 8PSK, 16QAM
Coderate	QPSK: $1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8$ 8PSK: $2/3, 5/6, 8/9$ 16QAM: $3/4, 7/8$
Symbolraten	0,1...80 MS/s einstellbar
Impulsfilterung	Wurzel Cosinus Roll-off, $\alpha=0.35$ Roll-off variabel (0,25...0,45)
Energy Dispersal	abschaltbar
Reed Solomon Coder (204,188, t=8)	abschaltbar
Convolutional Interleaver	abschaltbar
Convolutional Encoder	abschaltbar
Mode	
DATA	MPEG2-Eingangssignal (ohne Eingangssignal automatische Umschaltung auf PRBS bei TS PARALLEL, Stuffing bei ASI, SPI)
NULL TS PACKET	Nullpakete (PID=1FFF, payload=0)
NULL PRBS PACKET	Nullpakete (PID=1FFF, payload=PRBS, $2^{15}-1/2^{23}-1$ nach ITU-T Rec.0.151)
PRBS vor Convolutional Encoder	$2^{15}-1/2^{23}-1$ nach ITU-T Rec.0.151

<b>Turbo-Codierung</b>	<b>Option R&amp;S SFQ-B25</b>
Coderate	QPSK-Turbo: $2/3, 3/4$ 8PSK-Turbo: $1/2, 2/3, 3/4, 8/9$

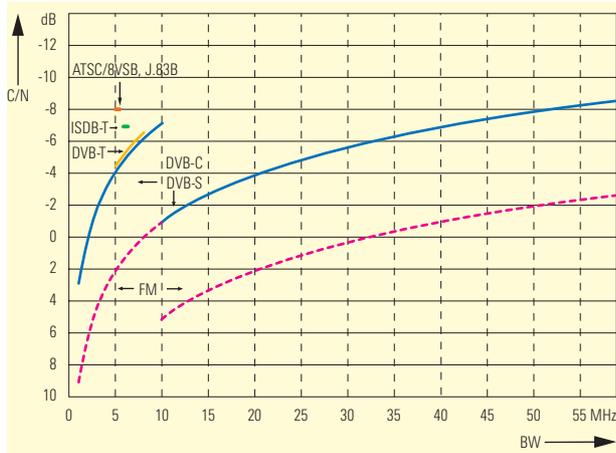
<b>I/Q-Ausgang/Eingang</b>	<b>Option R&amp;S SFQ-B14</b>
Ausgang	
Ausgangswiderstand	50 $\Omega$
Ausgangsspannung	abhängig von gewählter Modulation
Anschluss	BNC-Buchsen
Eingang	
Eingangswiderstand	50 $\Omega$
VSWR (DC...30 MHz)	<1,4
Eingangsspannung für Vollaussteuerung	$(I^2 + Q^2)^{1/2} = 0,5 \text{ V (1 V EMK, 50 } \Omega)$
Anschluss	BNC-Buchsen

## Technische Daten Übertragungssimulation

<b>Fadingsimulation</b>	<b>Option R&amp;S SFQ-B11</b>
Modell 02	1 bis 6 Pfade (R&S SFQ vor 1999: siehe R&S SFQ-B18)
Modell 04	7 bis 12 Pfade (nur zusammen mit R&S SFQ-B11, Modell 02)
Reduzierter maximal möglicher HF-Ausgangspegel	-5,5 dBm bei DVB-T (bei 1-Pfadfading ohne Dämpfung)
HF-Ausgangsleistung	MULTIPATH: Angezeigter RF-Pegel ist die Summe der Leistungen in den einzelnen Pfaden MAIN: Angezeigter RF-Pegel ist die Leistung des Hauptpfades

C/N-Verhältnis	bleibt bei Änderung der Fadingparameter erhalten; MULTIPATH: C=Summe der Leistungen aller Pfade MAIN: C=Leistung des Hauptpfades
HF-Bandbreite (-3 dB)	>14 MHz
Frequenzgang bis 5 MHz Offset von der Trägerfrequenz	<0,6 dB, typ. <0,3 dB
Trägerrest	typ. 42 dBc
Anzahl der Pfade mit R&S SFQ-B11	
mit Modell 02	6
zusätzlich mit Modell 04	insgesamt 12
Pfaddämpfung	
Bereich	0 dB...50 dB
Auflösung	0,1 dB
Fehler (im Bereich 0 dB...20 dB)	<0,3 dB
Pfadverzögerung	
Bereich	0 ms...1600 ms
Auflösung	50 ns
Fehler	<5 ns
Konstante Phase	
Bereich	0°...+359,9°
Auflösung	0,1°
Pure Doppler	
Frequenzbereich	0,1 Hz...1600 Hz
Geschwindigkeitsbereich	$v_{\min} = (0,03 \cdot 10^9 \text{ m/s}^2)/f_{\text{HF}}$ $v_{\max} = (479 \cdot 10^9 \text{ m/s}^2)/f_{\text{HF}}$ bei $f_{\text{HF}} = 1 \text{ GHz}$ $v_{\min} = 0,1 \text{ km/h}$ , $v_{\max} = 1724 \text{ km/h}$
Auflösung	0,1 km/h, m/s, mph
Fehler	<0,13%
Rayleigh Fading	
Pseudo Noise Intervall	>372 h
Abweichung von der theoretischen CPDF <sup>1)</sup> bei $P_{\text{avg}} = 0 \text{ dB}$	
im Bereich -20 dB...+10 dB	<1 dB, typ. <0,3 dB
im Bereich -30 dB...-20 dB	<2 dB, typ. <0,3 dB
Rice Fading	
Leistungsverhältnis <sup>2)</sup>	
Bereich	-30 dB...+30 dB
Auflösung	0,1 dB
Frequenzverhältnis	
Bereich	-1...+1
Auflösung	0,05
Log Normal Fading, Suzuki Fading	
Standardabweichung	
Bereich	0 dB...12 dB
Auflösung	1 dB
Lokalkonstante	$I_{\min}$ : bis 200 m ( $I_{\min} = (12 \cdot 10^9 \text{ m/s}^2)/f_{\text{HF}}$ )
Fadingprofile	aus einer Liste vordefinierter Profile auswählbar; jedes Profile kann beliebig modifiziert werden
Referenz bei Frequenzwechsel	Speed oder Dopplerfrequenz wählbar

<b>Rauschgenerator</b>	<b>Option R&amp;S SFQ-B5</b>
R&S SFQ-B5 nicht zusammen mit Option R&S SFQ-B2, da bereits darin enthalten	
Bandbreite	
Einstellbare Empfängerbandbreite	0,1 MHz...80 MHz (einstellbar)
Reale Rauschbandbreite	10 MHz/60 MHz
C/N-Einstellung	
Variationsbereich	50 dB
Minimal einstellbares C/N	abhängig von Bandbreite und Modulation (siehe Diagramm)
Auflösung	0,1 dB
C/N-Fehler	
Absoluter Fehler	<0,3 dB (nach Kalibrierung), typ. <0,2 dB
HF-Frequenzbereich	
bei Rausch-BW ≤10 MHz	≥15 MHz
bei Rausch-BW >10 MHz	≥60 MHz



Minimal einstellbares C/N des Rauschgenerators R&S SFQ-B5

BER-Messung	Option R&S SFQ-B17
R&S SFQ-B17 ist nur in Verbindung mit Option R&S SFQ-B10 oder R&S SFQ-B6 Var. 03 verwendbar	
Eigenschaften	integrierte BER-Messung für alle digitalen Modulationen (DVB-C, DVB-S, DVB-T, 8VSB, J.83B, ISDB-T)
Eingangsdatenrate	max. 60 Mbit/s (serieller Eingang)
PRBS-Sequenzen	$2^{23}-1/2^{15}-1$ nach ITU-T Rec. 0.151
Eingang	
Seriell	BER DATA, BER CLOCK, BER ENABLE
Eingangswiderstand	75 $\Omega$
Eingangspegel	TTL
Anschluss	BNC-Buchse
Clock, Data	normal, invertiert
Enable	always, active high, active low
BER-Mode	
PRBS	$2^{23}-1/2^{15}-1$ nach ITU-T Rec. 0.151
Parallel	TS PARALLEL AUX
Eigenschaften	entspr. EN50083-9
Eingangswiderstand	100 $\Omega$
Eingangspegel	100 mV...2 V, LVDS
Anschluss	25-polige Buchse, geschirmt
BER-Mode	
PRBS, PRBS INVERTED	$2^{23}-1/2^{15}-1$ nach ITU-T Rec. 0.151
NULL PRBS PACKET	Auswertung eines normgerechten TS; gesamte Payload muss PRBS sein (z.B. NULL PRBS PACKET des R&S SFQ)
PID FILTER FOR PRBS PACKET	Auswertung der Nullpakete (PID=1FFF) eines normgerechten TS, deren Payload PRBS ist (z.B. Stuffing bei R&S SFQ im Mode ASI/SPI)

1) CPDF = Cumulative Probability Distribution Function, Pegelwerte bezogen auf den Mittelwert des Ausgangspegels.  
 2) Verhältnis der diskreten Komponente zur verteilten Komponente.

## Technische Daten Breitband-FM

Breitband-FM-Modulator	Option R&S SFQ-B2
Analoge Modulation	Breitband-FM für Video und FM-/ADR-Tonunterträger
Videoübertragungseigenschaften	
Modulationsart	Frequenzmodulation (F3)
Standard	PAL, SECAM, NTSC; umschaltbar
Nenneingangspegel ( $U_{ss}$ )	1 V (75 $\Omega$ )
Videohub	
Einstellbereich	10 MHz...40 MHz
Auflösung	0,1 MHz

Brummunterdrückung mit getasteter Pegelhaltung	>40 dB
Lineare Verzerrungen	
Frequenzgang 0 MHz...5 MHz (Bezug: 1,5 MHz und 25 MHz (ss) Hub, mit Preemphasis und Tiefpass)	< $\pm$ 0,5 dB
Gruppenlaufzeit 0 MHz...4,8 MHz	< $\pm$ 20 ns mit Tiefpass
Einschwingen (Fahne) mit 200 ns, Steig- und Fallzeit	< $\pm$ 2%
Verwischungssignal	
Signalart	25-Hz- oder 30-Hz-Dreieckssignal, verkoppelt mit Bildwechselfrequenz (625 Zeilen/525 Zeilen)
Einstellbarer Hub	0 MHz...4 MHz, wird bei Video- oder Basisbandsignal-Abschaltung automatisch verdoppelt
Auflösung	100 kHz
Nichtlineare Verzerrungen	
Messungen	mit Video-Normsignal und eingeschalteter Pre- und Deemphasis
Differentielle Amplitude bei 25 MHz Hub	<1,5%
Differentielle Phase bei 25 MHz Hub	<1,5°
Videofrequenter Störabstand, bezogen auf 22,5 MHz Hub mit Pre- und Deemphasis 100 kHz...5 MHz	>70 dB effektiv, bewertet nach CCIR

Interner Rauschgenerator	
Bandbreite	
Einstellbare Empfängerbandbreite	0,1 MHz...80 MHz (einstellbar)
Reale Rauschbandbreite	10 MHz/60 MHz
C/N-Einstellung	
Variationsbereich	50 dB
Minimal einstellbares C/N	abhängig von Bandbreite und Modulation (siehe Diagramm für R&S SFQ-B5, FM)
Auflösung	0,1 dB
C/N-Fehler	<1 dB
HF-Frequenzbereich	
bei Rausch-BW $\leq$ 10 MHz	$\geq$ 15 MHz
bei Rausch-BW > 10 MHz	$\geq$ 60 MHz

2 FM-Tonunterträger	Option R&S SFQ-B3
Nur zusammen mit Option R&S SFQ-B2 verwendbar (1x in R&S SFQ-B2 enthalten)	
Anzahl der Unterträger je Baugruppe	2
Frequenzbereich	5 MHz...9 MHz
Auflösung	10 kHz
Frequenzhub des ZF-Trägers durch FM-Tonunterträger	
Einstellbereich (HF-Hub)	1 MHz (ss)...4 MHz (ss)
Auflösung	10 kHz
Audiosignal-Eingang	
Frequenzbereich	30 Hz...15 kHz
Bandbreite ohne Tiefpass	100 kHz
Nominaler Eingangspegel	+9 dBm (600 $\Omega$ )
Eingangswiderstand	>5 k $\Omega$ , symmetrisch
Anschlussbuchse	Lemo-Triax
Interner Modulationsgenerator (DSP)	
Frequenzbereich	30 Hz...15 kHz
Auflösung	100 Hz
Modulationsklirrfaktor	<0,5%
Ton-Störabstand (Bezug: 50 kHz Hub, AC-Kopplung)	>65 dB, bewertet nach CCIR
Preemphasis	50 $\mu$ s, 75 $\mu$ s, J.17, OFF; umschaltbar

2 ADR-Tonunterträger	Option R&S SFQ-B4
Nur zusammen mit Option R&S SFQ-B2 verwendbar (entsprechend ADR-Spezifikation)	
Anzahl der Unterträger	2
Frequenzbereich	0,1 MHz...9 MHz
Auflösung	10 kHz
Frequenzhub des ZF-Trägers durch ADR-Tonunterträger	
Einstellbereich (HF-Hub)	1 MHz (ss)...4 MHz (ss)
Auflösung	10 kHz
Modulationsart	QPSK

Quelldaten	intern, extern, PRBS
Quelldatenrate	192 kbit/s
Übertragungsrate	256 kbit/s
QPSK-Test	4 Testmuster einstellbar; I/Q-Vertauschung
Bitfehlergenerator (Symbolfehler)	$10^{-2} \dots 10^{-6}$
Externer Dateneingang	nur für einen der beiden Unterträger
Art	Takt (invertierbar) und Daten
Pegel	RS-422
Datenrate	192 kbit/s
Interner MUSICAM-Generator	zwei voneinander unabhängige Generatoren (nach ISO/IEC 11172-3 Layer II)
Mode	Single, Dual, Stereo
Zusatzdaten (ANC)	einer von vier internen Datensätzen wählbar, Update über Memory Card
Audiogenerator	je zwei pro MUSICAM-Kanal
Frequenzbereich	10 Hz...20 kHz; 10-Hz-Schritte
Amplitudenbereich	100 dB; 0,1-dB-Schritte
Preemphase	50/15 µs, OFF

Mechanische Belastbarkeit	
Sinusvibration	5 Hz...150 Hz, max. 2 g bei 55 Hz, 0,5 g von 55 Hz bis 150 Hz, erfüllt EN 60068-2-6, EN 61010-1, MILT-28800 D Klasse 5
Randomvibration	10 Hz...300 Hz, 1,2 g (eff)
Schock	40-g-Schockspektrum, erfüllt MIL-STD 810 C und MILT-28800 D Klasse 3 und 5
Klimabelastung	+25 °C/+40 °C zyklisch bei 95 % rel. Feuchte, erfüllt EN 60068-2-30
Elektromagnetische Verträglichkeit	erfüllt EMV-Richtlinie EU (89/336/EWG) und deutsches EMV-Gesetz
Stromversorgung	90 V...132 V/180 V...265 V (automatische Spannungsumschaltung), 47 Hz...440 Hz (170 VA)
Elektrische Sicherheit	erfüllt EN 61010-1
Abmessungen (B x H x T)	435 mm x 192 mm x 460 mm
Gewicht	etwa 20 kg, optionsabhängig

## Allgemeine Daten

Sendertabellen	5 mit je 100 Einträgen, editierbar oder über Remote ladbar
Speichern von Geräteeinstellungen	intern und auf Memory Card
Schnittstellen	IEC-625-/IEEE-488-Bus, RS-232-C
Nenntemperaturbereich	+5 °C...+45 °C
Betriebstemperaturbereich	0 °C...+50 °C
Lagertemperaturbereich	-40 °C...+70 °C



**R&S SFQ-Rückansicht**

## Bestellangaben

### Bestellbezeichnung

TV-Messsender (0,3 MHz...3300 MHz) für		
DVB-T, 2K/8K	R&S SFQ02 + R&S SFQ-B10	2072.5501.02 2072.6166.02
ATSC/8VSB	R&S SFQ02 + R&S SFQ-B12	2072.5501.02 2072.6220.02
ISDB-T	R&S SFQ02 + R&S SFQ-B26	2072.5501.02 2110.0213.02
DVB-C	R&S SFQ02 + R&S SFQ-B21	2072.5501.02 2081.8912.02
ITU-T J.83B	R&S SFQ02 + R&S SFQ-B13	2072.5501.02 2072.6243.02
DVB-S/-DSNG	R&S SFQ02 + R&S SFQ-B23	2072.5501.02 2072.5830.02
Breitband-FM	R&S SFQ02 + R&S SFQ-B2	2072.5501.02 2072.6108.02

### Optionen

Bei Nachbestellung von Optionen ist die Angabe der Seriennummer erforderlich		
Input Interface (ASI/SPI-Eingang und einstellbare Symbolrate, SMPTE310-Eingang) nachrüstbar	R&S SFQ-B6	2072.7679.03
DVB-T-Coder, 2k/8k-COFDM-Modulator, Bandbreite 6 MHz/7 MHz/8 MHz (für R&S SFQ geliefert vor 1999 siehe R&S SFQ-B18)	R&S SFQ-B10	2072.6166.02
DVB-T/Hierarchische Codierung	R&S SFQ-B16	2072.5782.02
ATSC-Coder, 8VSB (HW + FW)	R&S SFQ-B12	2072.6220.02
ITU-T J.83B (FW, Optionen R&S SFQ-B12 und -B6 erforderlich)	R&S SFQ-B9	2072.6143.02
ITU-T J.83B-Coder (HW + FW, Option R&S SFQ-B6 erforderlich)	R&S SFQ-B13	2072.6243.02
ATSC/8VSB (FW, Option R&S SFQ-B13 erforderlich)	R&S SFQ-B8	2072.6120.02
DVB-C-Coder (HW + FW)	R&S SFQ-B21	2081.8912.02
DVB-C (nur FW, Option R&S SFQ-B23 erforderlich)	R&S SFQ-B22	2072.5824.02
DVB-S/-DSNG-Coder (HW + FW)	R&S SFQ-B23	2072.5830.02
DVB-S/-DSNG (nur FW, Option R&S SFQ-B21 erforderlich)	R&S SFQ-B24	2072.5847.02
Satellite Turbo (nur FW, Option R&S SFQ-B23 oder -B24 erforderlich)	R&S SFQ-B25	2110.0207.02
ISDB-T-Coder	R&S SFQ-B26	2110.0213.02
I/Q-Ausgang/Eingang	R&S SFQ-B14	2072.6266.02
Netzteil-Nachrüstung für R&S SFQ-Modell 10, geliefert vor 1999; bitte Seriennummer des R&S SFQ angeben	R&S SFQ-B18	2072.7191.02
Einbau von R&S SFQ-B18 im Werk in vor 1999 gelieferte Geräte	R&S SFQ-U11	2072.7040.02
Fadingsimulation, Pfad 1 bis 6 (für R&S SFQ geliefert vor 1999, siehe R&S SFQ-B18)	R&S SFQ-B11	2072.6189.02
Fadingsimulation, Pfad 7 bis 12	R&S SFQ-B11	2072.6189.04
Rauschgenerator, nachrüstbar, kalibrierbar	R&S SFQ-B5	2072.7579.03
BER-Messung	R&S SFQ-B17	2072.7056.02
Breitband-FM-Modulator für Basisband (PAL, SECAM, NTSC) und FM-Ton (2 Unterträger)	R&S SFQ-B2	2072.6108.02
2 FM-Tonunterträger 5 MHz...9 MHz mit 2 Audiogeneratoren und 2 externen Audioeingängen	R&S SFQ-B3	2072.7379.02
2 ADR-Tonunterträger 0,1 MHz...9 MHz mit 2 MUSICAM-Generatoren und 1 externem Dateneingang	R&S SFQ-B4	2072.7479.02

### Empfohlene Ergänzungen

Dokumentation der R&S SFQ-Kalibrierwerte	R&S SFQ-DCV	2082.0490.12
Kabelsatz Diversity (Option R&S SFQ-B5, Var. >02 erforderlich)	R&S SFQ-Z5	2081.9158.02
Common Interface TS OUT	R&S SFQ-Z17	2081.9364.02
Service-Kit	R&S SFQ-Z1	2072.5960.02
Service-Handbuch (Englisch)		2072.6489.22
Memory Card 30 MByte (Flash)		2110.0371.00
19"-Adapter (4 HE) für Gestelleinbau	ZZA-94	0396.4905.00
Anpassglieder 50 $\Omega$ /75 $\Omega$ , 0 GHz...2,7 GHz, N-Anschlüsse		
beidseitige Anpassung, Dämpfung 5,7 dB, keine DC-Trennung	RAM	0358.5414.02
einseitige Anpassung, Dämpfung 1,7 dB	RAZ	0358.5714.02



**ROHDE & SCHWARZ**