

NEUES

199/09

 ROHDE & SCHWARZ

Kompaktheit in neuer Dimension

Ultrakompakte und energieeffiziente UHF-TV-Kleinleistungssender in wetterfestem Gehäuse sowie handliche TV-Analysatoren für alle Qualitäts- und Service-Messungen vor Ort



WIRELESS-TECHNOLOGIEN

Was Betreiber bewegt – Qualität von Mobilfunknetzen fest im Blick

IM BLICKPUNKT

Wie die Messgröße „HF-Leistung“ auf das nationale Primärnormal zurückgeführt wird

FUNKÜBERWACHUNG / -ORTUNG

Durchblick im Frequenzspektrum: Komfortable Signalanalyse auf Symbol- und Bitstrom-Ebene

Wir bitten um Ihre Meinung

Sehr geehrte Leserinnen und Leser von NEUES,

nichts ist so gut, dass man es nicht verbessern könnte. Damit sich das Rohde&Schwarz-Kundenmagazin künftig noch besser an Ihren Wünschen und Interessen orientiert, bitte wir Sie um Ihre Meinung. Wir möchten wissen, wie Sie NEUES beurteilen, welche Themen Sie interessieren und was wir besser machen können. Bitte nehmen Sie sich ein paar Minuten Zeit und helfen Sie uns durch Ankreuzen der für Sie passenden Antworten. Unter der Internetadresse www.rohde-schwarz.com/survey/neues wollen wir Folgendes wissen:

- Welche Rubriken interessieren Sie besonders?
- Wie beurteilen Sie die Länge der Artikel und sind die Beiträge verständlich?
- Wie gefällt Ihnen das Themenangebot und welche Themen vermissen Sie?
- Wie lange lesen Sie etwa insgesamt in einer Ausgabe?
- Wie viele Artikel lesen Sie und wie viele Personen lesen dieses Exemplar?
- Was passiert mit dem Heft nach dem Lesen?
- Wie wichtig ist für Sie die gedruckte Ausgabe?
- Wie gefällt Ihnen die Online-Version von NEUES?
- Seit wann lesen Sie das Heft?
- In welchem Bereich sind Sie tätig?
- In welcher beruflichen Situation befinden Sie sich im Moment?
- Ist das Magazin für Ihre Tätigkeit wertvoll?

Wir bedanken uns schon jetzt für Ihre Unterstützung!

Das Redaktionsteam von NEUES

Impressum

Herausgeber: Rohde&Schwarz GmbH&Co. KG

Mühldorfstraße 15 · 81671 München

Postfach 801469 · 81614 München

Support-Center: Tel. +49 1805 12 42 42

E-Mail: customersupport@rohde-schwarz.com

Fax +49 89 4129 137 77

www.rohde-schwarz.com

Redaktion und Layout: Ludwig Drexl, Redaktion – Technik (München)

Fotos: Rohde&Schwarz

Printed in Germany

49. Jahrgang; Auflage 80 000 (deutsch, englisch, französisch und chinesisch)

Erscheinungsweise: ca. viermal pro Jahr

ISSN 0548-3093

Bezug kostenlos über die Rohde&Schwarz-Vertretungen

Nachdruck mit Quellenangabe und gegen Beleg gern gestattet.

PD 5214.0701.71

R&S® ist eingetragenes Warenzeichen der Rohde&Schwarz GmbH&Co. KG. Eigennamen sind Warenzeichen der jeweiligen Eigentümer. CDMA2000® ist eingetragenes Warenzeichen der Telecommunications Industry Association (TIA USA). Die Bluetooth®-Wortmarke und -Logos sind Eigentum von Bluetooth SIG, Inc., und ihre Verwendung ist für Rohde&Schwarz lizenziert. „WiMAX Forum“ ist ein eingetragenes Warenzeichen des WiMAX-Forums. „WiMAX“, das WiMAX-Forum-Logo, „WiMAX Forum Certified“ sowie das WiMAX-Forum-Certified-Logo sind Warenzeichen des WiMAX-Forums. Alle anderen Warenzeichen sind Eigentum der jeweiligen Besitzer.

Titelthema

Flächendeckende terrestrische TV-Netze umfassen neben den großen, mit Hochleistungssendern ausgerüsteten Sendestationen in der Regel eine Vielzahl kleinerer Sender, mit deren Hilfe die Topografie des Versorgungsgebiets optimal ausgeleuchtet werden



Antenne mit freundlicher Unterstützung der Kathrein-Werke KG

kann. Den neuen Kleinleistungssendern R&S®SCx8000 (Seiten 66 und 84) gelingt dies besonders kosteneffizient.

Dazu trägt auch die Möglichkeit bei, die Sender in ein wetterfestes Gehäuse einzubauen, so dass bei drahtloser Programmzuführung bis auf die Stromversorgung keine weitere Infrastruktur benötigt wird.

Als Multistandard-Sender beherrscht der R&S®SCx8000 auch bereits den brandneuen, von Rohde & Schwarz entwickelten Mobil-TV-Standard ATSC Mobile DTV (Seite 60), der zurzeit in den USA seine Einsatztaufe erlebt.

Der Handheld-TV-Analysator R&S®ETH (Vorstellung Seite 54) bringt alle Messfunktionen mit, die für Qualitäts- und Service-Messungen an Kleineleistungssendern vor Ort erforderlich sind.

Inhalt



Netzbetreiber müssen die Qualität ihrer Netze immer fest im Blick behalten. Wie Versorgungs-Messsysteme von Rohde&Schwarz die QoS sichern helfen, zeigen zwei Artikel auf den Seiten 7 und 11.

Der neue AVG Power Sensor R&S®NRP-Z31 überdeckt das komplette Ka-Band für den Satellitenfunk: für allgemeine Anwendungen in Labor, Produktion und Service sowie zum Leistungs-Monitoring an Satellitenanlagen (Seite 38).



WIRELESS-TECHNOLOGIEN

Versorgungs-Messsysteme

Überblick im Dschungel der Drive-Test-Messdaten **7**

GSM-Interferenzen automatisch messen und identifizieren **11**

Tester

LTE-Protokolltests für IO(D)T und R&D mit dem R&S®CMW500 **16**

Funkmessplätze

IP-basierte Applikationstests an mobilen WiMAX™-Endgeräten **21**

Signalgeneratoren

Bluetooth Enhanced Data Rate (EDR) – Signale für Entwicklung und Produktion **24**

Testsignale für den erweiterten GSM-Standard EDGE Evolution **26**

IM BLICKPUNKT

Messgenauigkeit

Rückführung von HF-Messgrößen auf nationale Normale **28**

Kalibrierung der Messgröße HF-Leistung im Hause Rohde&Schwarz **34**



Foto: Marc Steinmetz / VSUM

Die Messgenauigkeit im Blickpunkt: Zwei Beiträge – einer von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) – beschäftigen sich mit der für Rohde&Schwarz so wichtigen Messgröße „Hochfrequenzleistung“, und wie sie auf das nationale Primärnormal der Bundesrepublik Deutschland zurückgeführt wird (Seite 28 und 34).

ALLGEMEINE MESSTECHNIK

Leistungs- / Spannungsmesser

33-GHz-Leistungssensor für Messungen an Satellitenanlagen **38**

Phasenrauschmessplätze

Signalquellenanalysator R&S®FSUP mit neuen Messfunktionen **40**

Signalgeneratoren

Signalgenerator R&S®SMF100A: Phasenrauschen so niedrig wie nie zuvor **42**

Analoge und digitale Hörfunksignale mit der Generatorenfamilie R&S®SMx **44**

Automatische Pulsanalyse mit dem Signalgenerator R&S®SMA100A **48**

Signalgenerator R&S®SMA100A erzeugt und analysiert DME-Signale **50**



Klein, leicht und außerordentlich
vielseitig einsetzbar: Der Handheld-
TV-Analysator R&S®ETH bringt alle
Messfunktionen mit, die für Qua-
litäts- und Service-Messungen
an Kleinleistungssendern vor Ort
erforderlich sind (Seite 54).

RUNDFUNK

- Referenz**
Landesweites DVB-T-Netz für
Norwegen **53**

TV-Analysatoren

- DVB-T- / DVB-H-Handheld-TV-Analysator
für den mobilen Einsatz **54**

Fernseh- / Hörfunksender

- Multistandard-Steuersender R&S®SX801
für ATV, DTV und digitalen Hörfunk .. **58**



Der Multistandard-Steuersender R&S®SX801.

- Mobiles Fernsehen mit dem neuen
Standard ATSC Mobile DTV **60**

- Senderfamilie R&S®NA8200:
Maßstab in Energieeffizienz und
Signalqualität **63**

- UHF-TV-Senderfamilie R&S®SCx8000:
Kompaktheit in neuer Dimension **66**

Bildqualitätsanalyse

- Video-Bildqualität objektiv und
„single ended“ messen **68**

FUNKÜBERWACHUNG / -ORTUNG

- Monitoring-Systeme**
Die Welt zwischen 3 GHz und 300 GHz:
Services und Anwendungen **70**

Referenz

- Monitoring-Systeme R&S®UMS100:
perfekte Ergänzung für landesweite
Netze **76**

Signalanalysesysteme

- Komfortable Signalanalyse auf
Symbol- und Bitstrom-Ebene **79**

WEITERE RUBRIKEN

- Impressum **2**
Kurznachrichten **82**

Was Betreiber bewegt – Qualität von Mobilfunknetzen fest im Blick

Mit Drive-Tests ermitteln Netzbetreiber Fehlerquellen und optimieren ihre Netze. Die dabei entstehende Datenflut ist mit dem R&S®ROMES Network Problem Analyzer rasch ausgewertet (Artikel rechts). Und wie Funknetzanalysatoren von Rohde & Schwarz schnell und automatisch GSM-Interferenzen aufdecken, zeigt der Beitrag ab Seite 11.



Überblick im Dschungel der Drive-Test-Messdaten

Die neue Software R&S®ROMES Network Problem Analyzer analysiert die großen Datenmengen, die bei Messfahrten anfallen, und reduziert sie auf relevante Problemstellen. Schnell und automatisch werden damit Schwachpunkte in Mobilfunknetzen aufgedeckt und übersichtlich dokumentiert.

Überblick bekommen – und auch behalten

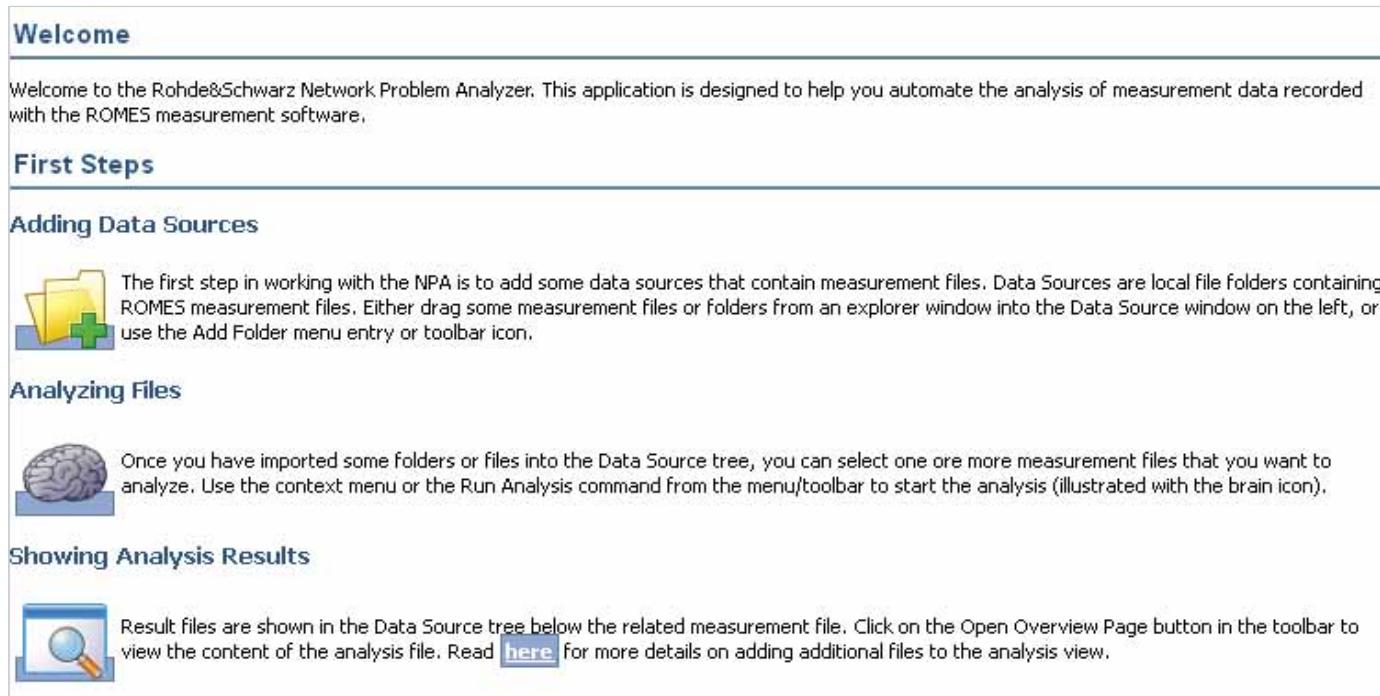
Wer Messfahrten in Mobilfunknetzen durchführt, kennt das Problem: Riesige Datenmengen sind auszuwerten, um Schwachstellen und Versorgungslücken aufzudecken. Die manuelle Analyse dieser Datenflut ist langwierig, weshalb spezielle Werkzeuge gefragt sind. Anwender der Mess-Software R&S®ROMES haben es da leichter, da sie viele nützliche Werkzeuge für die sequenzielle Analyse einzelner Messungen enthält.

Noch wesentlich einfacher ist die Analyse jetzt mit dem Network Problem Analyzer (NPA) zur Mess-Software R&S®ROMES. Das neue Werkzeug wertet die Vielzahl an Messdaten oder ganze Messkampagnen automatisch aus – bereits während der Fahrt auf dem Rechner im Fahrzeug oder später im Büro. Manuelles Auswerten ist nur noch in Einzelfällen erforderlich.

Die Software besteht aus einem Analyse-Kern, der die Messdaten aus R&S®ROMES verarbeitet und an unterschiedliche Analyse-Plug-ins verteilt, sowie aus der Bedienoberfläche, auf der die Ergebnisse übersichtlich aufbereitet dargestellt werden.

Für die verschiedenen Aufgaben bei der Nachverarbeitung der Daten enthält der NPA jeweils eigene Analyse-Plug-ins. Sind neue oder spezielle Aufgaben zu lösen, lässt sich der Funktionsumfang der Software dank ihrer modernen Architektur schnell und effizient erweitern: durch das Entwickeln spezieller Analyse-Plug-ins (z.B. für Uplink Interference oder für neue Standards wie LTE), oder durch Implementieren neuer Ansichten in die Bedienoberfläche zur verbesserten Darstellung von Ergebnissen. Das komfortable optionale Software Development Kit (SDK) versetzt auch Anwender mit geringeren Programmierkenntnissen in die Lage, Plug-ins für jede Form der Drive-Test-Messdatenverarbeitung selbst zu entwickeln.

BILD 1 Startseite (Ausschnitt) nach dem Aufruf des R&S®ROMES Network Problem Analyzers: Der grundsätzliche Arbeitsablauf wird erklärt und schnell sind die ersten Schritte von dort aus gestartet.



Welcome

Welcome to the Rohde&Schwarz Network Problem Analyzer. This application is designed to help you automate the analysis of measurement data recorded with the ROMES measurement software.

First Steps

Adding Data Sources

 The first step in working with the NPA is to add some data sources that contain measurement files. Data Sources are local file folders containing ROMES measurement files. Either drag some measurement files or folders from an explorer window into the Data Source window on the left, or use the Add Folder menu entry or toolbar icon.

Analyzing Files

 Once you have imported some folders or files into the Data Source tree, you can select one or more measurement files that you want to analyze. Use the context menu or the Run Analysis command from the menu/toolbar to start the analysis (illustrated with the brain icon).

Showing Analysis Results

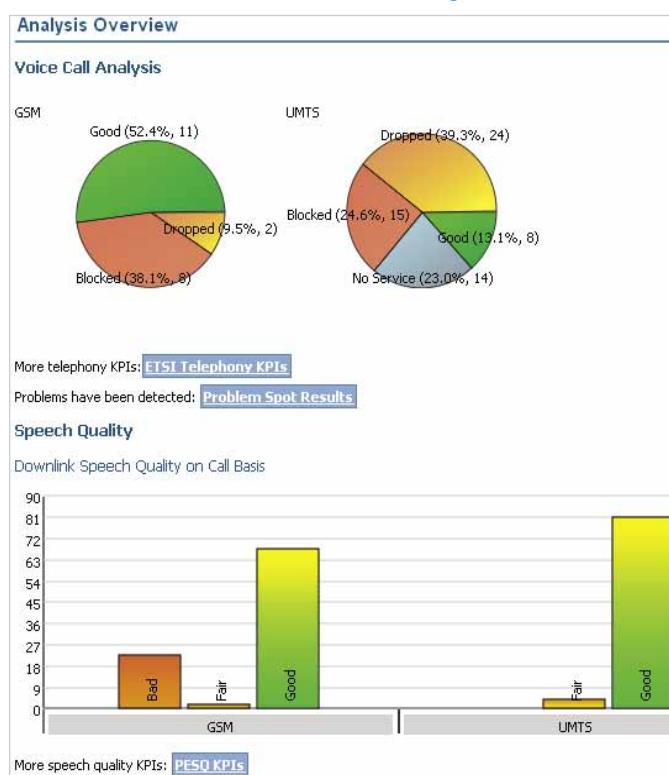
 Result files are shown in the Data Source tree below the related measurement file. Click on the Open Overview Page button in the toolbar to view the content of the analysis file. Read [here](#) for more details on adding additional files to the analysis view.

Komfortabel an der Oberfläche ...

Die Web-Browser-ähnliche Bedienoberfläche des R&S®ROMES Network Problem Analyzers führt den Netzwerkoptimierer oder den Ingenieur im Feld komfortabel durch den Arbeitsablauf. Auf der Startseite sind alle wichtigen Funktionen zusammengefasst und in ihrem Zusammenspiel erklärt (BILD 1). Von dort führen Links zu detaillierteren Darstellungen. Entsprechend gering ist die Einarbeitungszeit und schnell sind brauchbare Resultate erzielt. Die Ergebnisse werden als Problemlisten, als Tabellen mit Transaktionen und als Statistiken mit Torten- / Balkendiagrammen visualisiert (BILD 2).

Von jedem einzelnen Fall in den Problemlisten ist direkt die Mess-Software R&S®ROMES aufrufbar. Sie stellt den identifizierten Problembereich zeitlich und örtlich dar und erlaubt tiefer gehende Analysen. Dieses sog. Drill-down erspart das Wiederabspielen der Messdatei an der gewünschten Stelle und beschleunigt den Ladevorgang besonders bei großen Dateien erheblich (BILD 4 und 5). Per Drag&Drop wird der Inhalt einzelner Seiten schnell erweitert oder verringert. So können beispielsweise zusätzliche Ergebnisse einfach in die Analyseansicht gezogen und damit Tabellen und Diagramme mit zusätzlichen Daten angereichert werden.

BILD 2 Übersicht einer statistischen Auswertung mehrerer Messdateien.



Problem Spot Attributes:

File: D:/RomesData/NQA/testzug.rscmd
 Category: Interference problem
 Title: Dropped CS Call MOC
 Description: interference problem at drop timestamp (left window)
 Network Provider: Vodafone D2 GmbH
 RAT: GSM
 Device: Z500 [1]
 Start Time: Dienstag, 29. Januar 2008 16:49:06 (385598 ms)
 End Time: Dienstag, 29. Januar 2008 16:50:05 (444471 ms)

Problem Causes identified:

High Priority:

* interference problem at drop timestamp (left window) [199]

Medium Priority:

* handoverFailure with cause: (3) Abnormal release,timer expired; Cell-ID: 0 [202]
 * handoverComplete after handoverFailure [208]

Low Priority:

* Handover incomplete before drop [209]

BILD 3 Liste mit Ursachen unterschiedlicher Priorität zu einer Problemstelle.

Die Analyse-Module werden ebenfalls über die Bedienoberfläche konfiguriert. Die Einstellungen der sogenannten Messdaten-Prozessoren lassen sich zu kompletten Analysekonfigurationen zusammenstellen, beispielsweise um bestimmte Kampagnen mit geringeren / höheren Schwellenwerten zu analysieren oder um nur bestimmte Analysen durchzuführen.

... analytisch im Kern

Der Analyse-Kern des NPA verarbeitet die R&S®ROMES-Messdateien, bereitet die Daten auf und verteilt sie auf die Analyse-Module. Der NPA ist über eine schlanke C++-Schnittstelle einfach zu erweitern. Die mitgelieferte Software-Bibliothek erleichtert das Implementieren neu entwickelter Module, es ist nur noch die jeweilige Analyselogik zu definieren. Netzbetreiber oder Dienstleister sind damit in der Lage, selbst Erweiterungen für den NPA zu entwickeln – hausinternes Know-how dringt nicht nach außen und bei großem Termindruck wegen spezieller Probleme im Netz kann schnell mit individuellen Analysen reagiert werden.

Zur Grundversion des NPA gehört eine umfangreiche automatische Analyse von Sprachanrufen in GSM- / WCDMA-Netzen. Dazu werden passend zu den Ergebnissen der Sprachanrufe verschiedene Problem-Detektoren ausgeführt, die beispielsweise Handover-Prozeduren überwachen, die Versorgungs- und Interferenzsituation überprüfen und Fehlverhalten von Netz und Mobiltelefon erkennen. Das Ergebnis ist eine Liste mit Problemstellen. Zu jeder Problemstelle gibt es eine Reihe von Ursachen unterschiedlicher Priorität (BILD 3).

BILD 4 Schon ein Mausklick reicht aus zum Drill-Down von einer Problemstelle in die Detailanalyse mit R&S®ROMES.

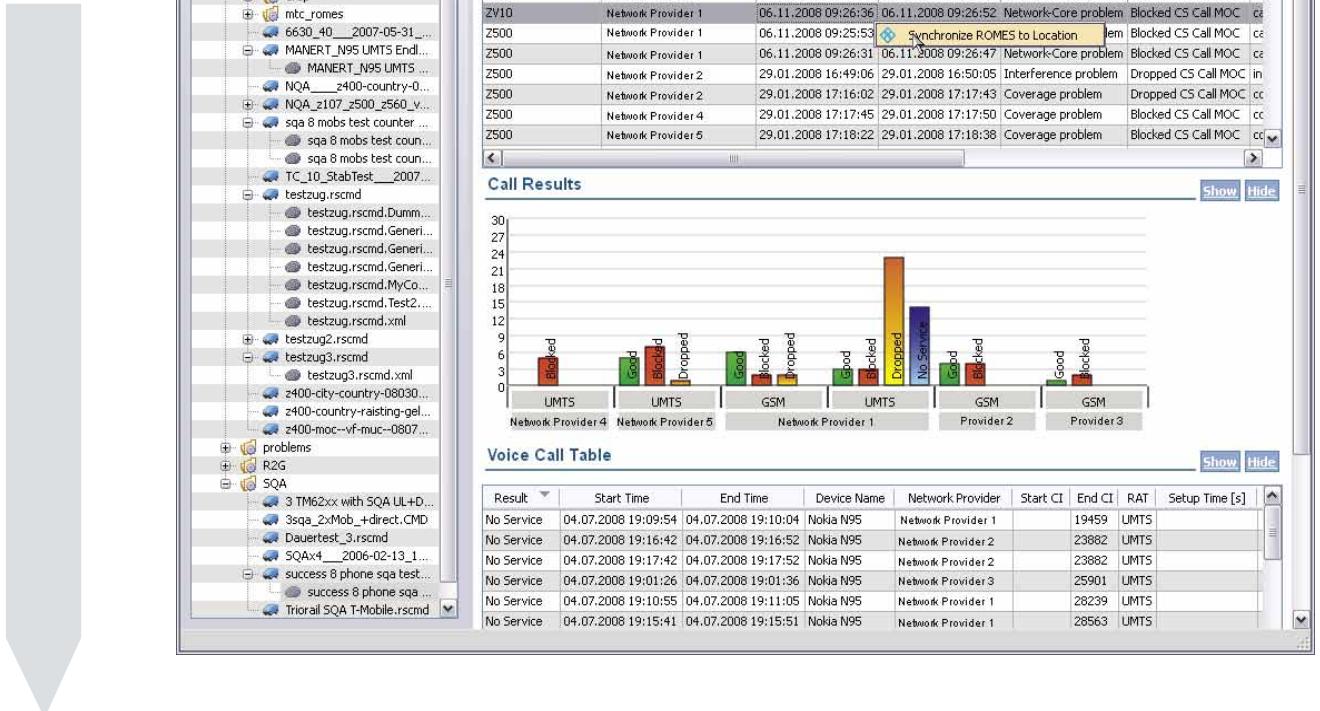
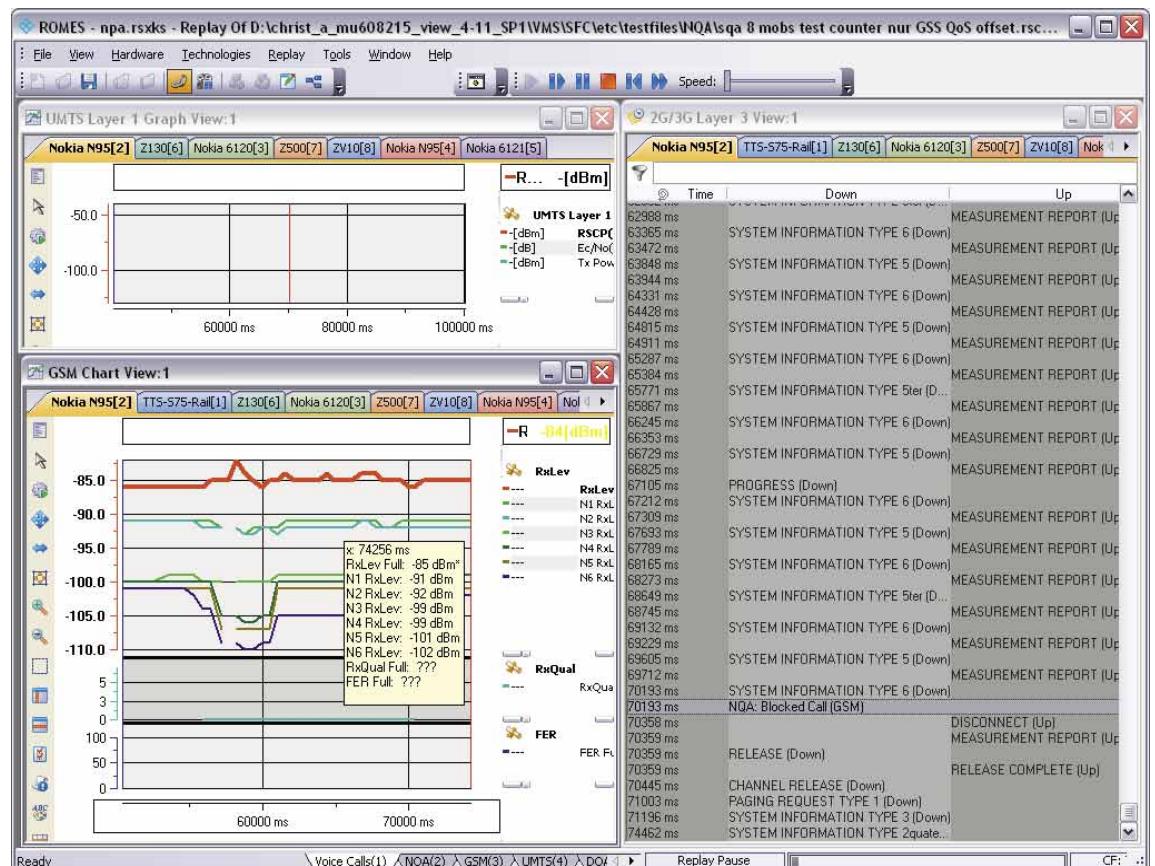


BILD 5 ... und sofort ist die Mess-Software R&S®ROMES mit dem NPA synchronisiert.



Weitere Analyse-Module extrahieren beispielsweise die von R&S®ROMES ermittelten ETSI-Key-Performance-Indikatoren (KPI) und bereiten diese so auf, dass sie nach verschiedenen Kriterien gruppiert und zusammengefasst werden können. Bei der Suche nach Datendurchsatzproblemen und deren Ursachen werden Datentransaktionen über HSDPA und HSUPA ebenfalls einer eigenen Analyse unterzogen. Die Software ordnet die gefundenen Ursachen unterschiedlichen Kategorien zu, sodass erkennbar ist, welches Netzelement das jeweilige Durchsatzproblem verursacht.

Im Gegensatz zu den oben beschriebenen Analysemodulen erlaubt der „Generic Signal Processor“ im NPA die freie Kombination der in R&S®ROMES verfügbaren Bausteine mit mathematischen und logischen Operatoren zu komplexen Messdatenprozessoren. Diese erzeugen entweder neue Problemlisten oder können alternativ Statistiken aus den Ergebnissen der Signalverarbeitung generieren (BILD 6). Damit sind der Nachverarbeitung der Daten aus den Messfahrten prinzipiell keine Grenzen mehr gesetzt.

Fazit und Ausblick

Der R&S®ROMES Network Problem Analyzer vereinfacht die Arbeit mit großen Mengen von Drive-Test-Messdaten erheblich. Durch den Zugriff auf viele mächtige Werkzeuge der

Mess-Software R&S®ROMES entsteht eine optimale Symbiose aus beiden Anwendungen. Mit diesem neuen, mächtigen Werkzeug führt Rohde & Schwarz den Weg fort – von der Erfassung des Funkfeldes der Mobilfunknetze mit R&S®ROMES und R&S®ROMES2GO* bis hin zur modernen Nachverarbeitung mit dem NPA – und bietet somit ein komplettes Drive-Test-Portfolio an.

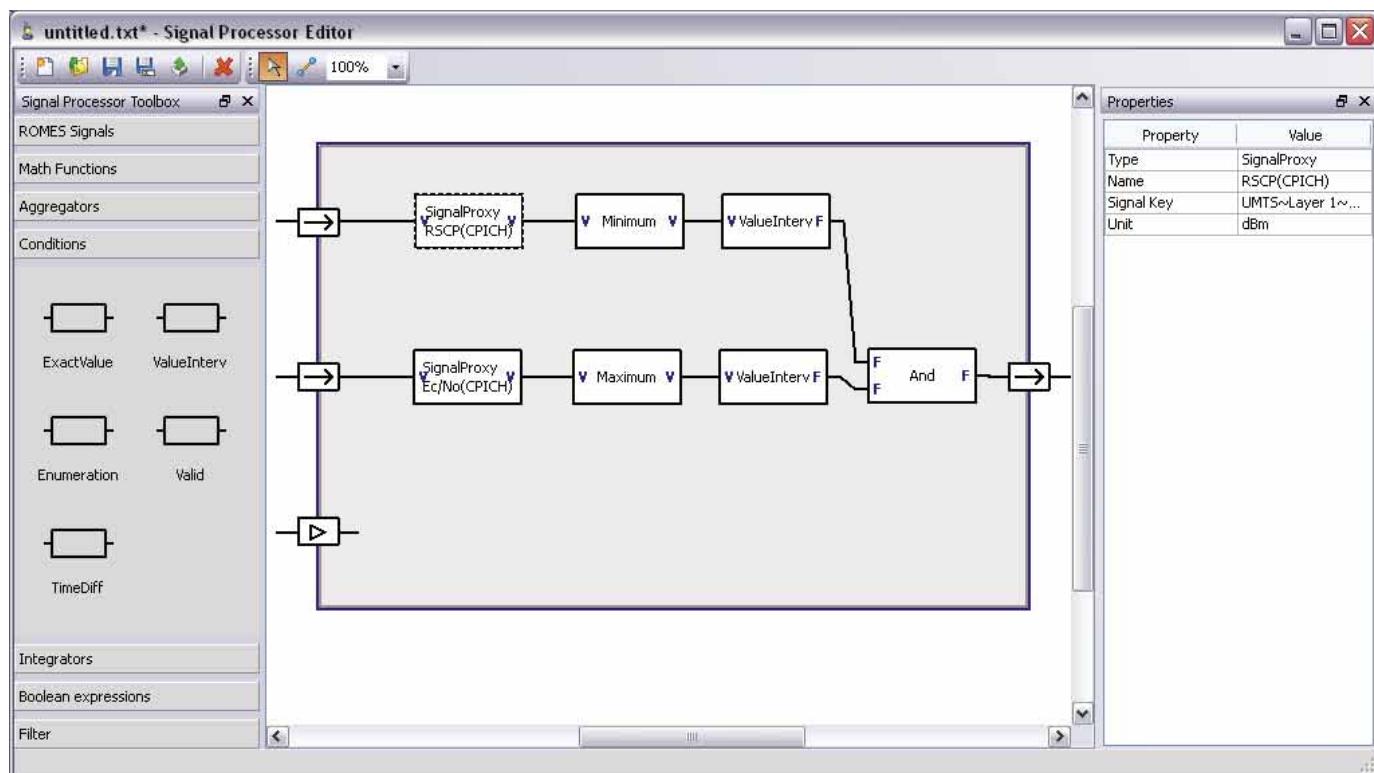
Weitere Analyse-Module sind in Vorbereitung. Zum Beispiel ein Modul für die Problemanalyse beim Aufbau von LTE-Netzen sowie ein IP-Analysator, der Abbrüche bei Datentransaktionen analysiert und feststellt, an welcher Stelle genau ein Problem beim Verbindungsaufbau oder beim Datentransfer aufgetreten ist und welche Ursachen dafür in Frage kommen.

Ebenfalls in Vorbereitung sind neue Visualisierungen in der Bedienoberfläche, Filtermöglichkeiten und die anwenderspezifische Konfiguration der Anzeigen. Über eine spezielle Druckversion der Ansichten werden künftig Berichte auf Basis der R&S®ROMES-Messdaten konfiguriert. Analyseergebnisse können in einer Datenbank abgelegt werden, um noch größere Datenbestände sinnvoll zu verwalten und auszuwerten.

Andreas Christiansen

* Alle Trümpfe in einer Hand – mit R&S®ROMES2GO. NEUES von Rohde & Schwarz (2008) Nr. 198, S. 6–9.

BILD 6 Der Editor für den „Generic Signal Processor“ erlaubt das Erzeugen eigener Analysemodule durch das Verknüpfen einfacher Bausteine zu komplexen Messdatenprozessoren.



GSM-Interferenzen automatisch messen und identifizieren

Schlechte Sprachqualität und abreißende Funkverbindungen in GSM-Netzen können eine Folge von Interferenzen durch hohe Verkehrslast sein. Funknetzanalysatoren von Rohde & Schwarz spüren solche Fehlerquellen schnell und effizient auf. Ein neuer Algorithmus analysiert automatisch die Messergebnisse – und kann Störer eindeutig identifizieren.

GSM-Interferenzen aufspüren – wichtiger denn je

GSM-Netze sind immer noch die „Arbeitspferde“ der Netzbetreiber, denn der Ausbau der WCDMA-Netze hinkt im Vergleich hinterher. Je höher aber die Verkehrslast in den GSM-Netzen steigt – vor allem durch Sprachtelefonie – und je mehr Trägerfrequenzen pro Sektor nachgerüstet werden, desto größer wird die Gefahr durch interferenzbedingte Störungen. Schlechte Sprachqualität und abreißende Verbindungen sind dann die Folge.

GSM-Interferenzmesssysteme von Rohde & Schwarz helfen beim Aufspüren solcher Störquellen, z.B. der 2003 vorgestellte Radio Network Analyzer R&S®TSMU, der zusammen mit der Mess-Software R&S®ROMES schnell und einfach dabei hilft, GSM-Interferenzen zu messen und potenzielle

Störer im eigenen Netz zu identifizieren [1]. Der prinzipielle Messaufbau und die grundsätzlich verwendete Messmethode sind bis heute unverändert, allerdings wurden in den beiden letzten Jahren folgende Neuerungen / Verbesserungen eingeführt:

- Ein neuer Analysemodus, der Radio Network Analyzer R&S®TSMQ [2] (siehe Kasten links), bietet gegenüber dem R&S®TSMU eine höhere Messgeschwindigkeit in GSM-Netzen (100 Kanäle/Sekunde statt bisher 80) und vergrößert damit die Chance, Störer zu ermitteln.
- Die neue Software-Option GSM Interference R&S®ROMES4COI identifiziert Störer eindeutig anhand von Leistungsmessungen in den Zeitschlitzten. Das bislang erforderliche Durchtesten potenzieller Störfrequenzen aus der angezeigten Störerliste entfällt.
- Die Bedienung ist durch eine verbesserte grafische Oberfläche noch einfacher geworden.

Neue Software-Option analysiert Messergebnisse vollautomatisch

Der GSM Network Scanner in der Plattform R&S®TSMU / R&S®TSMQ konnte bisher nur BCCH bzw. C0-Kanäle messen, er war nicht in der Lage, Verkehrskanäle (Cx) bzw. einzelne Zeitschlitzte zu erkennen. Die Mess-Software R&S®ROMES lieferte zwar eine Auswahl möglicher Störer und deren aktuelle Empfangspegel, die Auswertung der angezeigten Messergebnisse oblag jedoch dem Anwender.

Der neue Algorithmus analysiert nun die Messergebnisse vollautomatisch und kann Störer eindeutig identifizieren. Die Details der neuen Messmethode zeigt der Kasten auf den Seiten 13 und 14. Durch ein von Rohde & Schwarz grundlegend neu entwickeltes zusätzliches Verfahren, das jetzt in die Mess-Software R&S®ROMES und in die Firmware der GSM-Netzwerkscanner implementiert wurde, ist es nun möglich, mit der gleichen Hardware-Ausstattung die Leistung in einzelnen Zeitschlitzten individuell zu messen und zu bewerten. Sofern der gemessene Signalanteil (der Interferenz verursachenden Zelle)

Die Funknetzanalysatoren R&S®TSMx sind höchst leistungsfähig. So unterstützt beispielsweise der [Radio Network Analyzer R&S®TSMQ](#) (Bild unten) nicht nur Netze aller Standards (WCDMA, GSM, CDMA2000®), er kann auch in allen gleichzeitig messen.



Ser.	Time	Details	Serving cell	Chan.	C/I[dB]	Mobile
1	11:32:26,113	Mobile measured C/I ...	München	0	4.1	Z560[1]
2	11:32:28,941	Mobile measured C/I ...	München	0	4.1	Z560[1]
3	11:32:34,581	Mobile measured C/I ...	München	0	4.1	Z560[1]
4	11:32:35,987	Mobile measured C/I ...	München	46	9.4	Z560[1]
5	11:32:37,409	Mobile measured C/I ...	München	0	4.1	Z560[1]
6	11:36:18,598	Mobile measured C/I ...	München	0	4.1	Z560[1]
7	11:36:23,396	Mobile measured C/I ...	München	0	4.1	Z560[1]
8	11:36:26,223	Mobile measured C/I ...	München	0	4.1	Z560[1]
9	11:36:12,774	RxLev/RxQual thresh...	München	24	-	Z560[1]
10	11:40:55,681	Mobile measured C/I ...	München	0	9.2	Z560[1]
11	11:44:33,274	Mobile measured C/I ...	M-Riem-M	90	9.5	Z560[1]
12	11:44:47,399	RxLev/RxQual thresh...	München	H	-	Z560[1]
13	11:44:46,659	Mobile measured C/I ...	München	0	7.6	Z560[1]
14	11:45:03,603	Mobile measured C/I ...	München	123	8.9	Z560[1]
15	11:46:46,290	RxLev/RxQual thresh...	München	98	-	Z560[1]
16	11:47:40,446	RxLev/RxQual thresh...	M-Steinhausen	H	-	Z560[1]
17	11:49:27,946	Mobile measured C/I ...	München	46	9.6	Z560[1]
18	11:49:28,946	Mobile measured C/I ...	München	17	9.8	Z560[1]
19	11:49:38,947	Mobile measured C/I ...	München	0	5.0	Z560[1]
20	11:49:30,962	Mobile measured C/I ...	München	17	7.6	Z560[1]
21	11:49:29,962	Mobile measured C/I ...	München	46	9.9	Z560[1]

BILD 3 Beim Erreichen definierter Grenzwerte für RxLev / RxQual kommt es zu einer Fehlermeldung in der „Event List“.

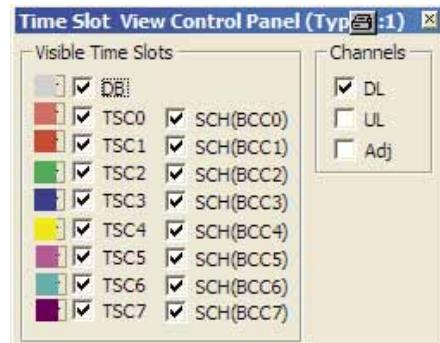
ausreichend groß ist, lässt sich der Urheber bestimmen. Dies geschieht mittels Identifizierung des Training Sequence Codes (TSC), der über die Basisstationsliste eindeutig einem Base Station Color Code (BCC) – und damit einer Zelle – zugeordnet werden kann.

Die Suche nach Störern

Wie bislang schon läuft während der Messung ein Dauergespräch auf einem Testmobiltelefon. Beim Überschreiten definierter Minimal- bzw. Maximalwerte von C/I oder RxLev / RxQual kommt es zu einer Fehlermeldung in der „Event List“. In BILD 3 beispielsweise verletzen die Werte für RxLev / RxQual in der Spalte „Time“ 11:46:46,290 die eingestellten Grenzwerte auf Kanal 98.

BILD 5 zeigt in der oberen Hälfte die Ergebnisse der Messungen in den Zeitschlitzten: Den gestörten Kanal 98 (Cx) mit

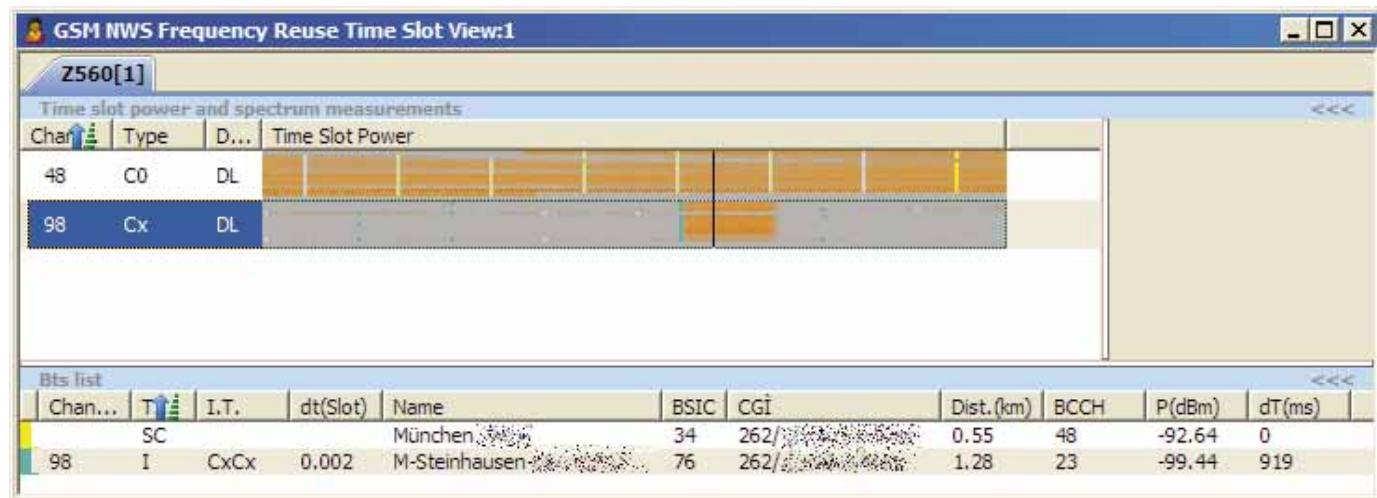
BILD 4 In diesem Fenster wird die Darstellung der erkannten Trainingssequenzen in der Zeitschlitzansicht definiert.



blauen Markierungen am Beginn der Zeitschlitzte und den zugehörigen C0 auf Kanal 48 mit gelben Markierungen am Beginn der Zeitschlitzte. Diese Markierungen stellen die Trainingssequenzen der gemessenen Zeitschlitzte dar. Der Grad der Sättigung mit Orange entspricht der relativen Empfangsleistung im jeweiligen Zeitschlitzt in diesem Kanal (für eine bessere Übersichtlichkeit wurde die Anzeige der Leistung normiert).

Im „Time Slot View Control Panel“ (BILD 4) wird die Darstellung der erkannten Trainingssequenzen in der Zeitschlitzansicht definiert. Demgemäß stellt die Zeitschlitzansicht Trainingssequenzen unterschiedlicher Basisstationen in verschiedenen Farben dar. Da jede Zelle auf allen Trägern denselben Farbcode (BCC) ausstrahlt, weist eine zweite Farbe in der Zeitschlitzansicht auf den Empfang einer zweiten Basisstation hin. Im Beispielfall zeigt BILD 5 Zeitschlitzte mit gelber (BCC 4) und hellblauer (BCC 6) Markierung an, sie stammen also von unterschiedlichen Basisstationen.

BILD 5 Die neue Leistungsmessung und Analyse auf Zeitschlitzbasis.



Das neue Messverfahren im Detail

Der erhöhte Bedarf an Übertragungskanälen in GSM-Mobilfunknetzen erfordert wegen der begrenzten Frequenzressourcen die Mehrfachverwendung von Frequenzen. Dies führt in den Übertragungskanälen jedoch häufig zu mehr Gleich- und Nachbarkanalstörungen. Das Bestimmen und Trennen gewünschter und störender Signalanteile ist jedoch wegen der prinzipiell ähnlichen Struktur von erwünschtem Signal und Störsignal nicht einfach. Mobiltelefone sind dafür ungeeignet. Prädestiniert für solche Aufgaben sind die Funknetzanalysatoren R&S®TSMx von Rohde & Schwarz.

Welche Signalstrukturen eignen sich zur Interferenzanalyse?

Jede Basisstation (BTS) unterstützt die Synchronisation eines Mobiltelefons auf das Netz mit bestimmten Hilfssignalen. Diese werden von jeder Zelle über einen Funkkanal abgestrahlt, der meist als BCCH der Zelle bezeichnet wird (besser: BCCH-Träger oder C0). Die Hilfssignale heißen FB (Frequenzkorrekturburst) und SB (Synchronisationsburst). Alle anderen in der Zelle verwendeten Frequenzen dienen als sogenannte Verkehrskanäle (TCHs oder Cx) der Übertragung von Nutzdaten.

Mit dem FB wird periodisch ein frequenzversetztes Sinussignal erzeugt, das als Referenzsignal die Frequenzsynchrone im Mobiltelefon unterstützt. Der Synchronisationsburst

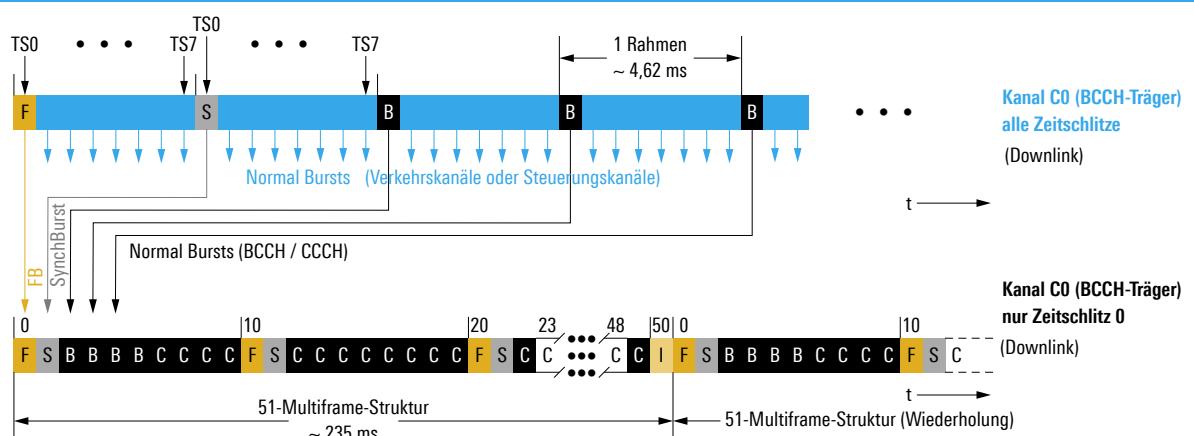
enthält Informationen, die der zeitlichen Synchronisation dienen. Sie bestehen aus einer charakteristischen Bitsequenz, der sogenannten erweiterten Trainingssequenz ETS (Extended Training Sequence) sowie aus Rahmennummern und dem BSIC (Base Station Identity Code), einer ersten Differenzierungshilfe für unterschiedliche Signalquellen.

Die ETS ist in jedem GSM-Mobiltelefon gespeichert und in der GSM-Welt eindeutig. Durch ihre Länge und Unverwechselbarkeit unterstützt sie den Synchronisationsprozess eines Mobiltelefons optimal. Veränderungen an der ETS auf dem Übertragungspfad lassen Rückschlüsse auf eventuelle Einbußen bei den Nutzdaten zu. Die korrekte Decodierung von BSIC und Rahmennummer wird durch Kenntnis dieser Veränderungen eigentlich erst möglich (Equalizer- / Entzerrer-Prinzip). Jede Zelle strahlt den FB und den SB in einer festen, sich wiederholenden zeitlichen Struktur ab (51-Multiframe-Struktur, Bild 1). Und gerade diese feste zeitliche Struktur ist der Schlüssel für das Trennen und Bestimmen unterschiedlicher Signalanteile innerhalb eines Kanals.

Wie unterscheiden sich Signalanteile aus unterschiedlichen Quellen im Empfangskanal?

Je nach Entfernung der verschiedenen Sendestationen zum Messsystem kommen die von verschiedenen Zellen gleichzeitig abgestrahlten Signalmuster dort zu unterschiedlichen

Rahmenstrukturen / Zeitschlitz im BCCH-Träger einer Basisstation



F: Frequency Correction Burst S: Synchronization Burst B: Broadcast Control Channel C: Common Control Channel I: Idle TS: Timeslot, Zeitschlitz (577 µs)

BILD 1 Im Zeitschlitz TS0 senden BCCH-Träger den Frequenzkorrektur- und Synchronisations-Burst sowie weitere Hilfssignale.

Zeiten und mit verschiedenen Empfangspegeln an. Bei einem festen Empfangsort hat der Anfangszeitpunkt dieser charakteristischen 51-Multiframe-Struktur immer den gleichen Zeitversatz, sofern er aus einer Quelle stammt. Ein unterschiedlicher Zeitversatz weist daher auf einen unterschiedlichen Ursprung des empfangenen Signals hin (BILD 2).

Verändern sich Messort und damit Signallaufzeiten und Pegel, so gleicht die Software diese Änderung aus, indem sie Positionsinformationen, z.B. aus einem GPS-Empfänger, verarbeitet. Die Analyse ist speziell dann relativ einfach, wenn es sich bei den Quellen um BCCH-Träger handelt.

Was ist anders bei Störungen durch Verkehrskanäle?

Handelt es sich bei den gewünschten / unerwünschten Signalen um Verkehrskanäle, fehlen leider die charakteristischen Erkennungsstrukturen FB und SB. Der einzige Anhaltspunkt zum Identifizieren und Trennen von Signalanteilen in Verkehrskanälen sind die in jedem Zeitschlitz (Burst) enthaltenen

normalen Trainingssequenzen (TSC). Eine Analyse basierend auf den normalen Trainingssequenzen ist allerdings aufwendiger als diejenige mit FB und SB. Für eine korrekte Messung müssen alle TSCs auf Zeitschlitzbasis analysiert und berücksichtigt werden.

Dank der hohen Messgeschwindigkeit der Netzwerkscannerfamilie R&S®TSMx und der neuen Software-Option R&S®ROMES4COI ist das aber kein Problem. Dieses System erlaubt es nun, unterschiedliche Signalanteile im gestörten Kanal auch auf Zeitschlitzbasis zu messen und zu identifizieren. Das gleiche Prinzip gilt ebenso für Verkehrskanäle im Uplink und ermöglicht somit auch deren Analyse. Der Nutzer kann über die Mess-Software R&S®ROMES und eine Basisstationsliste schnell und einfach herausfinden, welche nicht gewünschten GSM-Signalanteile in einem Empfangskanal zu finden sind, wie stark sie sind und welche Station das Signal aussendet.

Kurt Gstattenbauer

Unterschiedlicher, periodischer Zeitversatz am Messort für BCCH-Träger von verschiedenen Stationen

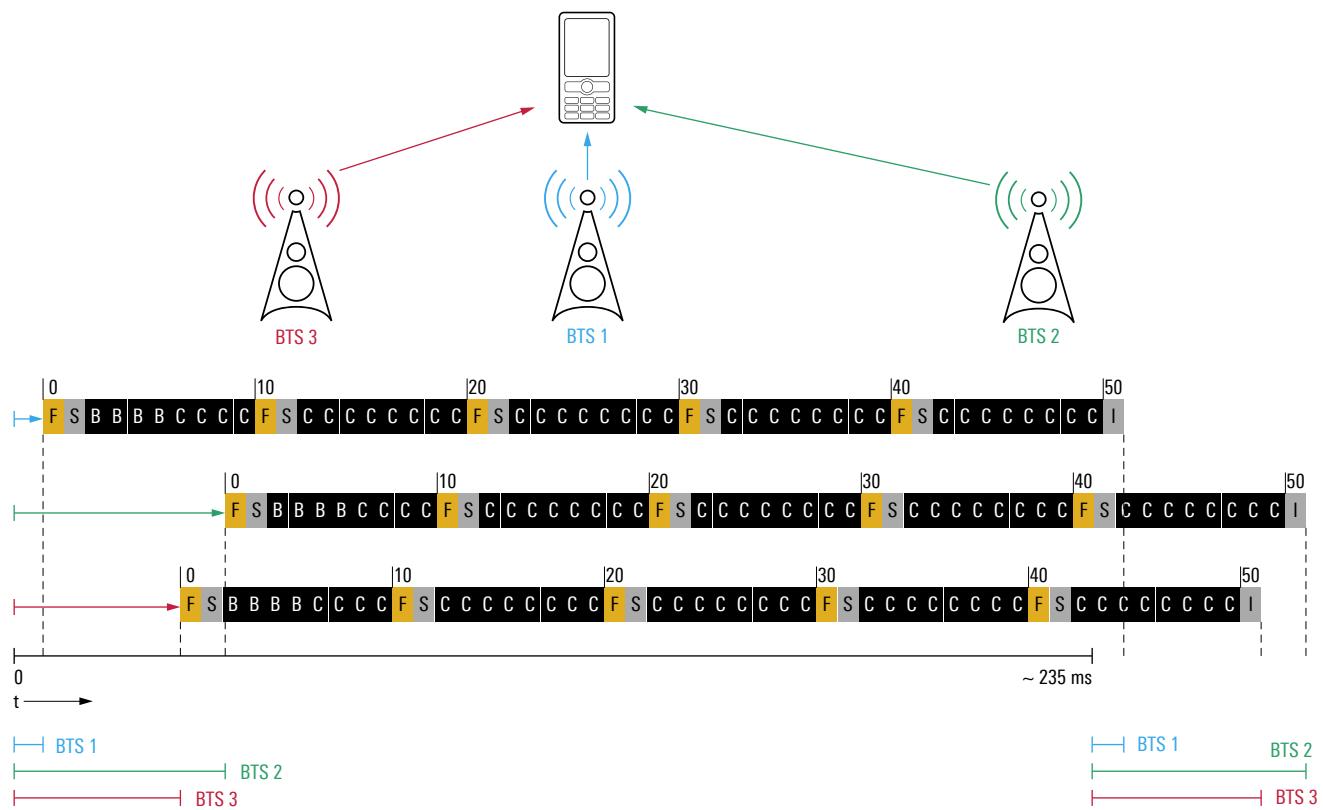


BILD 2 Der unterschiedliche Zeitversatz der 51-Multiframe-Strukturen repräsentiert einen unterschiedlichen Ursprung der empfangenen Signale.

Positioniert man mit dem Cursor die schwarze senkrechte Linie auf den störenden Zeitschlitz, wird die empfangene Zelle – über die geladene BTS-Liste des Betreibers – eindeutig identifiziert und im unteren Teil des Fensters in BILD 5 angezeigt („M-Steinhausen…“, BCC 6 (hellblau), Leistung, Entfernung, etc.). Außerdem sind zwei unterschiedliche Versätze der Zeitschlitte zwischen den Kanälen sichtbar (Spalte „dt(Slot)“). Das deutet auf zwei unterschiedliche Störer hin (mit gleichem BCC, aber verschiedenem Zeitversatz), da alle Träger einer Zelle synchronisiert sind. Versetzt man die schwarze senkrechte Linie auf einen anderen Zeitschlitz, wird auch der zweite Störer angezeigt (BILD 6). Hier stört der C0 der Zelle „M-Moosfeld- …“ den Verkehrskanal 98 des Testmobiltelefons.

Fazit

Wie schon das bisherige, so ermöglicht auch das neue Verfahren Interferenzmessungen und deren Analyse sowie detaillierte „Was wäre wenn“-Betrachtungen durch Verändern der entsprechenden Triggerschwellen. Das System zeichnet die originären Messdaten auf, so dass der Algorithmus versuchsweise mit geänderten Grenzwerten jederzeit erneut ablaufen kann.

Die neue Implementierung liefert jedoch zusätzliche wichtige Informationen. Bei gleicher Messzeit reduziert sich dadurch der Aufwand für die Analyse der Störerzellen sowie deren Verifizierung und die Fehlerbeseitigung wesentlich. Das Durchtesten mehrerer Frequenzen aus der bisherigen Störerliste entfällt, so dass auch die Mitarbeiter im Operation and Maintenance Center entlastet werden.

Bisherige Anwender von R&S®ROMES können durch eine einfache Software-Aufrüstung umstellen, bereits vorhandene GSM-Netzwerkscanner lassen sich mit einem Firmware-Update auf den neuesten Stand bringen.

Christian Fischer

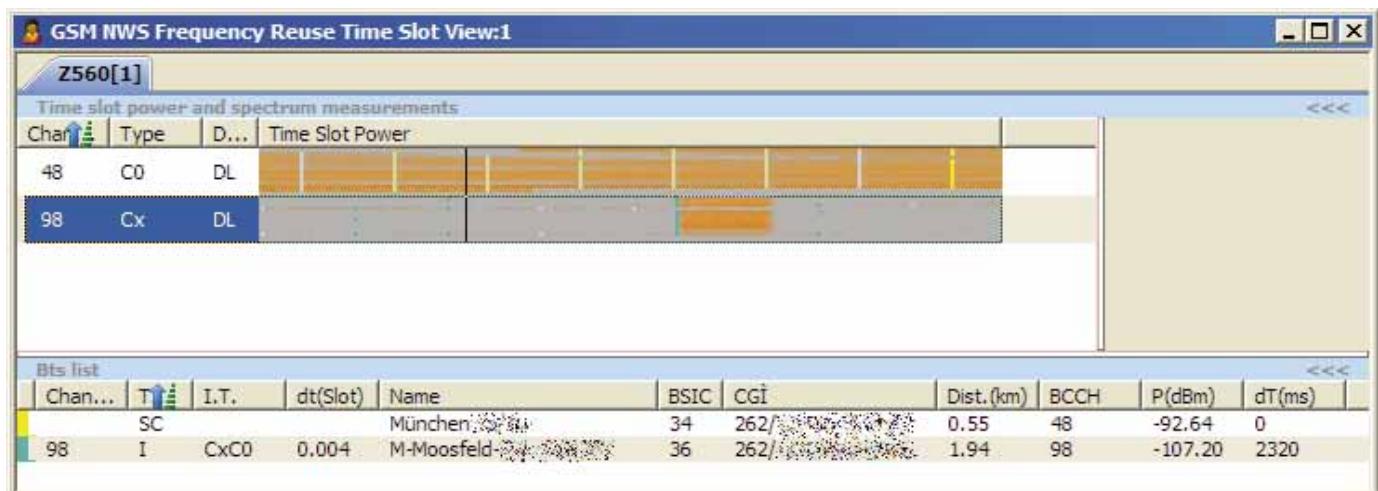
Literatur

- [1] Radio Network Analyzer R&S®TSMU: Interferenzen in GSM-Netzen automatisch aufspüren. Neues von Rohde & Schwarz (2006) Nr. 190, S. 4–9.
- [2] Funknetzanalysatoren R&S®TSMx: Funknetzanalysatoren für alle Aufgaben und jedes Budget. Neues von Rohde & Schwarz (2007) Nr. 192, S. 5–8.

Die wichtigsten Abkürzungen

BCCH	Broadcast Control Channel (hier auch C0)
BSIC	Base Transceiver Station Identity Code (= NCC + BCC)
NCC	Network Color Code
BCC	BTS Color Code
BTS	Base Transceiver Station
CCCH	Common Control Channel
C/I	Carrier-to-Interference Performance
FB	Frequency Correction Burst
FCCH	Frequency Correction Channel
RxLev	Reception Level
RxQual	Reception Quality
SB	Synchronization Burst
SCH	Synchronization Channel
TCH	Traffic Channel (hier auch Cx)
TSC	Training Sequence Code

BILD 6 Ein zweiter Störer: Auch der C0 der Zelle „M-Moosfeld“ stört den Verkehrskanal 98 des Testmobiltelefons.



LTE-Protokolltests für IO(D)T und R&D mit dem R&S®CMW500

Die Standardisierung der Layer-3-Signalisierung für den neuen Mobilfunkstandard UMTS Long Term Evolution (LTE) ist nahezu abgeschlossen. Und schon stellt Rohde & Schwarz für die Testplattform R&S®CMW500 sowohl Testszenarienpakete als auch eine leistungsfähige Programmierschnittstelle zum Erstellen anwenderspezifischer Tests zur Verfügung. Eine besondere Rolle spielen dabei die von LSTI definierten IODT-Tests.

Die LTE/SAE Trial Initiative

Die LTE/SAE Trial Initiative (LSTI) ist ein Zusammenschluss von Netzbetreibern und Herstellern, deren Ziel es ist, die Realisierung des 3GPP-LTE/SAE-Standards voranzutreiben. Dabei steht insbesondere die Demonstration der Leistungsfähigkeit von LTE und SAE im Fokus. LSTI hat sich auf eine Auswahl essenzieller LTE-Funktionen verständigt, die im Rahmen des Inter-Operability Development Testing (IODT) und Inter-Operability Testing (IOT) verifiziert werden. IODT bezeichnet dabei frühe Tests einer Untermenge von LTE/SAE-Funktionen auf der Funkschnittstelle und ist ein vorbereitender Schritt zu Interoperability-Tests zwischen den Mobilfunk-Infrastruktur- und Endgeräte-Herstellern. Die einzelnen Tests sind in den „LSTI Common Test Descriptions“ definiert. Rohde & Schwarz wurde im Februar 2008 LSTI-Mitglied und wirkt maßgeblich an der Ausarbeitung dieser Descriptions mit.

LSTI-IODT-Testszenarien

Rohde & Schwarz bietet das Testszenarienpaket „LTE IO(D)T and Field Trial“ für die Testplattform R&S®CMW500 an. Die Verfügbarkeit der IODT-Tests in einer Laborumgebung erlaubt die optimale Vorbereitung auf Tests in Versuchsnetzen gegen eine LTE/SAE-Infrastrukturimplementierung. Weitere Vorteile speziell der IODT-Testszenarien auf dem R&S®CMW500 sind:

- Komfortable Einstellung von Netzwerkparametern
- Detaillierte Analyse von Testergebnissen
- Einfache Reproduzierbarkeit von Ergebnissen
- Die Testszenarien liegen dem Anwender im Quelltext vor und können verändert und erweitert werden

Besonders interessant ist, dass die Testszenarien in diesem Paket sowohl auf dem Hardware-Protokolltester R&S®CMW500 (BILD 1) als auch in der virtuellen LTE-Testumgebung R&S®CMW-KP502 als reine Protokoll-Stack-Softwaretests ausgeführt werden können.

BILD 1 Der universelle Wideband Radio Communication Tester R&S®CMW500 adressiert das komplette Testszenario von der Entwicklung bis zur Produktion. Er deckt alle Layer und alle relevanten Standards ab.



R&S®CMW500: Multistandard-Plattform für die Messaufgaben der drahtlosen Zukunft

Der Wideband Radio Communication Tester R&S®CMW500 ist die erste Komplettlösung auf den Markt, die alle Phasen der Entwicklung und der Produktion abdeckt. Er vereint einzigartige Vorteile, die ihn auf Jahre hinaus zu einer sicheren Investition machen.

Multistandard-Plattform für Entwicklung und Produktion

Als echter Ein-Box-Tester erfüllt der R&S®CMW500 die steigenden Anforderungen in der Entwicklung und Produktion von Chipsets und mobilen Endgeräten. Deshalb unterstützt er in der Fertigung alle relevanten zellularen und nicht zellularen Standards. Und in der Entwicklung bietet er den Vorteil, mit einem einzigen Gerät alle funktionalen Layer eines mobilen Endgeräts testen zu können: von den HF-Parametern über die Protokolle bis hin zu den Applikationen. Mit seinem Frequenzbereich bis 6 GHz ist er auch bestens auf künftige technologische Entwicklungen vorbereitet.

Gegenüber bisherigen Verfahren wie WCDMA oder GSM stellen Standards wie LTE und HSPA+ durch komplexere Modulationsverfahren (64QAM), Mehrantennensysteme (MIMO) sowie mehr Konfigurationsmöglichkeiten im Layer 1 höhere Anforderungen an die Messtechnik. Auch in den Protokollen werden die Prozesse aufwendiger. Deshalb hat Rohde&Schwarz den R&S®CMW500 in enger Zusammenarbeit mit Mobilfunkherstellern und Chipsatz-Designern speziell auf diese Anforderungen zugeschnitten. Er beinhaltet die Funktionalität eines HF-Generators und HF-Analysators und kann über die Signalisierung das Zusammenspiel von Downlink- und Uplink-Signalen steuern.

In der Produktion stehen Zeit- und Kostensparnis im Vordergrund. Dafür hat Rohde&Schwarz spezielle Ansätze entwickelt: Durch das R&S®Smart-Alignment-Testkonzept ist der R&S®CMW500 beim Abgleich im Vergleich zu herkömmlichen Methoden bis zu zehn mal schneller. Zudem ist er optional mit zwei Kanälen ausgestattet, was die parallele Messung zweier Prüflinge mit unterschiedlichen Standards erlaubt. Da minimale Produktionskosten darüber hinaus maximalen Erstdurchsatz (First Pass Yield) voraussetzen, wurden bei der Entwicklung des Testers besonders hohe Maßstäbe bezüglich absoluter Genauigkeit, Wiederholbarkeit und Linearität angelegt.

Einheitliche Testkonzepte von der Entwicklung bis zur Produktion

Ein bisher kaum beachteter Vorteil ist die Verwendung einheitlicher Testkonzepte in allen Entstehungsphasen eines Produkts. Da der R&S®CMW500 von der Entwicklung bis zur Produktion verwendet werden kann, liefert er durchgängig konsistente, vergleichbare Ergebnisse. Fehler, die in der Produktion auftreten, können einfach in der Entwicklung reproduziert werden. Umgekehrt lassen sich Test-Scripts oder Abgleichroutinen, die während der Entwicklung erstellt wurden, später bei der Integration oder in der Produktion wieder verwenden.

Von HF- über Protokoll- bis zu Ende-zu-Ende-Applikationstests

Die Übertragung hoher Datenraten über den nicht gerade idealen Kanal Funkschnittstelle erfordert einen hohen Aufwand in den Protokollen der Mobilstation. Fehlerbehaftete Datenpakete müssen korrigiert, parallele Datenströme verarbeitet werden. Diese extrem schnellen Prozesse wie HARQ (Hybrid Automatic Repeat Request) und MIMO laufen im Layer 1. Da der R&S®CMW500 sowohl Protokollaspekte als auch hardware-nahe HF-Messungen gleichzeitig durchführt, vereinfacht er die Fehlersuche deutlich.

Der R&S®CMW500 auf einen Blick

- | Skalierbarer Mobilfunktester für Entwicklung und Produktion
- | Multistandard-Tester
- | Unterstützt alle Layer (HF, Protokoll, Applikation)
- | Zukunftsweisende Hardware (Frequenzbereich optional bis 6 GHz, MIMO-fähig)
- | Reduzierte Testzeiten und -kosten (bis zu 10-mal schnellerer Abgleich als mit herkömmlichen Methoden)
- | Hohe Genauigkeit und Reproduzierbarkeit

Unterstützte Standards

- | GSM/(E)GPRS
- | WCDMA/HSPA
- | LTE
- | TD-SCDMA
- | CDMA2000® 1xRTT / CDMA2000® 1xEV-DO
- | Mobile WIMAX™
- | WLAN
- | Bluetooth®
- | DVB-T
- | GPS

Bei den Herstellern steht bereits in frühen Entwicklungsphasen die Messung der Leistungsfähigkeit von HF-Parametern, der Layer-1-Einheit und des Protokolls auf dem Testplan. Möglichst realistische und praxisnahe Testszenarien erfordern hier Lösungen, die über alle Layer hinweg Ende-zu-Ende-Performance-Messungen ermöglichen. Dafür ist die vom R&S®CMW500 gebotene hohe Testtiefe ideal, die durch die Kombination von HF-, Protokoll- und Applikations-Tests erreicht wird.

Fazit

Mit dem R&S®CMW500 steht Chipsatz- und Mobiltelefon-Herstellern sowie Netzbetreibern eine vielseitige, skalierbare Plattform für alle relevanten Tests zur Verfügung. Sein modulares Konzept verspricht neben minimalen Prüfkosten eine hohe Investitionssicherheit. Der Tester erledigt alle Aufgaben, für die üblicherweise mehrere Messgeräte erforderlich sind. Er ist damit kosteneffektiv und platzsparend – und verspricht auf Jahre hinaus einen hohen Return on Investment.

Weitere Artikel über den R&S®CMW500:

- | Durchbruch bei Skalierbarkeit und Geschwindigkeit in der Fertigung. Neues von Rohde&Schwarz (2008) Nr. 195, S. 4–9.
- | UMTS-LTE-Protokolltests für alle Phasen der Entwicklung. NEUES (2008) Nr. 196, S. 10–15.
- | Vielseitige und präzise Signale für die Fertigung mobiler Endgeräte. NEUES (2008) Nr. 197, S. 15–17.

LTE-R&D-Testszenarien-Framework für den R&S®CMW500

Auf dem R&S®CMW500 stehen zwei Programmierschnittstellen für die Implementierung von LTE-R&D-Protokolltests zur Verfügung:

I LLAPI – Low Level API (R&S®CMW-KP501)

LLAPI-basierte Testszenarien steuern die unteren Schichten des netzwerkseitigen LTE-Protokoll-Stacks direkt. Einzelne Schichten wie z.B. RLC können transparent geschaltet werden. Dies erlaubt das gezielte Testen der unteren Protokollsichten sowie Negativtests. In einem Endgerät können damit die Layer 1 und Layer 2 in einer frühen Entwicklungsphase noch vor der Verfügbarkeit von Signalisierungsfunktionalität verifiziert werden.

I MLAPI – Medium Level API (R&S®CMW-KP500)

Ein MLAPI-Testszenario nutzt für die Signalisierung nur einen einzigen Service Access Point (SAP) in der RRC-Implementierung im R&S®CMW500, über den hauptsächlich die über die Luftschnittstelle übertragenen Peer-to-Peer-Nachrichten ausgetauscht werden. Der RRC-Konfigurator übernimmt die automatische Konfiguration der unteren Protokollsichten und hält diese automatisch konsistent zu den Signalisierungsnachrichten, die zwischen dem LTE User Equipment (UE) und der Netzwerkseite ausgetauscht werden. Der Einsatz von MLAPI empfiehlt sich für das Testen des kompletten Protokoll-Stacks im Endgerät. Das Spektrum der Anwendungen reicht dabei von Higher-Layer-Signalisierung – u.a. Handover- und Inter-RAT-Prozeduren – bis zu Ende-zu-Ende-Tests IP-basierter Applikationen.

BILD 2 zeigt eine Gegenüberstellung beider Programmierschnittstellen. MLAPI-Szenarien setzen oberhalb des im LTE-Protokoll-Stack implementierten RRC-Konfigurators auf, während LLAPI-Szenarien direkt die einzelnen Protokollsichten steuern.

MLAPI – Automatische Konfiguration des Protokoll-Stacks

Der RRC-Konfigurator sorgt für eine konsistente Konfiguration des LTE-Protokoll-Stacks und wertet dazu die zwischen dem MLAPI-Testszenario und dem UE ausgetauschten Protokollnachrichten aus. Während im MLAPI-Testszenario nur das Senden von und Reagieren auf Layer-3-Nachrichten implementiert ist, übernimmt der RRC-Konfigurator in dem Protokoll-Stack, der der MLAPI zugrunde liegt, die Ansteuerung der unteren Protokollsichten. Mit dem Message Composer (R&S®CMW-KT012) editiert der Anwender komfortabel die Inhalte der Layer-3-Signalisierungsnachrichten. Es reicht aus, in einer einzelnen Datei Änderungen vorzunehmen, um sowohl die Nachricht selbst als auch die Konfiguration des Protokoll-Stacks konsistent einzustellen.

LLAPI und MLAPI

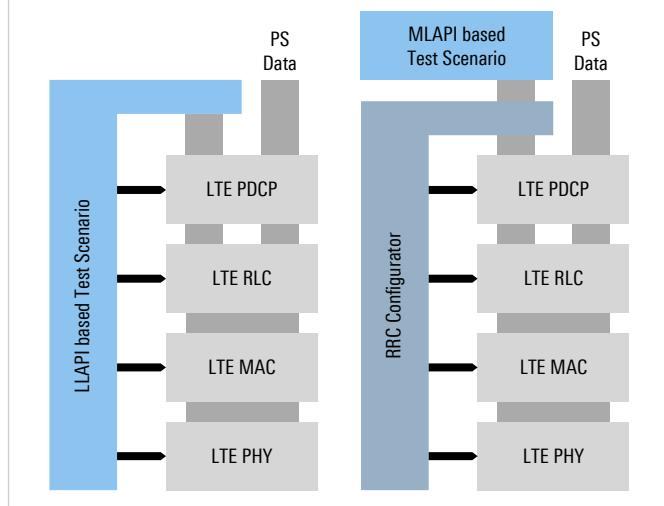


BILD 2 Vergleich der Schnittstellen LLAPI und MLAPI.

Da die Inhalte von Protokollnachrichten als XML-Dateien abgelegt sind und erst zur Laufzeit vom MLAPI-Testszenario interpretiert werden, ist ein Ändern der Konfiguration ohne Neukompilierung möglich. Soweit das dynamische Verhalten des Testszenarios, also die Abfolge der verschiedenen Nachrichtentypen, gleich bleibt, können neue Testszenarien erstellt werden, ohne den C++-Quellcode zu verändern. Das ermöglicht neuen Nutzern den schnellen Einstieg in die Arbeit mit MLAPI auch ohne Kenntnisse von C++ (BILD 3).

Die LTE-MLAPI-State-Machine-Bibliothek: Ein Baukasten für LTE-Testszenarien

Um das Erstellen von L3-Signalisierungsszenarien zu vereinfachen, wird zusammen mit den LTE-Beispiel-Testszenarien (R&S®CMW-KF500) eine C++-Klassenbibliothek ausgeliefert, die fertige Bausteine enthält, in denen RRC- und NAS-Prozeduren als State-Machine-Klassen implementiert sind. BILD 4 illustriert, wie durch den einfachen Aufruf von vier dieser MLAPI-State-Machine-Klassen ein Testszenario realisiert werden kann. Das UE durchläuft bei diesen Tests Registrierung, Aktivierung und Deaktivierung einer Paketdatenverbindung und initiiert am Ende der Tests eine Detach-Prozedur. Die MLAPI State Machines sind dabei modular aufgebaut, d.h. Prozeduren, die in mehreren MLAPI State Machines wieder verwendet werden, sind in separaten State Machines gekapselt.

Für den Anwender der MLAPI ergibt sich daraus der Vorteil, dass sehr schnell komplexe Signalisierungstests realisiert werden können, ohne alle Teile der Prozeduren neu implementieren zu müssen. Durch Verwendung objektorientierter

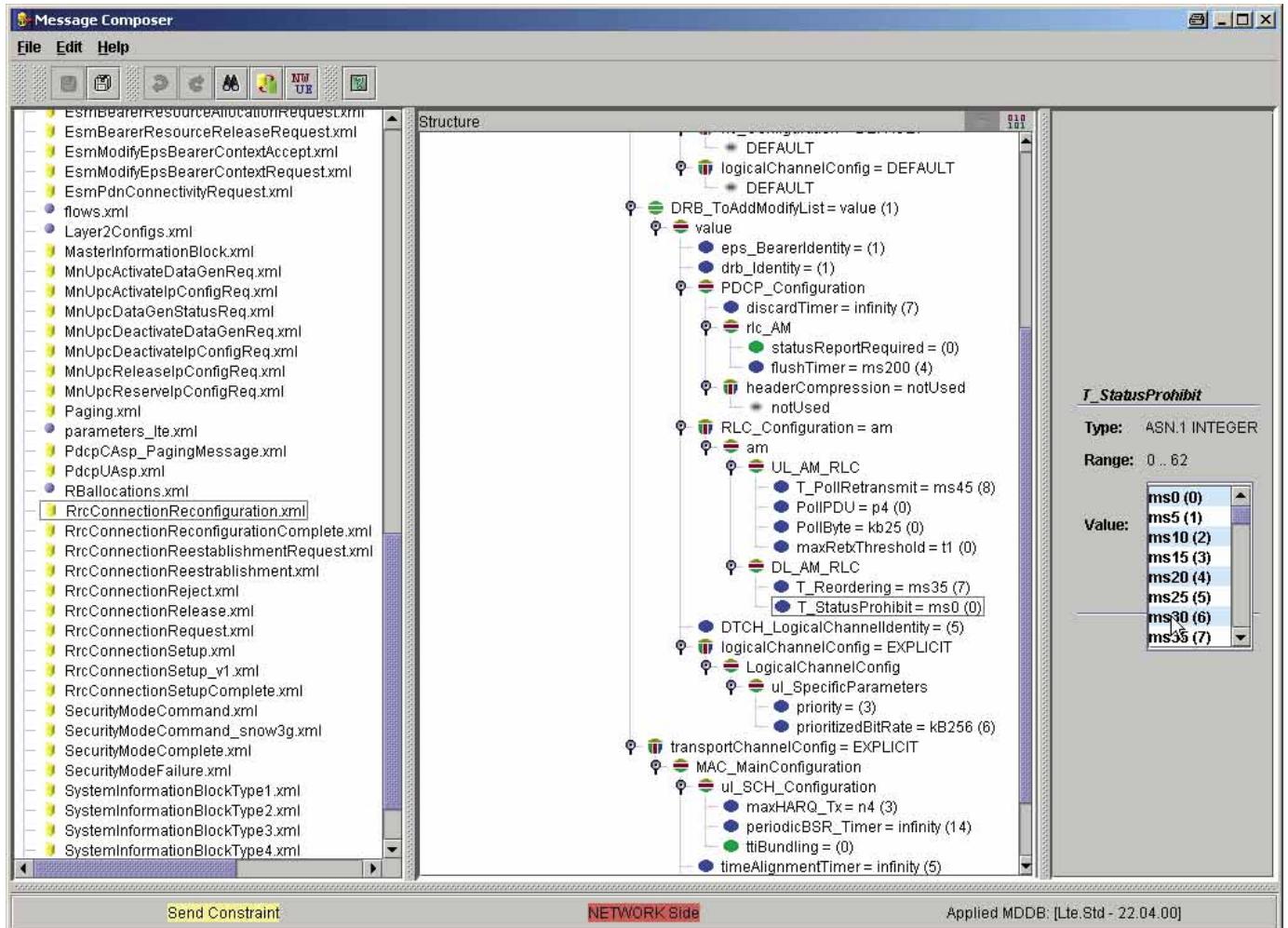


BILD 3 Einfaches Editieren von Signalisierungsnachrichten im Message Composer.

Programmiertechniken bleibt der C++-Quelltext übersichtlich und strukturiert. Fortgeschrittene Anwender finden den Quellcode für alle mitgelieferten State Machines und können diese als Basisklassen für eigene State Machines verwenden. Zusammen mit den MLAPI State Machines werden auch die darin verwendeten Protokollnachrichten in Form von XML-Dateien mitgeliefert.

Kombination von LLAPI und MLAPI in einem Testszenario

LLAPI und MLAPI sind Bestandteile eines einheitlichen Test-szenarien-Frameworks für den R&S®CMW500. Das ermöglicht Anwendern, beide Welten in einem Test zu nutzen und so von den Stärken der jeweiligen Schnittstelle gleichermaßen zu profitieren. Um z.B. ein UE am Netzwerk zu registrieren und die Signalierung für die Aktivierung eines Paketdatendienstes durchzuführen, kann auf die im vorherigen Abschnitt beschriebenen MLAPI State Machines zurückgegriffen

Hierarchie der Testszenarien-Bausteine

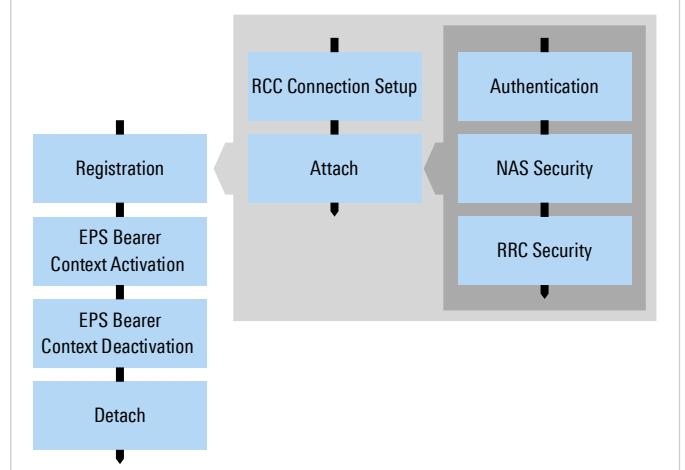


BILD 4 Die Teilschritte des RRC-Verbindungsaufbaus und der eigentlichen Attach-Prozedur sind in eigene State Machines gegliedert. Die State Machine Attach ihrerseits ist wieder in weitere State Machines für Authentisierung und für Security-Prozeduren unterteilt.

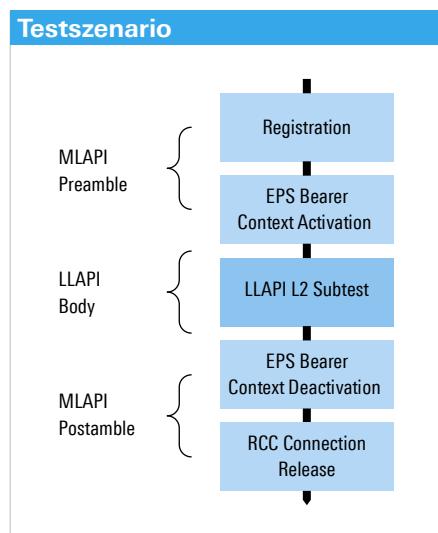


BILD 5 Ablauf eines kombinierten LLAPI- / MLAPI-Testszenarios.

Einsatzgebiete sind sowohl die Integration und Verifikation von Protokoll-Stack-Funktionalität als auch UE-Regressions-tests, die einen Vergleich verschiedener UE-Softwarestände erlauben. Die Abstimmung der Szenarienimplementierung mit Schlüsselkunden sichert die Auswahl relevanter Test-zwecke und die Praxistauglichkeit der Szenarienpakete von Rohde&Schwarz.

Fazit

Mit dem Wideband Radio Communication Tester R&S®CMW500, den leistungsfähigen LLAPI- / MLAPI-Pro grammierschnittstellen und maßgeschneiderten LSTI-IODT-Testszenario-Paketen stellt Rohde&Schwarz den Handy-Herstellern eine perfekte Kombination von Testequipment und Testfällen bereit, mit denen sie LTE-Signalisierungstests rasch, effizient und kostengünstig durchführen können.

Michael Dreimann

werden. Die gezielte Manipulation von RLC und MAC kann dann in einem zweiten Testschritt mit der Funktionalität der LLAPI vorgenommen werden. BILD 5 zeigt die Strukturierung eines solchen Szenarios in MLAPI Preamble, LLAPI Body und MLAPI Postamble. Dieser Ansatz spart Zeit bei der Implementierung der ggf. in anderen Tests schon verifizierten Signalisierung und erlaubt die Konzentration auf die Implementierung des eigentlichen Layer-1- oder Layer-2-orientierten Testzwecks.

R&D-Testszenarienpakete für den R&S®CMW500

MLAPI hat sich als Basis von mehr als 1000 kommerziell verfügbaren R&D- und IOT-Testszenarien auf dem 3G-WCDMA-Protokolltester R&S®CRTU-W bewährt. Für LTE-Protokolltests gibt es neben dem bereits erwähnten IODT-Testszenarienpaket R&S®CMW-KF505 vier weitere Produktoptionen:

I R&S®CMW-KF500 – LTE Sample Scenarios

LLAPI- und MLAPI-Beispieldaten zur Veranschaulichung der Anwendung des MLAPI Frameworks und der State-Machine-Klassen

I R&S®CMW-KF502 – Basic LTE Procedures

Grundlegende LTE-RRC- und NAS-Prozeduren, darunter Attach, Detach, Aufbau eines EPS Bearers, GUTI Reallocation und Tracking Area Update

I R&S®CMW-KF503 – EPS Bearer Verification

Aktivierung und Verifikation verschiedener Radio-Bearer-Konfigurationen

I R&S®CMW-KF504 – Intra-LTE Mobility and Handover

Handover und Mobilität innerhalb LTE. Intrafrequenz- und Interfrequenz-Handover, Nachbarzellenmessungen

Die wichtigsten Abkürzungen

EPS	Evolved Packet System
GUTI	Globally Unique Temporary Identifier
IODT	Inter-Operability Development Testing
IOT	Inter-Operability Testing
LLAPI	Low Level Application Programming Interface
LSTI	LTE/SAE Trial Initiative
LTE	Long Term Evolution
MLAPI	Medium Level Application Programming Interface
PHY	Physical Layer
RAT	Radio Access Technology
RLC	Radio Link Control
RRC	Radio Resource Control
SAE	System Architecture Evolution
SAP	Service Access Point
UE	User Equipment

IP-basierte Applikationstests an mobilen WiMAX™-Endgeräten

Beim Designprozess von WiMAX™-Endgeräten sind Tests auf Applikationsebene, beispielsweise die Datenübertragung oder das Video-Streaming, unverzichtbar. Diese Tests liefern wichtige Aussagen für die Optimierung von Parametern, die in der Praxis für Netzbetreiber und Endanwender von großer Bedeutung sind.

Hohe Datenraten – eine Herausforderung

Der Mobilfunkstandard WiMAX™ gemäß IEEE 802.16e-2005 ermöglicht den drahtlosen Zugang zum Internet mit hoher Datenrate. Er bietet sich dort als Alternative zu DSL-Netzen an, wo eine Verkabelung nicht wirtschaftlich ist – z.B. in Randbereichen von Städten oder in ländlichen Regionen. Die Hersteller mobiler WiMAX™-Endgeräte stellt dies vor die besondere Herausforderung, das Design ihrer Produkte für die großen Datenmengen, wie sie beispielsweise bei der Datenübertragungen per FTP oder beim Video-Streaming anfallen, zu optimieren.

Der WiMAX™ Communication Tester R&S®CMW270 als Teil einer neuen Generation von Rohde&Schwarz-Mobilfunk-Messgeräten ist dafür ein erstklassiges Werkzeug. Mit seinen

Der WiMAX™ Communication Tester R&S®CMW270 ist die erste echte „all-in-one“-Lösung für die kostenoptimierte Massenproduktion von WiMAX™-Endgeräten. Erstmals in NEUES vorgestellt wurde er im Heft 196 / 08, S. 22–27.



Testaufbau und Schichtenmodell

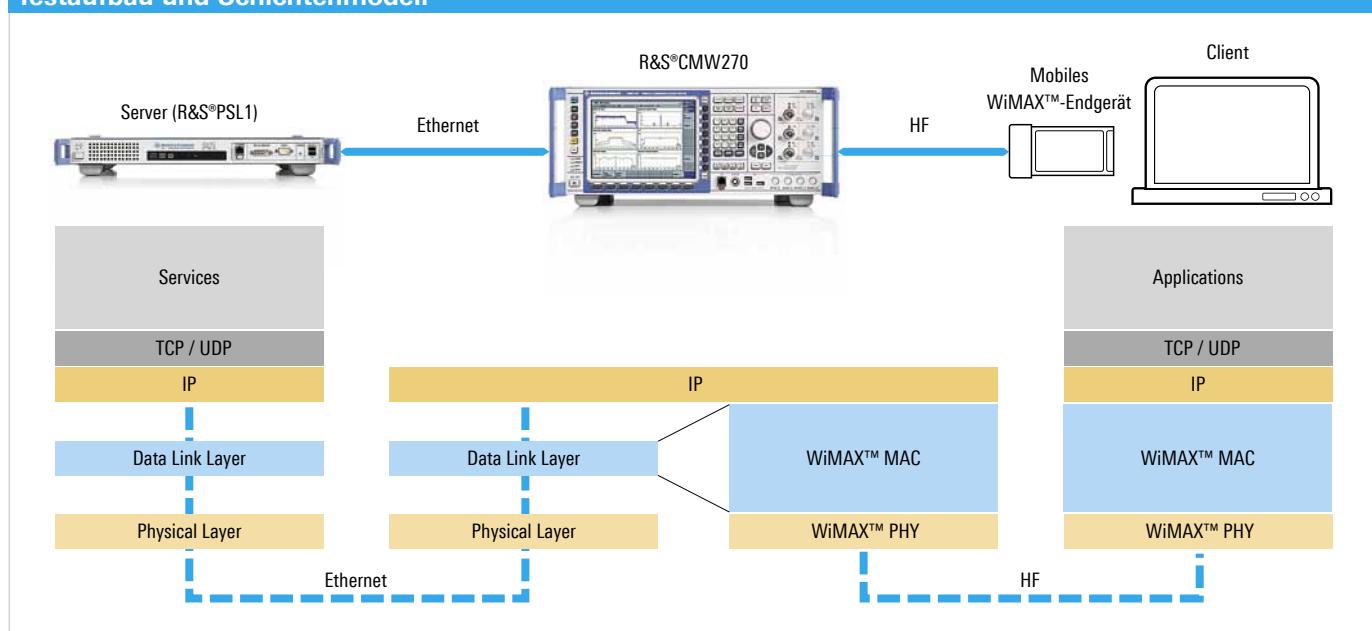


BILD 1 Testaufbau für Ende-zu-Ende-Test von WiMAX™-Endgeräten und das entsprechende Schichtenmodell.

Funktionen zur PHY- und MAC-Layer-Analyse und mit seiner integrierten Signalisierungseinheit (Basisstationsemulator) ist er eine einfach konfigurierbare und kostengünstige Alternative zu realen WiMAX™-Basisstationen und liefert darüber hinaus stabile und reproduzierbare Testergebnisse.

In Verbindung mit der Option Application Enabler (R&S®CMW-KA700) überprüft der R&S®CMW270 die erreichbaren Downlink- und Uplink-Datenraten mobiler WiMAX™-Endgeräte und hilft, diese Produkte für typische Endnutzeranwendungen zu optimieren. Anwendern oder Netzbetreibern ist für solche Applikationen besonders der maximal mögliche Datendurchsatz wichtig. Das Endgerät muss die ankommenden Daten ohne Unterbrechung und Wiederholungen übernehmen können. Denn andernfalls wird die zugeordnete Übertragungskapazität nicht genutzt, was beim Endanwender zu niedrigen Datenraten führt und für Netzbetreiber zur Folge hat, dass ihre Netze nicht mit der maximal möglichen Wirtschaftlichkeit betrieben werden.

Nur Applikationstests verifizieren die Gesamtfunktion von Endgeräten

Die meisten Internet-Anwendungen basieren auf dem Internet-Protokoll (IP) nach dem Server-Client-Prinzip. Dabei verwendet der Client ein mobiles WiMAX™-Endgerät, um Dienste zu nutzen, die ein Server in einem Netzwerk bereitstellt (BILD 1). Beim verwendeten Testaufbau wird ein externer Server via Ethernet mit dem R&S®CMW270 verbunden. Letzterer agiert als WiMAX™-Basisstationsemulator zwischen Server und Client und überträgt die Datenpakete vom Server über die WiMAX™-Luftschnittstelle an den Client. Durch die offene Architektur stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung, das Design mit typischen Applikationen, wie sie Endanwender nutzen, zu überprüfen, beispielsweise mit

- | Web Browsing (http)
- | Video-Streaming
- | Datenübertragung (FTP)
- | Voice over IP (VoIP)

Mit IP-Performance-Test-Tools, wie beispielsweise „iperf“, wird der TCP- und UDP-Datendurchsatz zwischen Server und Client untersucht. Die Ergebnisse können helfen, Engpässe aufzudecken.

Umfangreiche HF- und Protokoll-Analyse

Während des Ende-zu-Ende-Tests werden mit den WiMAX™-Messfunktionen im R&S®CMW270 (Option R&S®CMW-KM700 und R&S®CMW-KM701) die wesentlichen HF-Parameter des Endgeräts wie EVM, Burst Power, Spectral Flatness etc. zeitgleich überprüft (BILD 3). Designfehler, die die HF-Performance beeinflussen, werden damit schnell aufgedeckt.

Bedingt durch Wiederholungen oder hohe Prozessorauslastung beim WiMAX™-Endgerät können ebenfalls Fehler und Verzögerungen auftreten, die die Performance reduzieren. Zur Analyse und Optimierung muss der Nachrichtenfluss zwischen Basisstation und Endgerät untersucht werden. Dafür ist der Message Analyzer R&S®CMW-KT700 vorgesehen. Die Software-Option zeichnet alle übertragenen Downlink- und Uplink-Nachrichten in Echtzeit und mit Zeitstempeln lückenlos auf. Mittels frei definierbarer Filter lässt sich der Datenfluss auf Transportlayerebene darstellen und analysieren (BILD 2) und Fehler im WiMAX™ MAC Layer werden dadurch mit einfachen Methoden schnell gefunden und behoben.

Fazit

Die neue Option Application Enabler R&S®CMW-KA700 erweitert den Einsatzbereich des WiMAX™ Communication Testers R&S®CMW270 und ermöglicht umfangreiche Ende-zu-Ende-Performancetests. Der Anwender kann Parameter auf dem physikalischen Layer (PHY) und dem Protokoll-Layer (MAC) verändern und Testszenarien erzeugen, die den realen Betrieb in einem WiMAX™-Netz nachbilden. Fehler im Design werden dadurch mit einfachen Methoden sehr schnell gefunden und WiMAX™-Endgeräte für reale Anwendungen mit hohen Datenraten optimiert.

Christian Hof; Erwin Böhler

Die wichtigsten Abkürzungen

DSL	Digital Subscriber Line
EVM	Error Vector Magnitude
FTP	File Transfer Protocol
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IP	Internet Protocol
MAC	Medium Access Control
TCP	Transmission Control Protocol
UDP	User Datagram Protocol
WiMAX™	Worldwide Interoperability for Microwave Access

BILD 2 Der Message Analyzer R&S®CMW-KT700 in Aktion ...

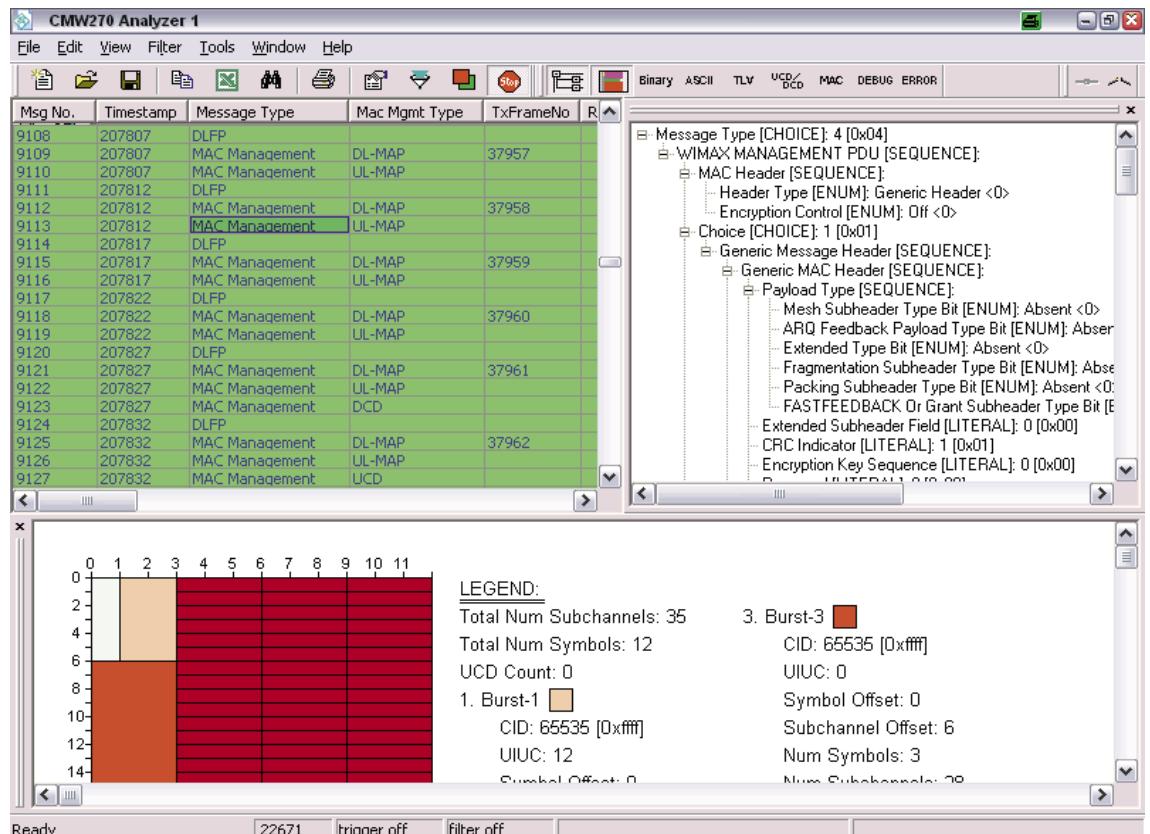
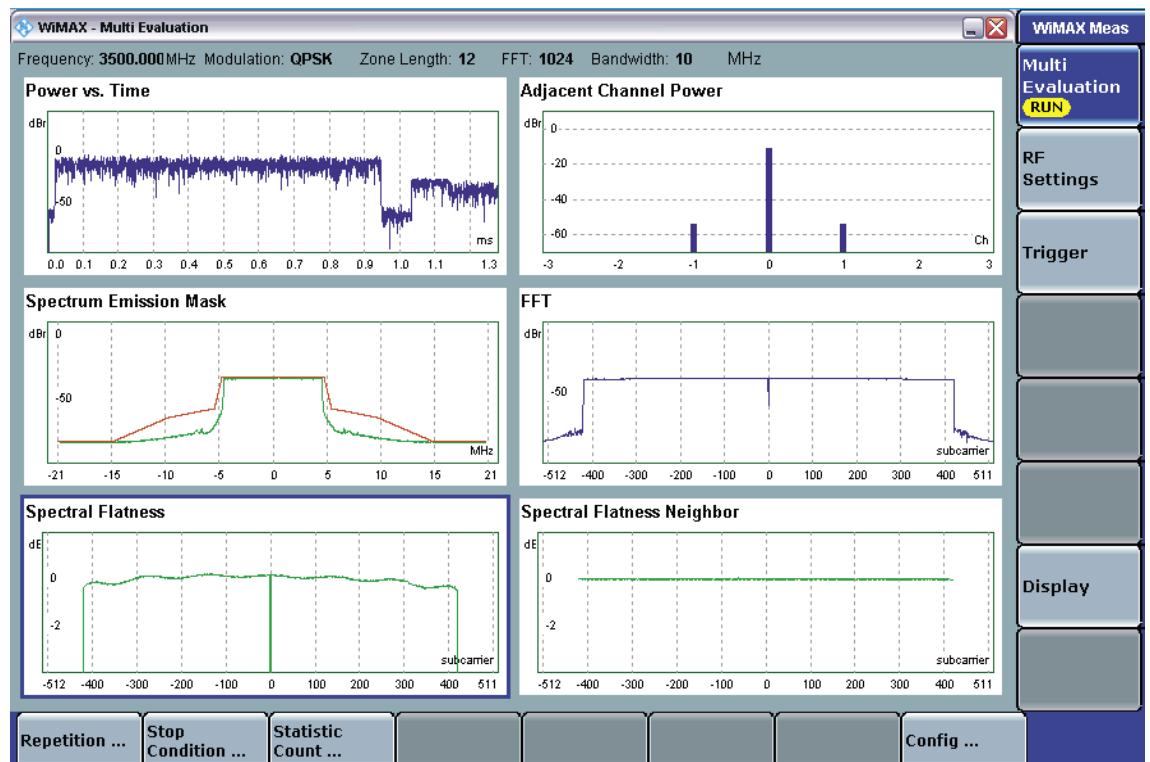


BILD 3 ... und die korrelierten HF-Messungen.



Bluetooth Enhanced Data Rate (EDR) – Signale für Entwicklung und Produktion

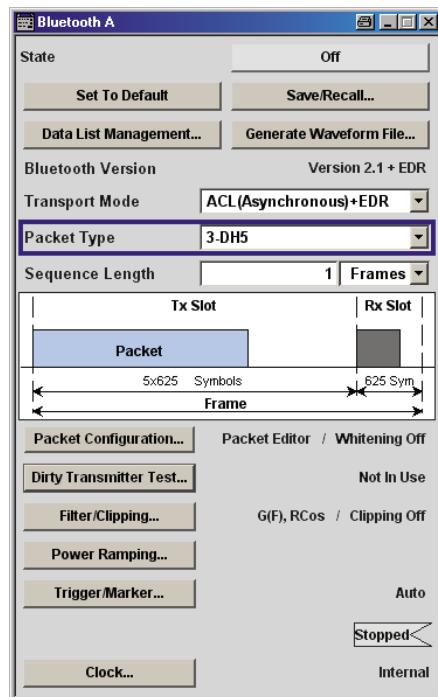
Zwei neue Optionen zu den Vektor-Signalgeneratoren von Rohde & Schwarz erzeugen Testsignale für alle EDR-Pakettypen.

Zwei Modulationen in einem Datenpaket

Die in Mobiltelefonen weit verbreitete Bluetooth®-Technik bietet einfach zu handhabende drahtlose Verbindungen zu benachbarten Telefonen oder Laptops. Version 2.0 der Bluetooth®-Spezifikation erweitert die erzielbare Bruttodatenrate von bisher 1 Mbit/s auf bis zu 3 Mbit/s. Im Vergleich zu kommenden Standards wie LTE erscheinen diese Datenraten zwar niedrig, für die meisten Bluetooth®-Anwendungen sind sehr hohe Datenraten jedoch nicht entscheidend, hier kommt es in erster Linie auf niedrigen Stromverbrauch an.

Um Rückwärtskompatibilität mit der ursprünglichen Version 1.0 des Standards sicherzustellen, verwendet Bluetooth® EDR zwei völlig unterschiedliche Modulationen in einem Datenpaket: im Paket-Kopf GFSK sowie im Datenteil π/4 DQPSK oder 8DPSK. Nur intensive Tests können sicherstellen, dass die Empfänger diese anspruchsvolle Umschaltung während des Datenempfangs zuverlässig beherrschen.

BILD 1 Der Generator sendet nur im TX-Zeitschlitz, hier als Grafik im Hauptmenü der Option R&S®SMx-K60 dargestellt.

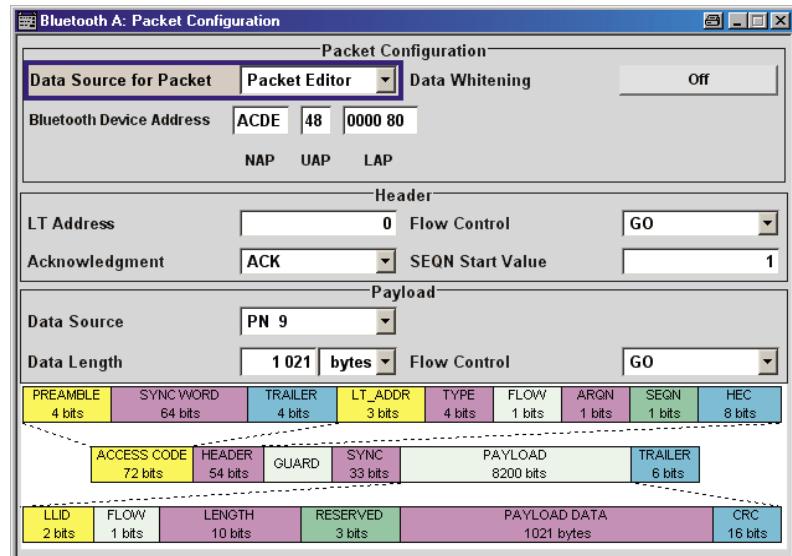


Software-Optionen für alle Anwendungsfälle

Die neuen Software-Optionen R&S®SMx-K60 und R&S®SMx-K260 für die Vektor-Signalgeneratoren* von Rohde & Schwarz erzeugen Testsignale für alle EDR-Pakettypen: 2-DHx mit 2 Mbit/s Datenrate und π/4-DQPSK-Modulation sowie 3-DHx mit 3 Mbit/s und 8DPSK-Modulation (BILD 1). Ein komfortabler Paketeditor mit grafischer Anzeige bietet bequemen Zugriff auf alle relevanten Dateninhalte eines Pakets (BILD 2). Die Software berechnet automatisch den Access Code aus der eingegebenen Bluetooth®-Device-Adresse. Außer den üblichen PN-Sequenzen sind selbstverständlich auch anwenderdefinierte Daten für den Payload-Abschnitt des Pakets einstellbar. Die Optionen unterstützen auch alle bisherigen Pakettypen des Bluetooth®-Standards 1.0 wie DM, DH, HV, EV und FHS, um nur einige zu nennen.

* Die Optionen sind lieferbar für die Signalgeneratoren R&S®SMU200A, R&S®SMJ100A, R&S®SMATE200A, R&S®SMBV100A, R&S®AMU200A sowie R&S®AQ100A und R&S®AQ100B.

BILD 2 Übersichtlich konfigurierbar: Alle Datenfelder des Pakets im Blick.



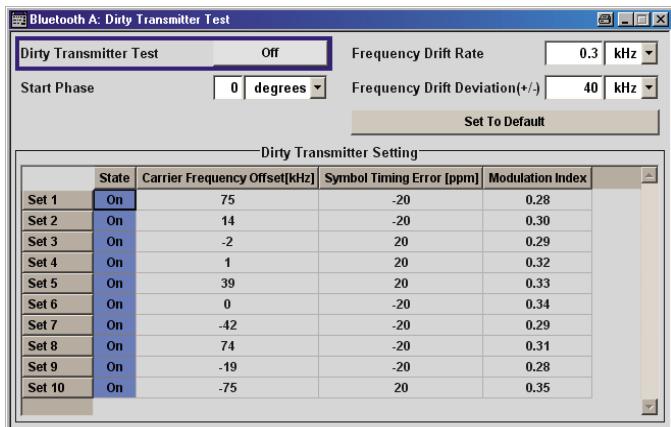


BILD 3 Der Dirty Transmitter Test: Gezielte Beeinträchtigung der Signalgüte.

Dirty Transmitter Test – Empfängergüte auf dem Prüfstand

Die Optionen R&S®SMx-K60 und R&S®SMx-K260 ermöglichen auch den sogenannten „Dirty Transmitter Test“ – eine gezielte Beeinträchtigung des Sendesignals, die für Empfänger-Empfindlichkeitstests nach offizieller Testspezifikation (RFTS.2.1)

vorgeschrieben ist (BILD 3). Empfänger dürfen unter diesen erschweren Bedingungen die vorgeschriebene Bitfehlerrate von 0,1 % nicht überschreiten.

Zu den Beeinträchtigungen gehören

- Frequenzablage des HF-Trägers (Carrier Frequency Offset),
- Frequenzablage des Symboltakts (Symbol Timing Error),
- Abweichung des GFSK-Frequenzhubs (Modulations-Index)
- eine sinusförmige Drift der Trägerfrequenz, für die sich Frequenz (Frequency Drift Rate) und Hub (Frequency Drift Deviation) eingeben lassen (BILD 4).

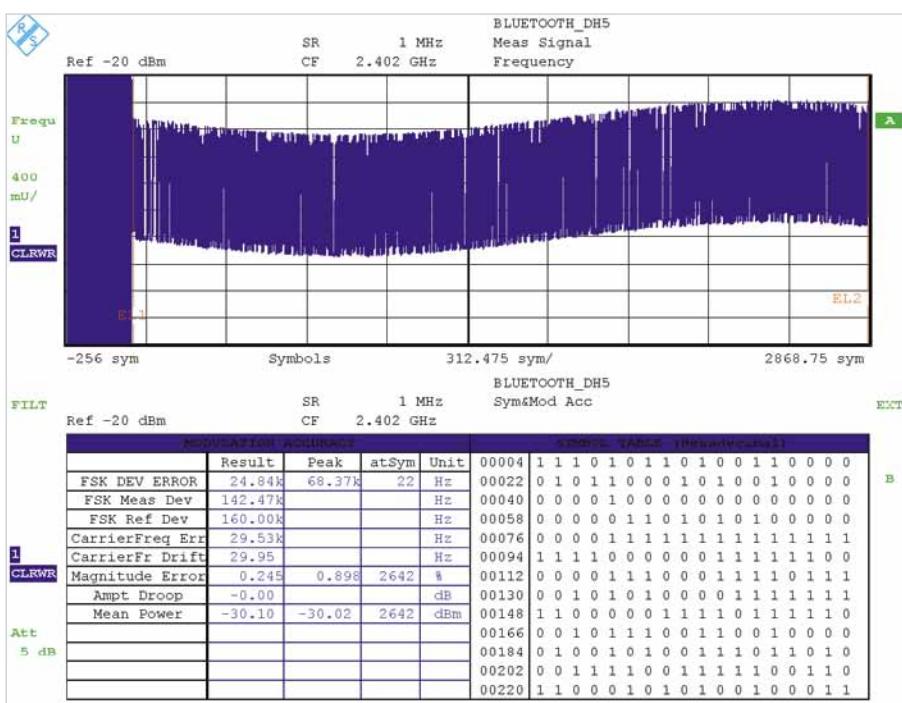
Zudem sind die Parameter dieser Signalverzerrungen nur für 20 ms gültig, für die jeweils nächsten 20 ms wird immer ein neuer Parametersatz verwendet. Bis zu zehn dieser Parametersätze werden über eine Tabelle eingegeben.

Fazit

Mit den neuen Optionen R&S®SMx-K60 und R&S®SMx-K260 sind die Signalgeneratoren von Rohde & Schwarz fit für alle aktuellen Bluetooth®-Testanforderungen. Neue Erweiterungen des Bluetooth®-Standards wie Ultra Low Power (ULP) sind vom Spezifikationsgremium angekündigt, auch dafür wird Rohde & Schwarz unverzüglich eine Lösung anbieten.

Gernot Bauer

BILD 4 Die Frequenz-Demodulation mit dem Signal- und Spektrumanalysator R&S®FSQ zeigt deutlich die sinusförmige Drift des HF-Trägers, verursacht durch den Dirty Transmitter Test.



Die wichtigsten Abkürzungen	
8DPSK	8-phase Differential Phase Shift Keying
$\pi/4$ DQPSK	$\pi/4$ Rotated Differential Quaternary Phase Shift Keying
BER	Bit Error Rate
DH	Data – High Rate Data packet type
DM	Data – Medium Rate Data packet type
EDR	Enhanced Data Rate
EV	Enhanced Voice packet
FHS	Frequency Hop Synchronization
GFSK	Gaussian Frequency Shift Keying
HV	High quality Voice e.g. HV1 packet
PN	Pseudo-random Noise
RX	Receive
TX	Transmit
ULP	Ultra Low Power

Testsignale für den erweiterten GSM-Standard EDGE Evolution

Den steigenden Bedarf an höherer Übertragungskapazität beantwortet der weltweit immer noch bedeutendste Mobilfunkstandard GSM mit der Spezifizierung größerer Datenraten. Die neue, für die gesamte Generatorenfamilie R&S®SMx verfügbare Option R&S®SMU-K41 liefert Endgeräte- sowie Basisstationsherstellern entsprechende Signale für die Entwicklung und Produktion EDGE-Evolution-fähiger Geräte.

EDGE Evolution – Verdopplung der Datenrate

Nach der Einführung von EDGE setzt das GSM-Standardisierungsgremium mit der inzwischen freigegebenen Spezifizierung von EDGE Evolution einen weiteren Schritt hin zu höheren Datenraten. Im Kern der technologischen Neuerungen stehen:

- zusätzliche höherwertige, crestfaktor-optimierte Modulationen wie rotierende QPSK (BILD 1), rotierende 16QAM und rotierende 32QAM
- neben der Standard-GSM-Symbolrate von 270,833 ksymb/s optional eine auf 325 ksymb/s erhöhte Symbolrate – bei gleichzeitiger spektraler Anpassung an das bestehende GSM-Kanalraster durch die neu definierten „Spectrally Narrow / Spectrally Wide Pulse Shape Filter“
- Downlink Dual Carrier (DLDC): Die Basisstation sendet einem mobilen Empfänger gleichzeitig Daten auf zwei Frequenzkanälen und verdoppelt damit den Datendurchsatz im Downlink
- Mobile Station Receiver Diversity (MSRD): Mobile Empfänger verbessern durch mehrere eingebaute Antennen (Antennendiversität) die resultierende Signalqualität

BILD 2 gibt am Beispiel eines PDTCH (Packet Data Traffic CHannels) eine Übersicht über die durch EDGE Evolution erzielbaren Datenraten im Verhältnis zu den Datenraten, wie sie bei GSM mit GMSK- und 8PSK-Modulation erreicht werden. Im Vergleich zu EDGE bringt EDGE Evolution eine nochmalige Verdopplung der Datenraten mit sich, im Vergleich zur ursprünglichen GMSK-Modulation sogar eine Versechsfachung.

Software-Option R&S®SMU-K41 macht Generatoren fit für EDGE Evolution

Die Software-Option R&S®SMU-K41 erweitert die bereits am Markt etablierte GSM/EDGE-Software-Option R&S®SMU-K40. Als Hauptanwendung kommen natürlich alle bisher schon gängigen Empfängertests in Frage. Wegen der höherwertigen Modulationsarten ergeben sich darüber hinaus höhere Linearitätsanforderungen an die Senderverstärker.

Die Einstellung aller für EDGE Evolution typischen Parameter geschieht über die grafische Bedienoberfläche der Software.

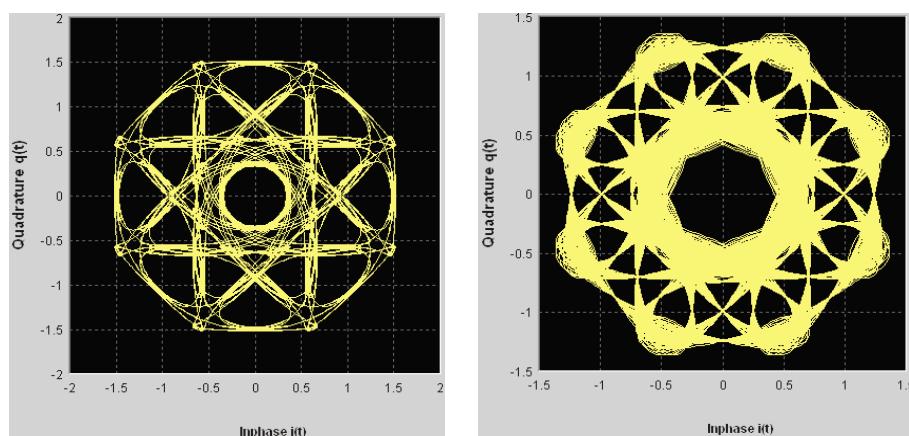


BILD 1 Mit WinIQSIM2 erzeugte rotierende QPSK-EDGE-Modulation bei 325 ksymb/s: Links mit „Spectrally Narrow Pulse Shape Filter“, rechts mit „Spectrally Wide Pulse Shape Filter“.

Für die optional höhere Symbolrate von 325 ksymb/s lassen sich beispielsweise die neu definierten Burst-Arten „Higher Symbol Rate for QPSK / 16QAM / 32QAM“ sowie die gewünschte Filterart auswählen (BILD 3). Bei der bisher schon üblichen Symbolrate von 270,833 ksymb/s kommen die neuen Burst-Arten „Normal Burst for 16QAM / 32QAM“ hinzu, die sich natürlich mit den bisherigen Burst-Arten wie SCH oder FCH in einem Frame kombinieren lassen.

Die Software-Option R&S®SMU-K41 ist für folgende Generatoren verfügbar: R&S®SMU200A, R&S®SMATE200A, R&S®SMJ100A und R&S®AMU200A. Eine vergleichbare Lösung für den Arbitrary Waveform Generator R&S®AFO100A bzw. die ARB-Generatoren der SMx-Familie stellt das Waveform Creation Tool R&S®WinIQSIM2 mit der Software-Option R&S®SMU / R&S®AFO-K241 bereit.

Typische anwendungsspezifische Konfigurationen für EDGE Evolution

Neben den bereits oben aufgeführten Neuerungen bezüglich Modulationsarten und Symbolraten setzt EDGE Evolution weitere Verfahren ein, um die Netzkapazität zu steigern. Das Universaltalent R&S®SMU200A bietet die Möglichkeit, auch diese neuen Techniken ohne großen Geräteaufwand zu testen:

- Downlink Dual Carrier (DLDC): Der Signalgenerator simuliert eine Basisstation und liefert einem Endgerät durch eine mit einem Frequenzoffset versehene Addition zweier Basisbänder das erforderliche Doppelsignal auf zwei Trägern (BILD 4).
- Mobile Station Receiver Diversity (MSRD): Der Signalgenerator stellt an seinen beiden HF-Ausgängen ein statistisch unkorreliertes Diversity-Signal bereit, das bei Empfängern mit Antennendiversität bessere BER-Werte bewirkt.

Da die Basisstationen die Synchronisierungskanäle SCH bzw. FCH weiterhin mit der Standard-Symbolrate von 270,833,33 symb/s ausstrahlen, ist es für manche Anwendungen auch erforderlich, durch Addition zweier Basisbandsignale „Normal Symbol Rate Bursts“ (270,833 ksymb/s) mit „Higher Symbol Rate Bursts“ (325 ksymb/s) gleichzeitig in einem Frequenzkanal zu kombinieren. Dies ist ohne Probleme mit einem R&S®SMU mit zwei Kanälen (mit $\Delta f = 0$ Hz) sofort realisierbar (BILD 4).

Auch mit dem Waveform Creation Tool R&S®WinIQSIM2 ist die Simulation von DLDC-Signalen oder die Kombination unterschiedlicher Datenraten auf einem Frequenzkanal möglich, indem der Anwender im Multicarrier-Menü mehrere Basisbandsignale nach seinen Wünschen mit und ohne Frequenz- bzw. Zeitversatz addiert.

Dr. Karlheinz Pensel

Modulation	Standard-Symbolrate (270,833 ksymb/s)	Erhöhte Symbolrate (325 ksymb/s)
GMSK	22,8	—
QPSK	—	55,2
8PSK	69,6	—
16QAM	92,8	110,4
32QAM	116,0	138,0

BILD 2 Maximale Momentan-Bitrate (Instantaneous bit rate) in kbit/s eines Packet Data Traffic CHannels (PDTCH) pro Frequenzband nach 3GPP TS 45.002; (blau: die Erweiterungen durch EDGE Evolution).

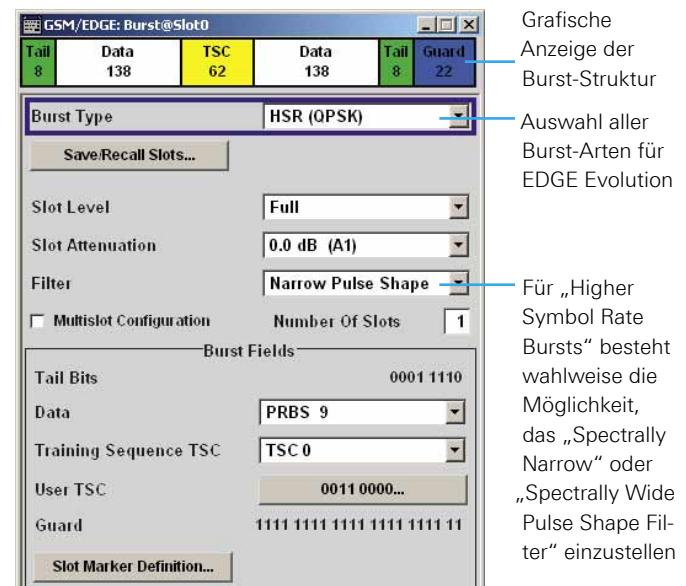


BILD 3 Eingabefeld für einen Higher Symbol Rate Burst.

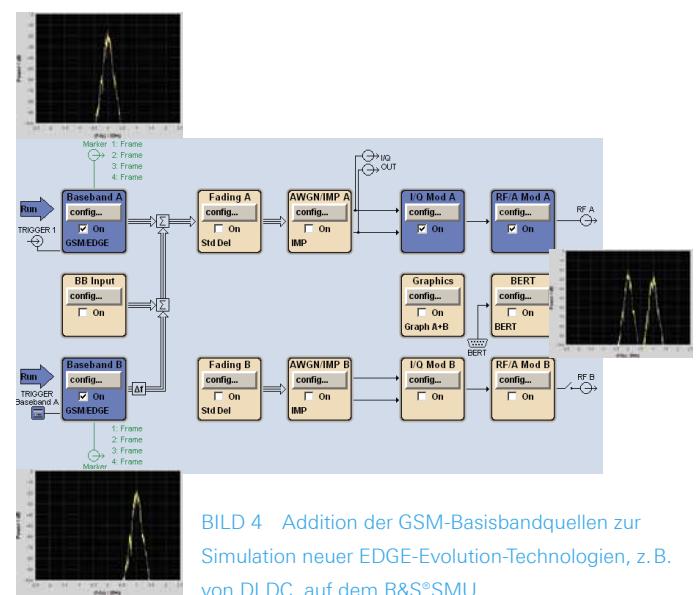
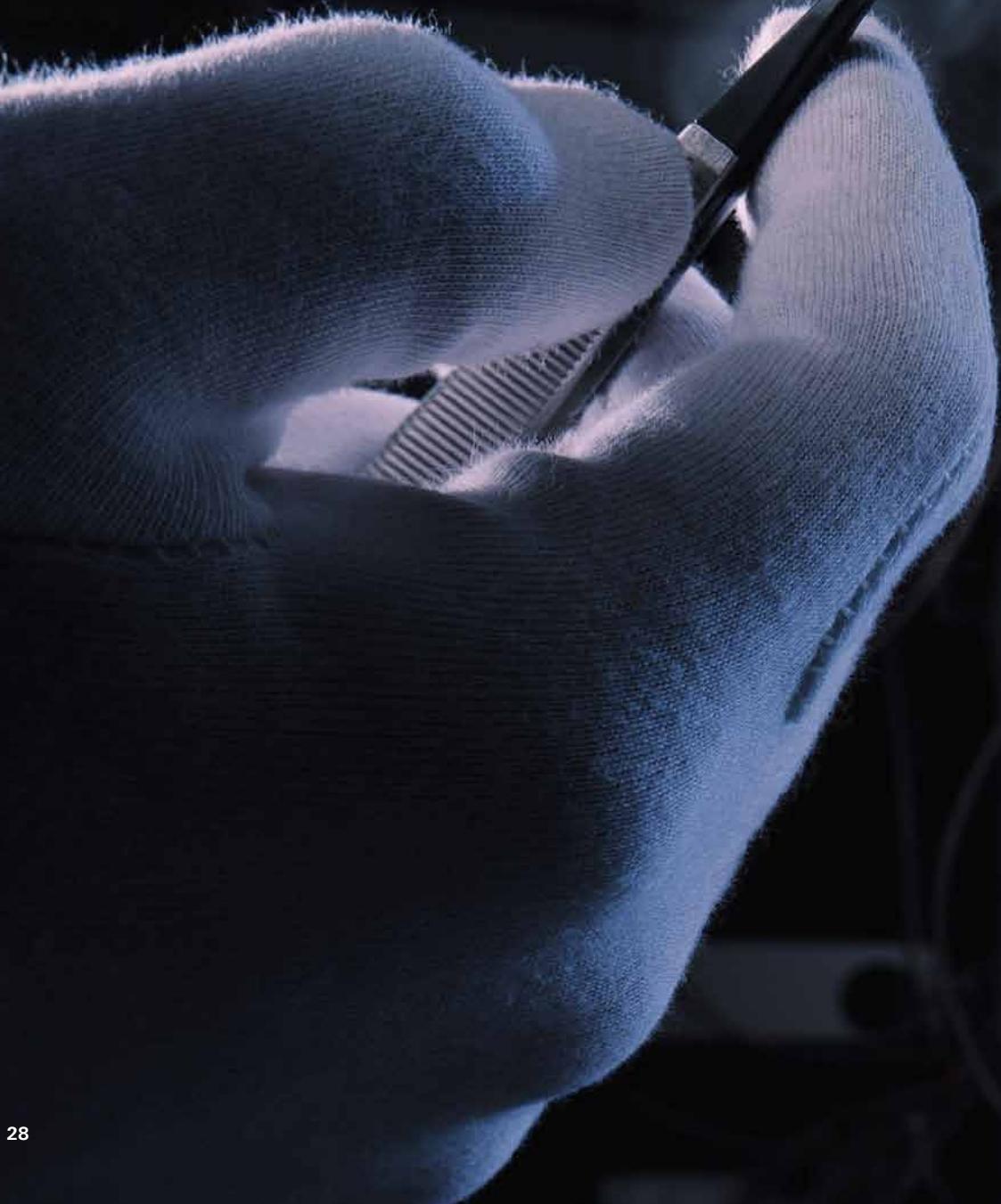
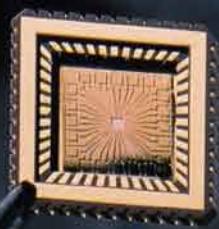


BILD 4 Addition der GSM-Basisbandquellen zur Simulation neuer EDGE-Evolution-Technologien, z.B. von DLDC, auf dem R&S®SMU.

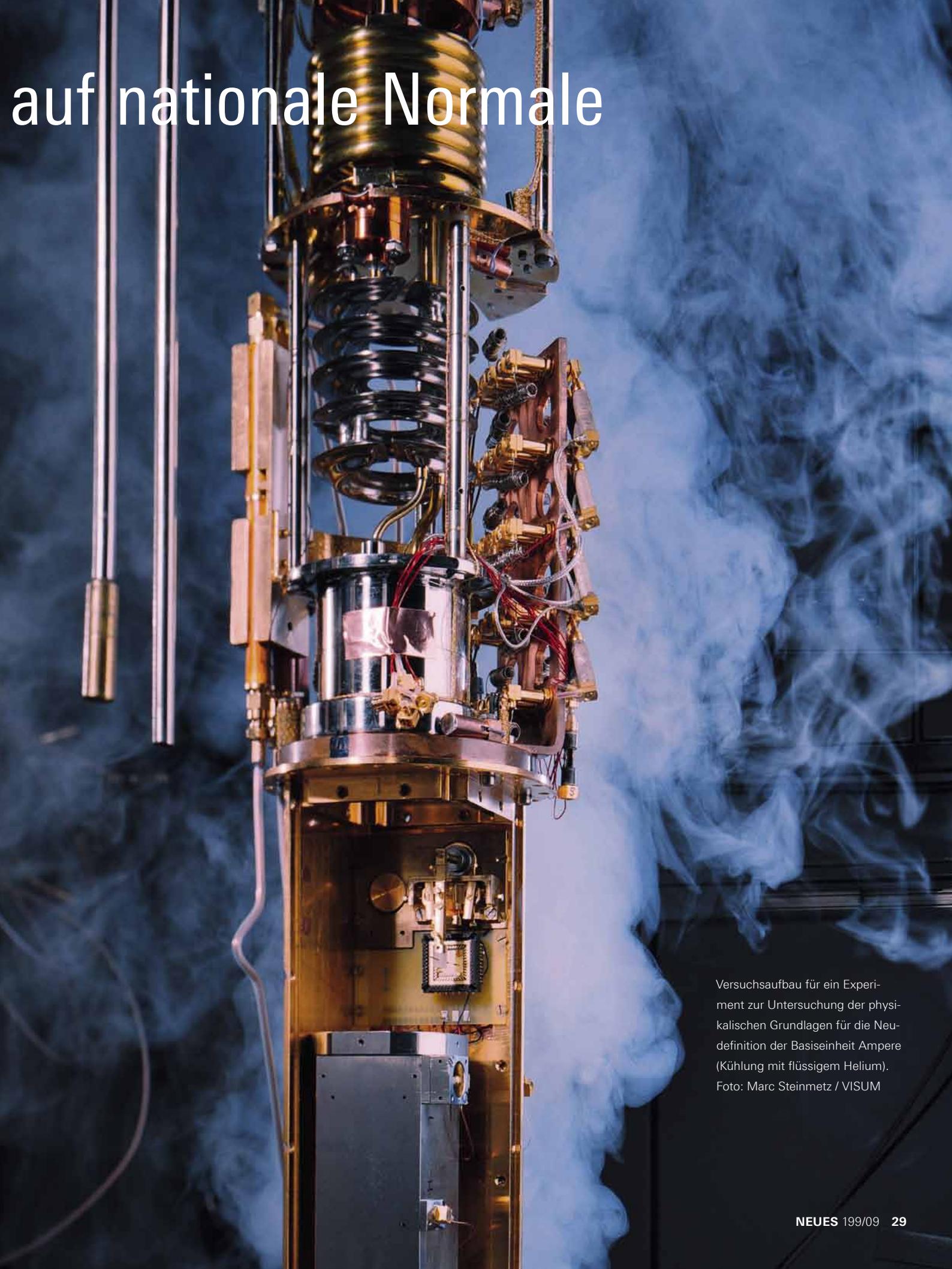
Rückführung von HF-Messgrößen

Dieser Beitrag der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) zeigt, wie die für Rohde & Schwarz wichtige Messgröße „Hochfrequenzleistung“ auf das nationale Primärnormal der Bundesrepublik Deutschland zurückgeführt wird.* Er verdeutlicht, welch immenser messtechnischer Aufwand nötig ist, damit schlussendlich Präzisions-Messgeräte mit wettbewerbsfähigen Eigenschaften hergestellt werden können.

* Ein ergänzender Artikel ab Seite 34 beschreibt am Beispiel der HF-Leistung, welche Anstrengungen Rohde & Schwarz bei seinen Messgeräten unternimmt, damit die relevanten Messgrößen lückenlos und mit geringsten Verlusten an Genauigkeit auf anerkannte nationale Standards rückführbar sind.



auf nationale Normale



Versuchsaufbau für ein Experiment zur Untersuchung der physikalischen Grundlagen für die Neudefinition der Basiseinheit Ampere (Kühlung mit flüssigem Helium).

Foto: Marc Steinmetz / VISUM

Rückgeführte Industriekalibrierungen – Voraussetzung für hohe Qualität und bessere Wettbewerbsfähigkeit

Präzise Messungen sind ein wichtiger Bestandteil der industriellen Qualitätssicherung und Voraussetzung für jede hochwertige Industrieproduktion. Aus den internationalen Normen für Qualitätsmanagementsysteme (DIN EN ISO 9000), aber auch im Zusammenhang mit Forderungen aus der Produkthaftung und dem Umweltschutz ergibt sich, dass Messgeräte kalibriert und damit auf nationale Normale zurückgeführt sein müssen. Auch Prüfergebnisse sind nur dann zuverlässig, wenn sie durch den Einsatz kalibrierter Messgeräte ermittelt wurden.

Die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) ist das oberste Glied der Kalibrierhierarchie in Deutschland (BILD 1) und damit auch für die Darstellung der physikalischen Einheiten zuständig. Zu diesem Zweck betreibt sie physikalische Apparaturen, welche die Darstellung der wichtigsten Messgrößen auf höchstem Genauigkeitsniveau ermöglichen (Primärnormale). Der vom Staat und der Industrie gemeinsam betriebene Deutsche Kalibrierdienst (DKD) ist das nächste Glied in der Kalibrierhierarchie. Mit seinen über 300 akkreditierten Kalibrierlabors ist er für die Kalibrierung industrieller Messgeräte, insbesondere für die in der innerbetrieblichen Qualitätssicherung erforderlichen Gebrauchsnormale zuständig. Die in den DKD-Labors verwendeten Bezugsnormale werden von der PTB unter Bezug auf die Primärnormale kalibriert. PTB und DKD fördern damit die messtechnische Infrastruktur, verbessern die Wettbewerbsfähigkeit der Industrie und leisten einen wesentlichen Beitrag zum Technologietransfer.

Die von Rohde&Schwarz in München, Memmingen und Köln betriebenen DKD-Labors stellen die Rückführung der in Rohde&Schwarz-Messgeräten relevanten Messgrößen (BILD 2) auf nationale Normale sicher und tragen damit entscheidend zur Qualitätssicherung bei.

Thermistor-Leistungssensoren als Bezugsnormale für die HF-Leistung

Die Rückführung der für Rohde&Schwarz sehr wichtigen Messgröße „HF-Leistung“ erfolgt in der PTB durch die Kalibrierung spezieller Leistungssensoren, welche die DKD-Labors von Rohde&Schwarz in einem festgelegten Turnus einsenden. Es sind fünf verschiedene Typen, die den Frequenzbereich von 100 kHz bis 50 GHz abdecken. Oberhalb 18 GHz kommen ausschließlich Leistungssensoren mit Hohlleiter-Anschluss zum Einsatz, wobei es sich mit einer Ausnahme durchweg um Thermistor-Leistungssensoren handelt. Dieser Leistungssensortyp ist zwar in der industriellen Messtechnik bereits seit Jahrzehnten verschwunden, wegen seiner

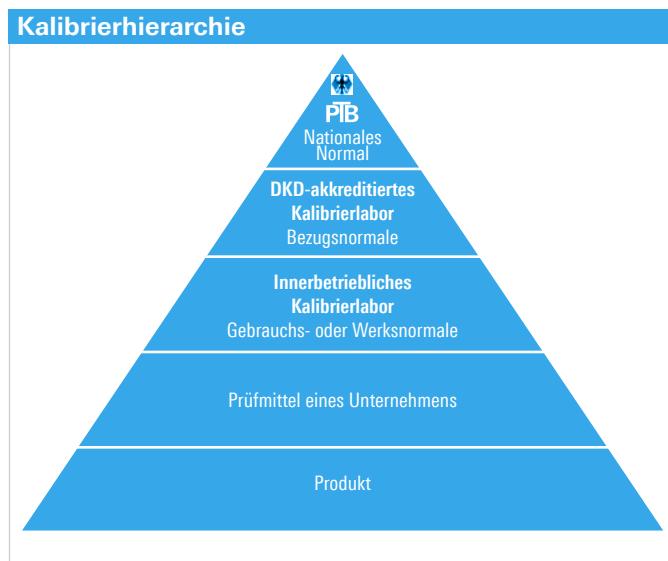


BILD 1 Die Kalibrierhierarchie in Deutschland.

DC-Größen	Gleichspannung, Gleichstromstärke, Gleichstromwiderstand Kapazität
NF-Größen	Wechselspannung, Wechselstromstärke Wechselspannungs-Gleichspannungs-Transferdifferenz
HF-Größen	Wechselstrom-Gleichstromstärke-Transferdifferenz
Zeit	HF-Leistung, HF-Dämpfung, HF-Impedanz
	Zeitintervall, Frequenz

BILD 2 Akkreditierte Messgrößen der DKD-Labors von Rohde&Schwarz.

hervorragenden Langzeitstabilität jedoch für Kalibrierzwecke vorzüglich geeignet.

Das Funktionsprinzip eines Thermistor-Leistungsmessers macht dies deutlich: Er enthält als leistungsabsorbierendes Element anstelle eines Abschlusswiderstands mit festem Wert einen stark temperaturabhängigen Widerstand (NTC), auch Thermistor genannt. Dieser Thermistor wird mit einer im Grundgerät erzeugten Gleichspannung so weit erwärmt, dass er sich auf einen Widerstandswert einstellt, der dem eines idealen Abschlusses entspricht, im Fall von Koaxialanschlüssen also auf 50Ω . Wird dem Leistungssensor zusätzlich HF-Leistung zugeführt, so verringert eine Regelschaltung die Gleichspannung so weit, dass der Thermistor seinen Widerstandswert und damit seine Temperatur beibehält. Die im Thermistor in Wärme umgesetzte Leistung bleibt also konstant. Aus der Differenz der beiden Gleichspannungen kann

Die Physikalisch-Technische Bundesanstalt – das nationale Metrologieinstitut Deutschlands

Die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) erfüllt wissenschaftlich-technische Dienstleistungen für die Bürger und ist gleichzeitig technische Oberbehörde für das Messwesen. Ihren Ursprung hat die PTB in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt (PTR), die 1887 in Berlin auf Initiativen und nach Ideen von Werner von Siemens und Hermann von Helmholtz gegründet wurde. Die PTB gehört zum Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. Mit ihrer Arbeit sichert und fördert die PTB die Entwicklung und den Einsatz fortschrittlicher und zuverlässiger Messtechnik, wie sie für alle Bereiche in Gesellschaft, Wirtschaft und Wissenschaft wichtig ist (BILD 3).

Richtige Messergebnisse und zuverlässige Messtechnik

In weiten Bereichen des täglichen Lebens besteht ein besonderes öffentliches Interesse an richtigen Maßangaben und zuverlässigen Messeinrichtungen, z.B. bei allen behördlichen Messungen, die für Zollzwecke oder zur Straßenverkehrsüberwachung vorgenommen werden, im Messwesen im geschäftlichen Verkehr, wo der Bürger als Verbraucher auf richtige Messergebnisse vertraut, sowie bei Messungen in Medizin, Umwelt-, Strahlen- und Arbeitsschutz. Diese Bereiche sind deshalb durch nationale und europäische Rechtsvorschriften geregelt. Messgeräte, die in den Verkehr gebracht werden, müssen eine Bauartzulassung haben. Das betrifft in Deutschland z.B. Waagen, Zapfsäulen, Gas- und Elektrizitätszähler, Taxameter und Verkehrsradar-

geräte. Die PTB nimmt hierzu eine Reihe gesetzlicher Aufgaben wahr, indem sie Bauartprüfungen an Messgeräten durchführt.

Grundlagen der Metrologie und technologische Innovationen

Die Grundlagenforschung zu physikalischen Fragestellungen der Metrologie nimmt einen großen Umfang in der PTB ein und ist Basis aller Arbeiten. Schwerpunkte sind das Entwickeln nationaler Normale, das Bestimmen von Fundamentalkonstanten, das Nutzen von Quanteneffekten für die Darstellung der Einheiten, das Schaffen von Referenzmaterialien und das Bestimmen von Stoffeigenschaften.

Fundamentalkonstanten sind zeitlich und räumlich unveränderliche Größen. Sie sind daher geeignet, die gesetzlichen SI-Einheiten zu realisieren und zu reproduzieren (BILD 4).

Beispiele für die Rückführung der SI-Einheiten auf Naturkonstanten sind die Darstellung der Spannungseinheit Volt mittels des Josephson-Effekts oder der Widerstandseinheit Ohm mit Hilfe des Quanten-Hall-Effekts. Die Darstellung der Einheiten auf höchstem Niveau ist das Fundament des Messwesens und eine Grundaufgabe der PTB. Mit langfristigen Forschungsarbeiten sichert die PTB die Grundlagen der Metrologie, erweitert wissenschaftliche Erkenntnisse der Physik und trägt zu technischen Innovationen bei.

BILD 3 Gesetzliche Aufgaben der PTB (Auswahl).

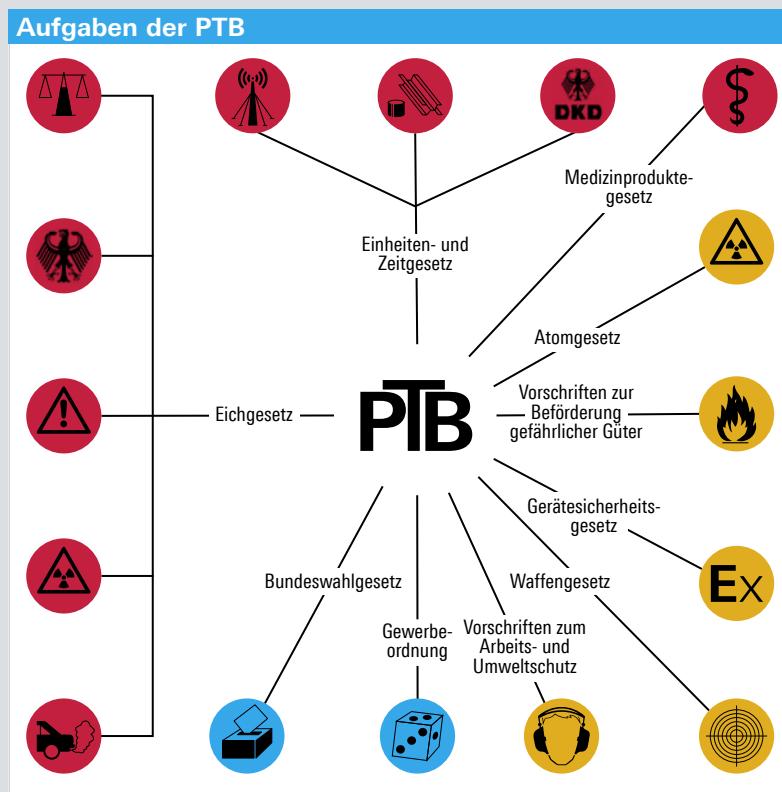
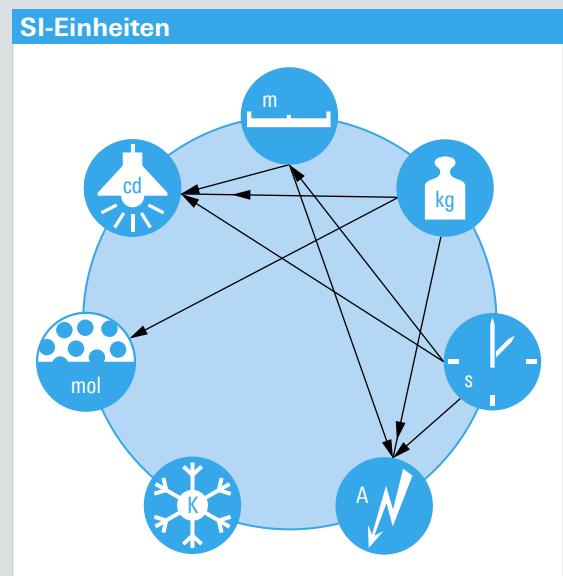


BILD 4 Die gesetzlichen SI-Einheiten.



das Grundgerät die durch die HF-Leistung substituierte DC-Leistung und damit näherungsweise die HF-Leistung messen. Die Eigenschaften des Thermistors, insbesondere die Stabilität seiner U(I)-Kennlinie, spielen dabei keine Rolle.

Die Ursache dafür, dass die HF-Leistung ohne eine zusätzliche Korrektur nur näherungsweise gemessen werden kann, liegt darin, dass in der Praxis nicht die gesamte HF-Leistung beim Thermistor ankommt, sondern ein Teil davon auf der Zuleitung zum Thermistor aufgrund des Skin-Effekts in Wärme umgesetzt wird. Die Regelschaltung kann diesen Anteil nicht ausgleichen, er ist damit zunächst unbekannt. Das Grundgerät zeigt daher ohne zusätzliche Korrekturmaßnahmen eine mit zunehmender Frequenz immer kleiner werdende Leistung an. Um diesen Effekt bei einer Messung zu berücksichtigen, muss der Anteil der Zuleitungsverluste an der absorbierten HF-Leistung ermittelt werden. Genau hier setzt die PTB bei der Kalibrierung von Thermistor-Leistungssensoren mit dem Einsatz von Mikrokalorimetern an.

Primärnormal Mikrokalorimeter

Mit einem Mikrokalorimeter (BILD 5 und 6), das aus einem thermisch gut isolierenden Gefäß besteht, können die Dämpfung auf der Zuleitung und die Umwandlungsverluste im Thermistor bestimmt und ins Verhältnis zur absorbierten HF-Leistung gesetzt werden. Dazu wird die vom Leistungssensor innerhalb des Kalorimeters erzeugte Temperaturerhöhung ermittelt, und zwar zunächst bei aus- und dann bei eingeschalteter HF-Leistung. Die Messung wird mit einem elektrischen Thermometer, das aus einer Serienschaltung von Thermoelementen (Thermosäule) besteht, mit Bezug auf einen zweiten passiven Thermistor-Sensor durchgeführt. Bei ausgeschalteter HF-Leistung wird die Erwärmung ausschließlich durch die DC-Leistung verursacht, die den Thermistor auf Nenntemperatur bringt. Bei eingeschalteter HF-Leistung erfolgt eine zusätzliche Erwärmung durch die HF-Leistungsabsorption. Aus der Temperaturänderung und der Gleichspannungsänderung nach Anlegen der HF-Leistung erhält man den effektiven Wirkungsgrad:

$$\text{Effektiver Wirkungsgrad} = \frac{\text{DC-Substitutionsleistung}}{\text{Insgesamt absorbierte HF-Leistung}}$$

Mit Kenntnis dieser Größe lässt sich die Anzeige eines Thermistor-Leistungsmessers frequenzabhängig korrigieren. In der messtechnischen Praxis wird die Korrekturgröße „Effektiver Wirkungsgrad“ in den sogenannten Kalibrierungsfaktor umgerechnet, der die Reflexion des Sensors berücksichtigt und auf die Leistung der einfallenden Welle bezogen ist.

Aufgrund der großen Masse des Sensors liegen die Temperaturänderungen nur im Bereich eines Millikelvins (tausendstel Grad), und die Messzeit zum Erreichen des

thermodynamischen Gleichgewichts beträgt 60 min bis 90 min pro Frequenzpunkt. Daher ist für die Komplettkalibrierung eines Leistungssensors mit typischerweise 40 Frequenzpunkten bei üblicherweise mehreren Frequenzdurchläufen ein Zeitbedarf von einigen Tagen anzusetzen.

Um eine Erwärmung der Anordnung durch HF-Leitungsverluste außerhalb des Sensors zu minimieren, sind in die HF-Zuführungen thermische Isolationsabschnitte eingebaut. Der verbleibende Wärmefluss wird durch aufwendige Computersimulationen modelliert sowie durch Messungen experimentell bestimmt und korrigiert.

Nach diesem Funktionsprinzip führt die PTB Leistungskalibrierungen im Frequenzbereich zwischen 10 MHz und 50 GHz durch. Es stehen dafür verschiedene Typen von Mikrokalorimetern zur Verfügung, u.a. eines für das 7-mm-Koaxialleitungssystem und drei für die Hohlleiterbänder von 18 GHz bis 50 GHz. Weitere Kalorimeter für höhere Frequenzen befinden sich zur Zeit im Aufbau.

Hohlleiter-Mikrokalorimeter

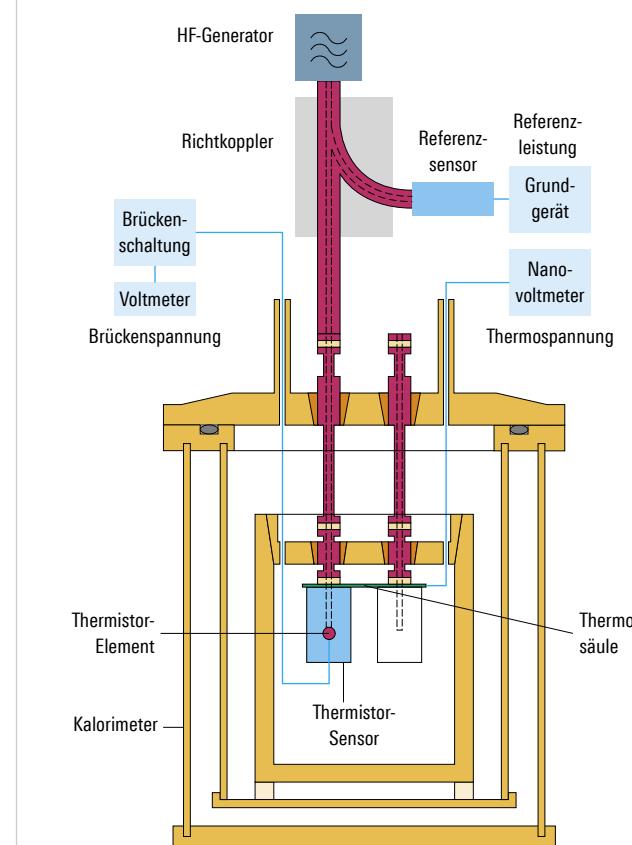


BILD 5 Hohlleiter-Mikrokalorimeter zum Bestimmen des effektiven Wirkungsgrads von Thermistor-Sensoren.

BILD 6 Hohlleiter-Mikrokalorimetereinsatz mit Thermistor-Leistungssensoren.

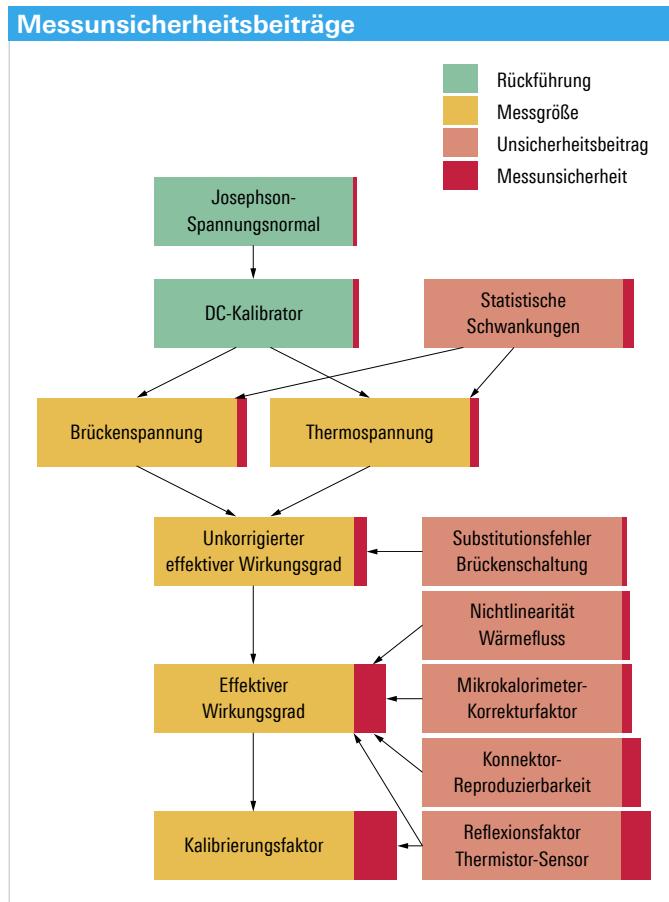
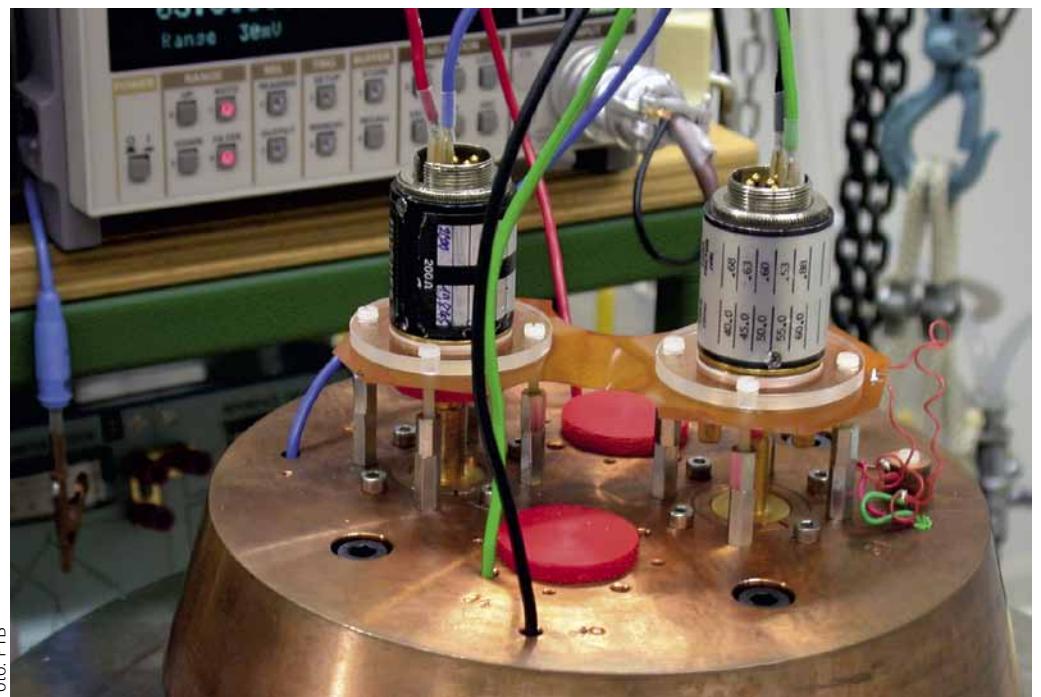


BILD 7 Rückführung und Messunsicherheitsbeiträge bei der Kalibrierung des effektiven Wirkungsgrades im Mikrokalorimeter.

Rückführungskette und Messunsicherheit

BILD 7 illustriert die Rückführung der bei der Mikrokalorimeter-Kalibrierung auftretenden Messgrößen „Brückenspannung“ und „Thermospannung“ auf die Basiseinheit Spannung, welche über den Josephson-Effekt dargestellt wird. Darüber hinaus sind die dominierenden Messunsicherheitsgrößen und ihr Beitrag zur Gesamtunsicherheit qualitativ dargestellt. Es ist anzumerken, dass das Verhältnis zwischen den erweiterten relativen Messunsicherheiten der Basiseinheit Spannung (im Bereich 10^{-9}) und des effektiven Wirkungsgrades von Thermistor-Sensoren (im Bereich 5×10^{-3}) mehrere Größenordnungen beträgt. Dies liegt an den Eigenschaften von Hochfrequenzschaltungen wie z.B. Fehlanpassung, Leitungsverlusten und einer begrenzten Konnektor-Reproduzierbarkeit, die selbst mit großem messtechnischen Aufwand nicht eliminierbar sind.

Dr.-Ing. Rolf Judaschke,
Physikalisch-Technische Bundesanstalt

Kalibrierung der Messgröße HF-Leistung im Hause Rohde & Schwarz

Rohde & Schwarz unternimmt bei der Entwicklung seiner HF-Messgeräte große Anstrengungen, um die angezeigten Messgrößen lückenlos auf anerkannte nationale Standards zurückzuführen. Auch in diesem Artikel* geht es um die Kalibrierung der Messgröße HF-Leistung. Und da Zeit in der Produktion knapp ist, entwickelte Rohde & Schwarz ein neues Verfahren, mit dem die Produktionssysteme deutlich schneller kalibriert werden können – und das mit noch größerer Genauigkeit.

HF-Leistung – eine essenzielle physikalische Größe für Messgeräte von Rohde & Schwarz

Eines haben Spektrumanalysatoren, Signalgeneratoren, Funkmessplätze und Netzwerkanalysatoren gemeinsam: man kann mit ihnen den absoluten Leistungspegel von HF-Signalen messen oder solche Signale pegelgenau erzeugen. Und weil hohe Pegelgenauigkeit – wie auch hohe Frequenzgenauigkeit – eine Schlüsseleigenschaft vieler HF-Messgeräte ist, spielen Leistungskalibrierungen eine bedeutende Rolle bei Rohde & Schwarz. Sie müssen drei Bedingungen erfüllen:

1. Leistungskalibrierungen müssen (wie andere Kalibrierungen auch) lückenlos auf die Normale eines metrologischen Staatsinstituts rückführbar sein.
2. Bei der Weitergabe der Leistung ist der Genauigkeitsverlust auf jeder Stufe der Kalibrierkette möglichst klein zu halten.
3. Leistungskalibrierungen müssen schnell und dennoch genau durchführbar sein, weil sie den größten Anteil am gesamten Kaliberaufwand haben.

Alle drei Forderungen lassen sich am besten mit Leistungsmessern erfüllen, weshalb man sie an vielen Stellen im Produktionsprozess findet. Die Kalibrierung der Leistung von HF-Messgeräten geschieht fast immer durch einfachen Leistungsvergleich zwischen Leistungsmesser und Prüfling. Bei Quellen wird der Leistungssensor direkt an deren Ausgang angeschlossen, bei Empfängern wird zusätzlich ein Signaleiter hinzugefügt oder die Messung mit einem Level Control Sensor aus der Reihe R&S®NRP-Z28 / -Z98 durchgeführt. Mehr ist bei der Kalibrierung eines HF-Messgeräts eigentlich nicht zu tun, der größere Aufwand steckt in der Kalibrierung der Leistungssensoren selbst.

Wie es bisher war: Die klassische Kalibrierkette bei Rohde & Schwarz

Die klassische Kalibrierkette ist für thermische Leistungssensoren der Familie R&S®NRV zweistufig (BILD 1): Der zu kalibrierende Sensor wird – abhängig vom Frequenzbereich – an einem oder mehreren Kalibriersystemen vermessen. Diese Kalibriersysteme sind ohne weitere Zwischenstufen direkt auf Primärnormale rückgeführt, z.B. auf Normale der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt oder des US-amerikanischen NIST (National Institute of Standards). Um dies zu gewährleisten, werden diese Kalibriersysteme regelmäßig mit hochgenauen Bezugsnormalen verglichen, die ihrerseits im Abstand von ein bis zwei Jahren an eines der Staatsinstitute geschickt und dort unter erheblichem Aufwand kalibriert werden. Prinzipiell läuft das auch heute noch so. Doch so attraktiv dieses Konzept im Hinblick auf eine kurze Kalibrierkette auch erscheinen mag, im Endeffekt ist es nicht mehr zeitgemäß. Und das hat viel mit den verwendeten Bezugsnormalen zu tun.

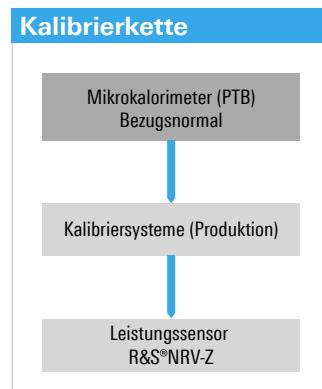


BILD 1 Kalibrierkette für Leistungssensoren der Familie R&S®NRV. Mikrokalorimeter und Bezugsnormale bilden zusammen ein nationales Primärnormal.

* Im einem Beitrag von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) ab Seite 28 wird gezeigt, wie die für Rohde & Schwarz so wichtige Messgröße „HF-Leistung“ auf das nationale Primärnormal der Bundesrepublik Deutschland zurückgeführt wird.

An diese Bezugsnormale werden hohe Anforderungen gestellt. Einerseits müssen sie reproduzierbar, langzeitstabil und kompatibel zu den Primärnormalen der Staatsinstitute sein, andererseits sollen sich die hauseigenen Kalibriersysteme damit schnell und vor allem ohne großen Genauigkeitsverlust vermessen lassen. Dass die beiden Forderungen nicht unter einen Hut zu bringen sind, liegt an zwei Umständen: Zum einen erfordert die Kompatibilität zu den Kalibrier-einrichtungen der Staatsinstitute, dass nur ganz bestimmte Typen von Leistungssensoren als Bezugsnormale infrage kommen, und zwar die in der industriellen Messtechnik bereits seit langem nicht mehr verwendeten Leistungssensoren auf der Basis von Thermistoren. Zum anderen müssen zur Kalibrierung eines Produktionssystems sehr viele Messungen gemacht werden, sei es, um die erforderliche Prozess-Sicherheit zu gewährleisten oder um größere Frequenzbereiche abzudecken. Die tragen Thermistor-Leistungssensoren erfordern dafür aber sehr viel Zeit. Erschwerend kommt hinzu, dass durch die enge Bindung an die Bezugsnormale jedes der bestehenden Kalibriersysteme auch nur dessen Frequenzbereich umfasst. Das hatte beispielsweise zur Folge, dass für die Kalibrierung eines 40-GHz-Messkopfes R&S®NRV-Z55 dieser an drei verschiedene Systeme angeschlossen werden musste.

Auch in puncto Genauigkeit ist das Ergebnis nicht erstklassig. Da Thermistor-Leistungssensoren von Haus aus schlecht angepasst sind, entstehen vergleichsweise große Fehlanpassungsunsicherheiten bei der Kalibrierung der Produktions-systeme. Dadurch sind diese – bereits unmittelbar nach ihrer Kalibrierung – deutlich ungenauer als die entsprechenden Bezugsnormale.

Schneller und genauer mit Gamma-Korrektur

In der Produktion spielen Zeitbedarf und erzielbare Genauigkeit jedoch eine Schlüsselrolle. Deshalb führt, um Genauigkeitsverluste und Kalibrierzeit zu verringern, kein Weg daran vorbei, die Kalibriersysteme für Leistungssensoren nicht mehr über klassische Bezugsnormale, sondern mit modernen Leistungssensoren zu vermessen. Das verlängert allerdings die Kalibrierkette – eigentlich ein Widerspruch.

Der Schlüssel zur Lösung dieses Problems besteht darin, die durch Fehlanpassung bedingten Messabweichungen zu korrigieren. Und die lassen sich sehr genau berechnen, wenn die komplexen Reflexionskoeffizienten des Sensors und des Kalibriersystems bekannt sind. Die Ergebnisse müssen dann nur noch in das Endergebnis eingerechnet werden. Dieses Verfahren wird – in Anlehnung an das übliche Symbol für komplexe Reflexionskoeffizienten, den griechischen Großbuchstaben Gamma – als Gamma-Korrektur bezeichnet. Es ermöglicht schnelle Leistungskalibrierungen mit extrem geringen Verlusten an Genauigkeit.

Dazu ein eindrucksvolles Beispiel (BILD 2 und 3): Misst man die Ausgangsleistung handelsüblicher HF- oder Mikrowellen-Generatoren mit einem Leistungssensor nach, liefert die beidseitige Fehlanpassung erfahrungsgemäß den größten Unsicherheitsbeitrag, häufig weit über den im Datenblatt spezifizierten Messunsicherheiten für den Sensor. Durch Gamma-Korrektur verschwindet diese Fehlerquelle fast vollständig und die Gesamtmessunsicherheit bleibt auf dem Niveau der Messunsicherheit des Leistungssensors.

Pegelkalibrierung eines Generators

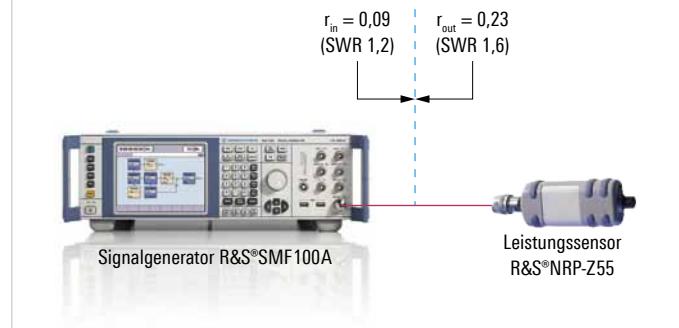


BILD 2 Pegelkalibrierung eines Generators R&S®SMF100A mit einem Leistungssensor R&S®NRP-Z55 als Referenz. Die maximale Messabweichung durch Fehlanpassung beträgt 0,18 dB bei 18 GHz (ohne Gamma-Korrektur).

Messunsicherheit mit / ohne Gamma-Korrektur

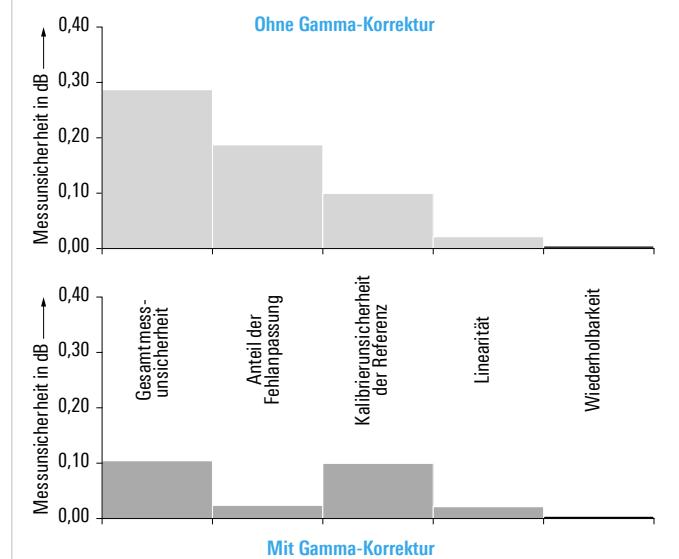


BILD 3 Messunsicherheit mit und ohne Gamma-Korrektur für das Beispiel in Bild 2 (Kalibrierpegel -10 dBm).

Da mag man sich die Frage stellen, warum Leistungskalibrierungen nicht schon früher mit Gamma-Korrektur durchgeführt wurden. Der Grund dafür ist, dass die Schwierigkeit weniger in der Korrektur an sich bestand, als in der Bestimmung des komplexen Quellen-Reflexionskoeffizienten. Denn diese Messung stellt bestimmte Anforderungen an die Quelle und muss außerdem auch sehr genau durchgeführt werden, sonst entsteht ein gegenteiliger Effekt. Rohde & Schwarz hat dieses Problem in den Griff bekommen und hier Pionierarbeit geleistet: Mit völlig neu konzipierten Kalibriersystemen werden die Leistungssensoren der Familie R&S®NRP nun hochgenau und schnell kalibriert.

Das neue Verfahren im Detail: Die Kalibrierkette für die Leistungssensoren der Familie R&S®NRP

Die konsequente Korrektur des Fehlanpassungseinflusses erlaubt es, zwei zusätzliche Kalibrierschritte einzuführen, ohne dass die Messunsicherheit der Leistungssensoren am Ende zunimmt (BILD 4). Dabei werden die Testsysteme nicht mehr zeitraubend und mit Genauigkeitsverlusten über Bezugsnormale kalibriert, sondern durch hausinterne Transferstandards auf der Basis moderner Leistungssensoren. Da die modernen Produktionssysteme außerdem so ausgelegt sind, dass sie an einem Messtor den kompletten Frequenzbereich eines Sensor-Typs zur Verfügung stellen, liegt es nahe, auch die

Kalibrierung des Produktionssystems in einem Zug durchzuführen. Das hat beispielsweise im Falle eines 40-GHz-Systems den Vorteil, dass anstelle von drei Bezugsnormalen für die Frequenzbänder 10 MHz bis 18 GHz, 18 GHz bis 26,5 GHz und 26,5 GHz bis 40 GHz nur ein einzelner Transferstandard für den gesamten Frequenzbereich anzuschließen ist.

Zur Kalibrierung der hochgenauen Transferstandards auf der Basis thermischer Sensoren aus der Reihe R&S®NRP wurde ein eigens dafür konzipiertes Referenzsystem geschaffen, welches unter der Verantwortung der DKD-Kalibriersstelle 16101 bei Rohde & Schwarz nach rein metrologischen Gesichtspunkten betrieben wird (Kasten auf der rechten Seite). Dieses Referenzsystem enthält für jedes Bezugsnormal eine darauf abgestimmte Leistungsreferenz. Es handelt sich dabei um eine kalibrierbare Quelle mit dem gleichen Frequenzbereich und dem passenden Anschluss. Oberhalb von 18 GHz muss mit Hohlleitern gearbeitet werden. Momentan enthält das System fünf Leistungsreferenzen, die den Frequenzbereich 100 kHz bis 75 GHz abdecken. Die Messunsicherheiten der Leistungsreferenzen liegen nur geringfügig über jener der Bezugsnormale, da bei der Kalibrierung mit Gamma-Korrektur gearbeitet wird und außerdem mehrere gleichartige Bezugsnormale für eine Kalibrierung herangezogen werden. Das erhöht die Prozess-Sicherheit (Stichwort: Ausreißer) und reduziert die Auswirkungen stochastischer Einflüsse.

Kalibrierkette für Leistungssensoren R&S®NRP

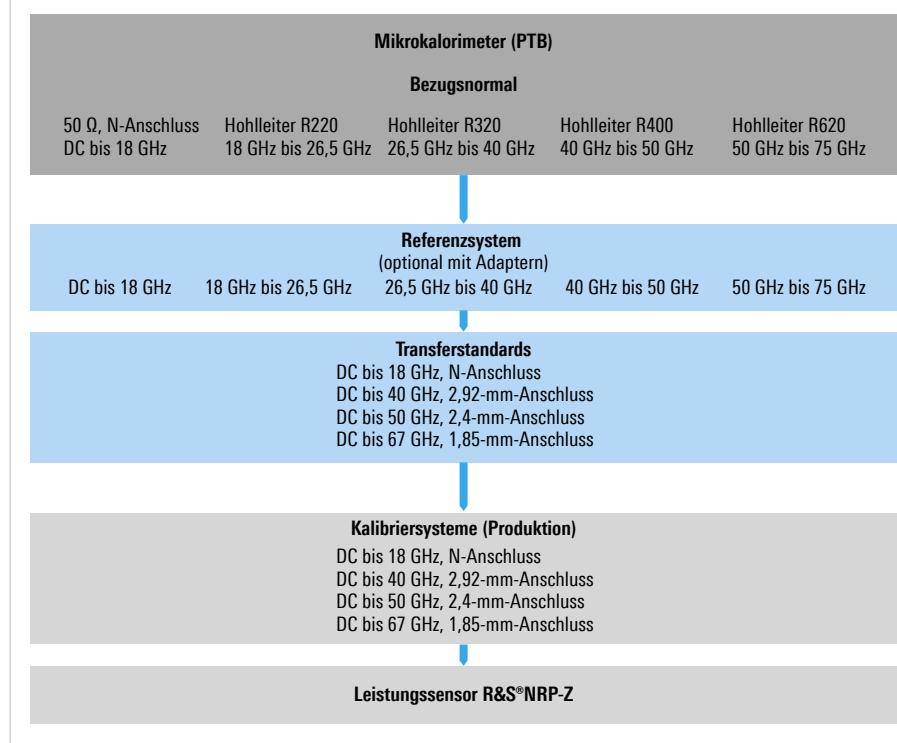


BILD 4 Kalibrierkette für Leistungssensoren der Familie R&S®NRP. Blau hinterlegt sind die im Vergleich zum klassischen Konzept hinzugekommenen Kalibrierstufen.

Die hausinternen Transferstandards werden, je nach Frequenzumfang, an einer oder mehreren Leistungsreferenzen kalibriert. Abhängig vom Anschlusstyp eines koaxialen Transferstandards müssen dabei verschiedene Adapter eingesetzt werden. Da die Adaptoreinflüsse aber über eine erweiterte Gamma-Korrektur fast vollständig berücksichtigt werden können, erreichen auch die Transferstandards eine äußerst geringe Messunsicherheit. Damit erfolgt dann die Kalibrierung der Produktionssysteme für R&S®NRP-Sensoren: Schnell, breitbandig und mit dem Anschlusstyp des Testsystems. Dies

reduziert nicht nur die Stillstandzeiten in der Produktion deutlich, sondern, da jetzt Adapter entfallen, vereinfacht sich auch die Rekalibrierung und macht sie damit noch sicherer. Genauer als früher ist die Methode außerdem noch.

Als Nachweis für die Richtigkeit des Kalibrierweges wurden im Rahmen einer Akkreditierung beim Deutschen Kalibrierdienst DKD das Messverfahren und die erzielten Messunsicherheiten von unabhängigen Experten durch Vergleichsmessungen kontrolliert und bestätigt.

Dr. Gerhard Rösel

Die Leistungsreferenzen – hochgenaue Signalquellen und Eintor-Vektor-Netzwerkanalysatoren in einem

Die im DKD-Labor 16101 bei Rohde & Schwarz eingesetzten Leistungsreferenzen haben nur noch wenig gemein mit jenen Anordnungen, die bisher weltweit den Standard für genaue Leistungskalibrierungen bildeten. Vereinfacht ausgedrückt handelt es sich um Eintor-Netzwerkanalysatoren, deren Ausgangspegel über eingebaute Leistungssensoren stabilisiert wird (BILD 5 und 6). Dadurch eignen sich diese Systeme nicht nur für den Leistungsvergleich, sondern es lassen sich auch der Reflexionskoeffizient des angeschlossenen Sensors und der eigene Quell-Reflexionskoeffizient bestimmen, beide in komplexer Notation. Damit ist alles für die Gamma-Korrektur vorhanden, in puncto Genauigkeit auf höchstem Niveau.

Die Weitergabe der Messgröße HF-Leistung vom Bezugsnormal an einen hausinternen Transferstandard erfolgt in vier Schritten:

1. Bestimmung der komplexen Reflexionskoeffizienten der Sensoren und der Quelle. Der äquivalente Quellen-Reflexionskoeffizient wird mittels einer Juroshek-Anordnung bestimmt. Dafür wird am Messtor eine Ein-Port-Kalibrierung mit OSM-Impedanz-Standards durchgeführt.
2. Kalibrierung der Leistungsreferenz mit mehreren gleichartigen Bezugsnormalen und Mittelung der Kalibrierfaktoren.
3. Kalibrierung aller vier S-Parameter des Adapters (falls für Transfer-Standard erforderlich).

4. Kalibrierung des Transferstandards. Um den gesamten Frequenzbereich eines Transferstandards abzudecken, wird dieser nacheinander an mehrere Leistungsreferenzen angeschlossen.



BILD 5 Ausschnitt aus dem Referenzsystem von Rohde & Schwarz.

Leistungsreferenz für ein Hohlleiter-Frequenzband

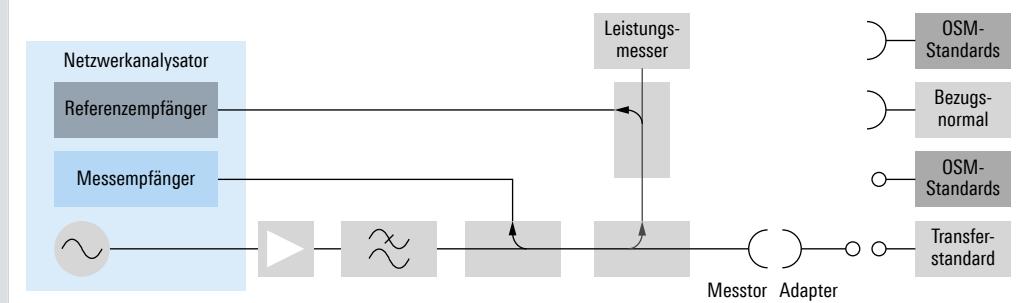


BILD 6 Blockschaltbild einer Leistungsreferenz für ein Hohlleiter-Frequenzband.

33-GHz-Leistungssensor für Messungen an Satellitenanlagen

Hochfrequente Leistungsmessungen sind heute so einfach, schnell und genau wie nie zuvor. Dahinter stecken Entwicklungen wie die Mehrpfadtechnik sowie die Integration des kompletten Leistungsmessgeräts in den Sensor. Waren solche Sensoren bisher nur für Frequenzen unter 26,5 GHz verfügbar, überdeckt der neue AVG Power Sensor R&S®NRP-Z31 das komplette Ka-Band für den Satellitenfunk: für allgemeine Anwendungen in Labor, Produktion und Service sowie zum Leistungs-Monitoring an Satellitenanlagen. Gerade in den Markt eingeführt, werden bereits die ersten Systeme mit den neuen Sensoren ausgestattet.

Hervorragende Messeigenschaften – das Beste aus zwei Welten

Moderne Leistungsmessköpfe wie der R&S®NRP-Z31 (BILD 1) kombinieren die Genauigkeit klassischer thermischer Sensoren mit der Messgeschwindigkeit und dem Dynamikbereich von CW-Dioden-Sensoren. Hinzu kommt die einfache Fernsteuerbarkeit über eine USB-Schnittstelle, was die Integration in Messsysteme und den Anschluss an andere Messgeräte von Rohde&Schwarz ermöglicht. Ein solcher Leistungssensor ist dabei nicht größer als früher und zurzeit die wirtschaftlichste Lösung für professionelle Messaufgaben: durch Wegfall des Grundgeräts, durch kürzere Messzeiten in der Produktion und die Möglichkeit der Standardisierung auf einen einzigen Sensortyp. Waren früher ein Dioden- und ein thermischer Leistungssensor erforderlich, um den messtechnisch wichtigen Pegelbereich von –40 dBm bis +20 dBm abzudecken, reicht heute ein einziger R&S®NRP-Z31. Hinzu kommen Eigenschaften, die man bei zeitlich strukturierten

oder modulierten Signalen benötigt und sonst nur bei Spitzenleistungsmessern findet: Leistungsmessung in Gates und die Möglichkeit, die Leistung als Funktion der Zeit darzustellen (Trace Modus). Leistungsmessung in Gates bedeutet, dass der Leistungsmittelwert nicht nur kontinuierlich, sondern auch über signalsynchrone, frei definierbare Zeitabschnitte gebildet werden kann.

Möglich wird dies durch die patentierte 3-Pfad-Technologie von Rohde&Schwarz, die sich seit vielen Jahren in den Sensoren der Reihe R&S®NRP-Z11 / -Z2x / -Z9x bewährt. Bei dieser Technik wird das Messsignal in drei leistungsmäßig gestaffelten und einander überlappenden Messpfaden simultan verarbeitet, wodurch ständig und ohne Bereichsumschaltung ein gültiges Messergebnis vorliegt. Daraus resultiert ein durchgehender Messbereich mit einem Umfang von 90 dB – für unmodulierte Träger und beliebig modulierte Signale. Die untere Messgrenze beträgt –67 dBm, reicht also sehr nahe an das theoretische Minimum für Dioden-Sensoren heran.



BILD 1 Der Leistungssensor R&S®NRP-Z31 mit einem Frequenzbereich von 10 MHz bis 33 GHz und einem Messumfang von –67 dBm bis +20 dBm.

Neben den hervorragenden Messeigenschaften bietet der AVG Power Sensor R&S®NRP-Z31 noch weitere Features, die den praktischen Einsatz erleichtern und nur bei den Leistungssensoren der Familie R&S®NRP zu finden sind: Embedding und Fixed Noise Averaging, um nur die wichtigsten zu nennen. Beim Embedding kann ein vorgeschaltetes Dämpfungsglied zur Leistungsanpassung oder ein Richtkoppler zur Leistungsauskopplung in die Messung integriert werden. Dazu muss lediglich der S-Parameter-Datensatz dieser Komponenten mit allen Frequenzstützpunkten dauerhaft im Sensor gespeichert und bei Bedarf für die Messung aktiviert werden. Einfacher – und genauer, weil Wechselwirkungen mit dem Sensor-Eingang berücksichtigt werden – geht es nicht. Das Fixed Noise Averaging fixiert den Rauschanteil im Messergebnis automatisch auf einen einstellbaren Wert. Das ist besonders vorteilhaft beim Programmieren ferngesteuerter Anwendungen und erspart umständliches Probieren oder aufwendige Berechnungen.

Welchen Sensor für welchen Zweck? Genaues Hinsehen lohnt sich!

Ob sich ein Leistungssensor für eine bestimmte Messaufgabe eignet, lässt sich am besten daran ablesen, ob Messgenauigkeit und -geschwindigkeit den Anforderungen genügen. BILD 2 zeigt beispielhaft, dass dies meist nur in einem Teil des von den Herstellern spezifizierten Messumfangs der Fall ist und der neue Leistungssensor R&S®NRP-Z31 diesbezüglich mehr als nur eine Lücke schließt.

Die mit einer bestimmten Sensor-Technologie erreichbare untere Messgrenze hängt im Wesentlichen vom Eigenrauschen des Sensors ab: je kleiner es ist, umso besser die Reproduzierbarkeit bei einer bestimmten Leistung und desto größer auch der Messumfang. Das Ansteigen der unteren Messgrenze mit abnehmender Messzeit (kleinerer Averaging-Faktor) hat physikalische Gründe und kann bei keiner Sensor-Technologie vermieden werden.

Hüllkurvenmodulation des Messsignals, wie im Beispiel angenommen, ist eine weitere Herausforderung für genaue Messungen. Bei thermischen Sensoren absolut unkritisch, kann Hüllkurvenmodulation bei Dioden-Sensoren zu erheblichen Messabweichungen führen, wenn die Leistung $10 \mu\text{W}$ (-20 dBm) übersteigt. Bei Mehrpfadsensoren kann hingegen durch geeignete Staffelung der Messpfade und die Verwendung von Mehrfachdioden (diode stacks) dafür gesorgt werden, dass die modulationsbedingten Messabweichungen so klein sind, dass sie gegenüber den anderen Fehlerquellen kaum ins Gewicht fallen.

Messumfang verschiedener Sensor-Technologien

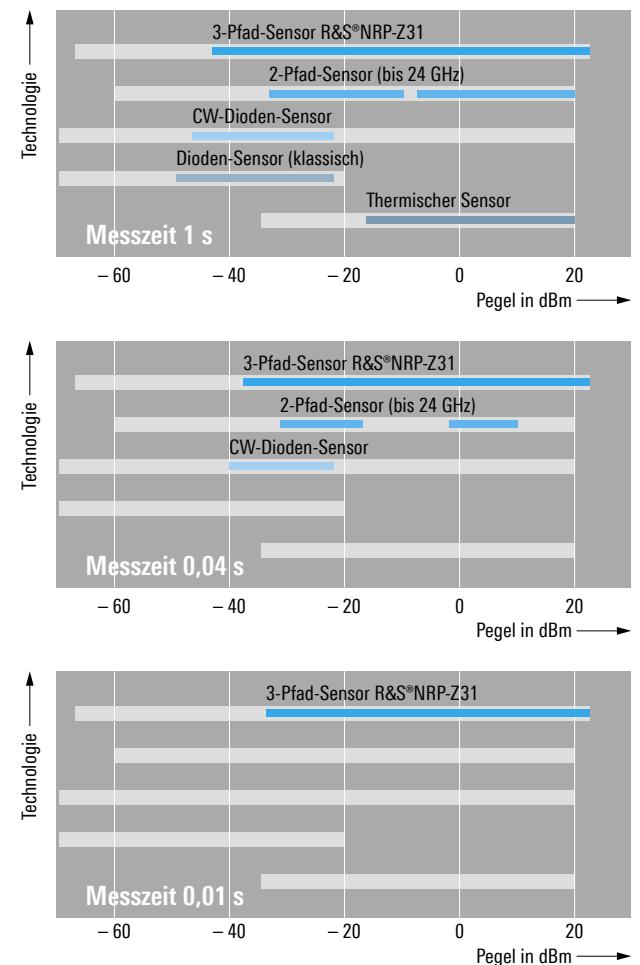


BILD 2 In der Praxis realisierbarer Messumfang verschiedener Sensor-Technologien nach Vorgabe der Messgenauigkeit und der Messzeit für eingeschwungene Messergebnisse. Die stochastischen Einflussgrößen Nullpunktoffset und Rauschen sollen zusammen einen Unsicherheitsbeitrag ($k = 2$) unter $0,4\%$ ($0,017 \text{ dB}$) liefern, der Einfluss der Modulation (16QAM) soll eine systematische Messabweichung von $\pm 1,2\%$ ($\pm 0,05 \text{ dB}$) nicht überschreiten. Es werden nur handelsübliche Sensoren für das Satelliten-Ka-Band betrachtet. Zum Vergleich ist für jeden Typ der von den Herstellern spezifizierte maximal mögliche Messbereich mit angegeben.

Würde man die Messfunktionen des Leistungssensors R&S®NRP-Z31 als weiteres Beurteilungskriterium heranziehen, d.h. den Trace-Modus zur Messung der Leistungshüllkurve, die Fähigkeit zum Messen in Zeitschlitten, das Embedding vorgeschalteter Komponenten oder das Fixed Noise Averaging, sollte die Entscheidung für den neuen Spross der R&S®NRP-Familie leicht fallen.

Thomas Reichel

Signalquellenanalysator R&S®FSUP mit neuen Messfunktionen

Der Signalquellenanalysator R&S®FSUP ist das einzige Gerät am Markt, das einen High-End-Spektrum- und Signalanalysator sowie einen Phasenrauschmessplatz in einem Gerät vereint. Nun beeindruckt er mit neuen Messfunktionen wie Residual Phase Noise oder AM Noise sowie mit der Erweiterung des Frequenzbereichs für Kreuzkorrelation zur Erhöhung der Messdynamik im Mikrowellenbereich.

Kreuzkorrelation jetzt von 1 MHz bis 50 GHz

Bei der Kreuzkorrelation wird das unkorrelierte Rauschen der beiden unabhängigen internen Referenzquellen per Mittelung eliminiert. Damit verbessert sich die Dynamik, abhängig von der Anzahl der Mittelungen, um bis zu 20 dB. Mit den neuen Hardware-Optionen R&S®FSUP-B60 / -B61 zum R&S®FSUP ist dieses Verfahren jetzt bei Eingangsfrequenzen zwischen 1 MHz und 50 GHz einsetzbar, ein Bereich, der vor allem für Messungen an Signalquellen in Radaranwendungen und Richtfunkverbindungen sowie in der Satellitenkommunikation interessant ist. Entwickler und Produktionsverantwortliche werden diese Erweiterung begrüßen, sind doch die notwendigen Phasenrauschmessungen – auch wenn die Messanforderungen sehr hoch sind – jetzt per Knopfdruck durchführbar. Der Messaufbau gestaltet sich einfach und es sind keine teuren Referenzquellen mehr nötig. BILD 1 und 2 zeigen eine typische Messung an einer hochwertigen Signalquelle bei 25,2 GHz. Trotz der mehr als 1000 Mittelungen, die

notwendig sind, um diese Signalquelle bei einer Frequenzablage von 10 kHz zu messen, benötigt der R&S®FSUP dafür nur wenige Sekunden. Die neue Hardware-Option ermöglicht zudem Messungen mit Kreuzkorrelation bei Eingangsfrequenzen kleiner als 10 MHz, was vor allem Hersteller von OCXOs interessiert. Denn diese fanden bisher keine so komfortable Lösung am Markt, mit der sie ihr gesamtes Produktpotential, das Frequenzen von wenigen Megahertz bis zum 100-MHz-Bereich abdeckt, per Knopfdruck messen konnten.

Messung von Residual Phase Noise

Das gemessene Phasenrauschen von HF-Sendern wird nicht ausschließlich vom Oszillator verursacht. Speziell bei High-End-Anwendungen interessiert, welchen Anteil Komponenten wie Verstärker oder Frequenzteiler daran haben. Der R&S®FSUP bietet alle Voraussetzungen und die Flexibilität für diese komplexen Messungen. Sie können mit Hilfe eines

R&S®FSUP: Einzigartige Kombination aus Phasenrauschmessplatz und Spektrum- / Signalanalysator

Der R&S®FSUP ist ein High-End-Spektrum- und Signalanalysator, kombiniert mit einem Phasenrauschmessplatz, der auf der PLL-Methode basiert. Er ist die einzige Komplettlösung am Markt in nur einem Gerät und kann bis zu einer Frequenz von 50 GHz (mit

externen Mischern bis 110 GHz) eingesetzt werden. Neben diesen Funktionen bietet der R&S®FSUP die Möglichkeit, das Frequenzverhalten von VCOs vollständig zu charakterisieren. Seine integrierten, sehr rauscharmen DC-Quellen ermöglichen den Betrieb und das Abstimmen der Oszillatoren. Einfach per Knopfdruck analysiert werden der Frequenzbereich, die Abstimmsteilheit, der Einfluss der Versorgungsspannung, das Verhalten der höheren Harmonischen, das Einschwingverhalten usw. Für Anwender, die direkt den Einfluss des Phasenrauschen auf die Modulationsqualität untersuchen wollen, stehen spezielle Analyseoptionen für digitale mobile Standards wie WCDMA, GSM etc. zur Verfügung. Die Option Allgemeine Vektorsignalanalyse R&S®FSQ-K70 erweitert den R&S®FSUP um universelle Demodulations- und Analysefunktionen für digitale Funksignale bis auf Bitstromebene. [Ausführlich vorgestellt wurde der R&S®FSUP in Neues von Rohde & Schwarz \(2006\) Nr. 190, S. 30–33.](#)



BILD 1 Phasenrauschenmessung an einer sehr guten Signalquelle bei 25,2 GHz Eingangs frequenz: ohne Kreuzkorrelation (blau), mit ca. 1000 Mittelungen (grün), mit ca. 20000 Mittelungen (gelb).



BILD 2 Ergebnisse einer Phasenrauschenmes sung mit dem R&S®FSUP an einer sehr guten Signalquelle.

	Angabe im Datenblatt der Signalquelle	Messung R&S®FSUP ohne Kreuzkorrelation	Messung R&S®FSUP mit Kreuzkorrelation, Anzahl der Mittelungen		
			100	1000	20000
Phasenrauschen bei 25,2 GHz und Frequenzablage 10 kHz	-122 dBc/Hz	-102,7 dBc/Hz	-113,6 dBc/Hz	-117,3 dBc/Hz	-125,9 dBc/Hz

externen Phasenschiebers durchgeführt werden, wobei die Software im R&S®FSUP den Anwender komfortabel durch die Kalibration führt. Außer dem internen Phasendetektor ist auch ein externer einsetzbar, sodass Anwender High-End-Komponenten aus älteren, deutlich komplexeren Phasenrausch-Messaufbauten weiterverwenden können, insbesondere dann, wenn die Empfindlichkeit mit dem internen Phasendetektor nicht ausreicht.

AM Noise und Baseband Noise

Phasenrauschenmessungen mit einem Spektrumanalysator zeigen immer die Summe aus Phasen- und Amplitudenauschen, die Einzelbeiträge können nicht getrennt gemessen werden. Deren getrennte Messung ist mit der Phasendetektormethode durchführbar, bei der das Amplitudenauschen unterdrückt wird. Die Größe des Amplitudenausches ist allerdings bei viele Anwendungen relevant, beispielsweise bei digitaler I/Q-Modulation, und muss deshalb spezifiziert werden. Amplitudenauschen konnte bisher im AM- / FM-Demodulator gemessen werden, allerdings nur mit eingeschränkter Dynamik. Mit dem neuen R&S®FSUP und der externen Diode

R&S®FSUP-Z1 kann man nun das Amplitudenauschen bei einem um 30 dB bis 40 dB größeren Dynamikbereich messen. Damit lassen sich beispielsweise die Spezifikationen von Transceiver-Chips für moderne mobile Kommunikationsstandards ermitteln.

Natürlich kann der Eingang für Residual Noise oder AM Noise auch direkt mit einer Signalquelle verbunden werden; das Gerät zeigt dann die (Rausch-)Leistung bei den verschiedenen Offsetfrequenzen an. Diese neue Messmöglichkeit ist vor allem für Anwender interessant, die ihre DC-Quellen, die ja einen großen Einfluss auf die Eigenschaften eines Oszillators haben, vermessen wollen.

Schneller – dank neuester Rechnerplattform

Mit den neuen Hardware-Optionen und Messmöglichkeiten ist der Signalquellenanalysator R&S®FSUP nicht nur vielseitiger. Dank seiner ebenfalls neuen Rechnerplattform ist er bei rechenintensiven Messungen auch noch deutlich schneller und somit eine unausweichliche Alternative, wenn es – wie im Produktionsumfeld – um jede Sekunde Zeitsparnis geht.

Dr. Wolfgang Wendler

Signalgenerator R&S®SMF100A: Phasenrauschen so niedrig wie nie zuvor

Ob für zivile oder für militärische Belange, ob für das Charakterisieren schneller A/D-Umsetzer oder für die Entwicklung hochempfindlicher Doppler-Radar-Geräte: Überall steigt der Bedarf an Signalquellen mit möglichst geringem Einseitenband-Phasenrauschen. Der Signalgenerator R&S®SMF100A bietet hier Werte, die man am Markt lange suchen muss.

Runter mit dem Rauschen ...

Es war im Wesentlichen der technische Fortschritt bei den Mikrowellen-Bauteilen in den vergangenen Jahren, durch den sich Geräte für immer anspruchsvollere Aufgaben realisieren ließen. Vor allem die Anwender in der Kommunikationstechnik verlangten immer niedrigere Werte für das Einseitenband-Phasenrauschen bei Trägerabständen von 1 kHz bis 100 kHz. Rohde & Schwarz hat für dieses Umfeld den passenden Generator im Portfolio: Den Mikrowellen-Signalgenerator R&S®SMF100A. Dank des kompromisslosen Designs seiner Frequenzsynthese nimmt er mit einem Einseitenband-Phasenrauschen von typisch -120 dBc (1 Hz) bei 10 GHz und einem Trägerabstand von 10 kHz in seiner Klasse eine Welt-Spitzenposition ein.

Doch der Trend zu immer komplexeren Aufgaben in der HF-Messtechnik ist ungebrochen. Vor allem Radar-Spezialisten aus dem zivilen und dem A&D-Bereich fordern noch geringeres Einseitenband-Phasenrauschen bei Trägerabständen unter 100 Hz. Denn in beiden Bereichen werden immer mehr hochempfindliche Doppler-Radar-Geräte entwickelt, die beispielsweise sich langsam bewegende Objekte zuverlässig detek-

tieren können. Diese Geräte warnen z.B. vor Personen oder Tieren auf Eisenbahnschienen. Ähnliche Anwendungen gibt es auch im Bereich A&D.

Physikalisch bedingt, erzeugen langsame, vom Radar erfasste Objekte tieffrequente Dopplersignale, die naturgemäß in Trägernähe liegen – daher die Forderung nach niedrigem Einseitenband-Phasenrauschen in diesem Bereich. Nur mit Hilfe geeigneter Signalgeneratoren können solche hochwertigen Radar-Geräte entwickelt, gefertigt, repariert und gewartet werden.

Auch die allgemeine Messtechnik ist zunehmend an Signalquellen mit geringstem Einseitenband-Phasenrauschen in Trägernähe interessiert. Hier müssen beispielsweise immer schnellere A/D-Umsetzer exakt charakterisiert werden. Das kann nur gelingen, wenn jitter-arme Mikrowellen-Signale, also Signale mit geringem Einseitenband-Phasenrauschen – besonders auch in Trägernähe – zur Verfügung stehen.

... um mehr als 8 dB!

Die Antwort von Rohde & Schwarz auf diese neuen Anforderungen aus dem Mikrowellen-Markt ist die Option "Enhanced Phase Noise Performance" R&S®SMF-B22 für den Signalgenerator R&S®SMF100A. Sie verbessert das Einseitenband-Phasenrauschen bei Trägerabständen < 100 Hz um typisch mehr als 8 dB. Mit ihr kann jeder R&S®SMF100A ausgestattet werden, unabhängig von der gewählten Frequenz-Optionierung.

BILD 1 zeigt das Einseitenband-Phasenrauschen mit und ohne Option R&S®SMF-B22. Ab einem Trägerabstand von etwa 1 kHz und größer verhält sich der Generator mit und ohne Option praktisch gleich. Je geringer die Abstände zum Träger werden, umso deutlicher zeigt sich der Einfluss der neuen Option. Das ist sowohl an den gemessenen Werten in BILD 1 als auch an den Datenblatt-Werten bei 10 GHz in BILD 3 gut zu erkennen.

Signalqualität, Geschwindigkeit und Flexibilität – das sind drei zentrale Kriterien, in denen der [Mikrowellen-Signalgenerator R&S®SMF100A](#) brilliert (siehe Neues von Rohde & Schwarz (2007) Nr. 192, S. 21–24).



Das typische Einseitenband-Phasenrauschen mit der Option R&S®SMF-B22 bei 1, 3, 10, 22 und 40 GHz ist aus BILD 2 ersichtlich. Dank dieser Performance ist der R&S®SMF100A in Verbindung mit der Option R&S®SMF-B22 die erste Wahl für Lokaloszillator-Substitutionen sowie für Sender- und

Empfängermessungen an modernen Radar-Geräten und Mikrowellen-Kommunikationsanlagen; er ist außerdem eine hervorragende Referenzquelle für Messungen des Einseitenband-Phasenrauschens.

Wilhelm Kraemer

BILD 1 Gemessenes Einseitenband-Phasenrauschen ohne und mit der Option R&S®SMF-B22.

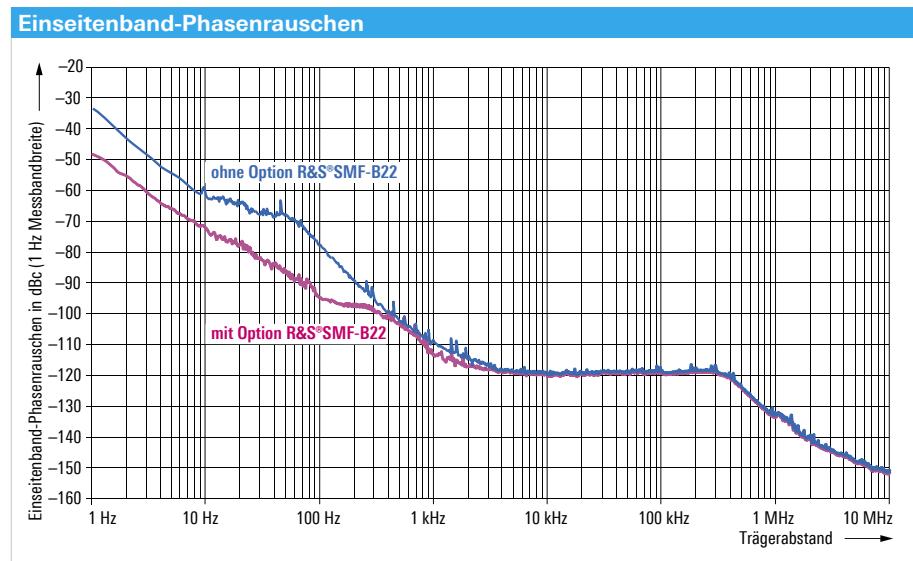


BILD 2 Gemessenes Einseitenband-Phasenrauschen mit der Option R&S®SMF-B22 bei verschiedenen Frequenzen.

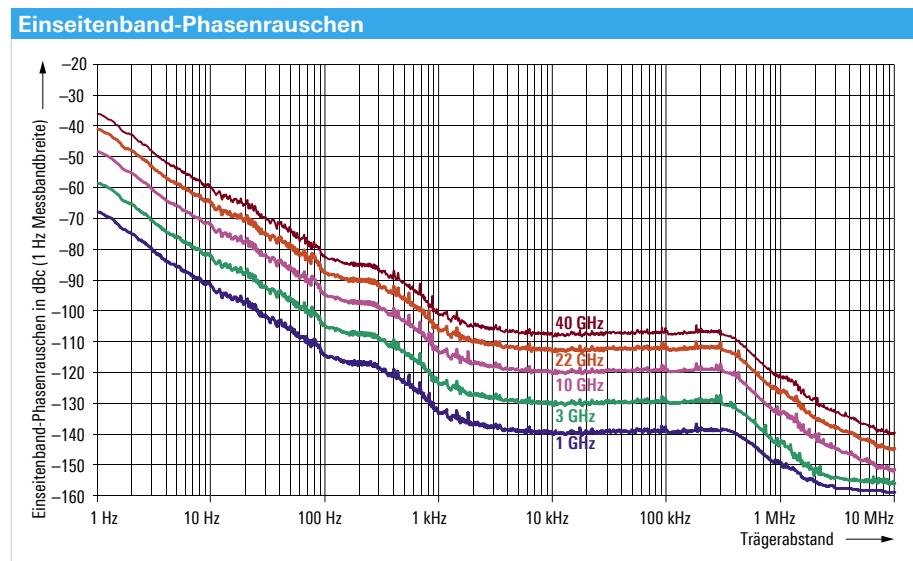


BILD 3 Einseitenband-Phasenrauschen mit Option R&S®SMF-B22, Messbandbreite 1 Hz, CW. Blau: Werte ohne Option bei einer Trägerfrequenz von 10 GHz.

Trägerfrequenz	Abstand vom Träger						
	1 Hz	10 Hz	100 Hz	1 kHz	10 kHz	100 kHz	
250 MHz	< -52 dBc	< -80 dBc	< -97 dBc	< -116 dBc	< -126 dBc	< -128 dBc	
1 GHz	< -57 dBc	< -85 dBc	< -101 dBc	< -121 dBc	< -132 dBc	< -133 dBc	
2 GHz	< -51 dBc	< -79 dBc	< -96 dBc	< -115 dBc	< -128 dBc	< -127 dBc	
4 GHz	< -45 dBc	< -73 dBc	< -89 dBc	< -109 dBc	< -122 dBc	< -121 dBc	
10 GHz	< -37 dBc	< -65 dBc	< -81 dBc	< -101 dBc	< -115 dBc	< -113 dBc	
20 GHz	< -31 dBc	< -59 dBc	< -75 dBc	< -95 dBc	< -109 dBc	< -107 dBc	
40 GHz	< -25 dBc	< -53 dBc	< -69 dBc	< -89 dBc	< -103 dBc	< -101 dBc	

Analoge und digitale Hörfunksignale mit der Generatorfamilie R&S[®]SMx

Mehrere Hörfunkstandards, GPS-Empfang mit Navigation und Bluetooth[®]-Schnittstelle: Moderne Mobilfunkgeräte und Autoradios sind reichhaltig ausgestattet. Viel Testbedarf also für die Hersteller und entsprechende Nachfrage nach Generatoren, die alle gängigen Standards in einem Gerät bereitstellen und Systemtests dadurch vereinfachen.

Signalgeneratoren von Rohde & Schwarz: Immer am Ball

Der analoge Hörfunk ist weiterhin attraktiv, bietet er doch weltweit die beste Netzardeckung. Auch heutzutage ist kaum ein Radioempfänger vorstellbar, der keinen analogen Empfang bietet. Trotzdem ist auch im Hörfunk der Umstieg von den analogen auf digitale Standards nicht aufzuhalten. Die Welt des digitalen Hörfunks ist mittlerweile recht vielfältig: Es ist zu unterscheiden zwischen den verschiedenen Übertragungsstandards und Systemanbietern wie XM Satellite Radio[™] oder SIRIUS Satellite Radio[™], die beide ein unter SDARS (Satellite Digital Audio Radio Services) bekanntes satellitengestütztes Radiosystem in Nordamerika betreiben. Letztere legen nicht nur die Übertragungstechnik fest, sie liefern auch gleich die Inhalte. Die technischen Übertragungsstandards – beispielsweise DAB und HD Radio[™] – definieren lediglich die Übertragungstechnik, die Inhalte liefern unabhängige Hörfunkanbieter.

Entsprechend vielfältig ist auch die Hardware für Endanwender. So integrieren beispielsweise Autoradiohersteller vermehrt unterschiedliche Übertragungsstandards in ihre Geräte oder bieten abhängig vom Zielmarkt verschiedene Radiokonfigurationen an. All das treibt den Testbedarf in die Höhe und die Hersteller benötigen Messtechnik, die einfache und reibungslose Systemtests bei minimalem Geräteaufwand sicherstellt. Wichtig dabei sind Signalgeneratoren, die einfach zu bedienen sind und in einem Gerät alle erforderlichen Testsignale in bester Qualität zur Verfügung stellen.

Rohde & Schwarz offeriert mit den Signalgeneratoren R&S[®]SMx ein umfangreiches Programm an Generatoren für praktisch jeden Bedarf. Mit den neuen Optionen erzeugen die Signalgeneratoren der Familie R&S[®]SMx Testsignale für alle wichtigen Hörfunksysteme / Hörfunkstandards (BILD 1 links):

- HD Radio[™]
- SDARS mit XM Satellite Radio[™] und SIRIUS Satellite Radio[™]
- DAB
- FM Stereo und RDS/RDBS.

Generatoren für alle bedeutenden Standards: Digitaler und analoger Hörfunk, Mobil-TV und Mobilfunk

<p>Vektor-Signalgenerator R&S[®]SMU 200A</p> 	<p>XM Satellite Radio[™]</p> <p>SIRIUS Satellite Radio[™]</p> <p>HD Radio[™]</p> <p>DAB</p> <p>FM Stereo</p> <p>RDS / RDBS</p> <p>DVB-T</p> <p>DVB-H</p>	<p>Broadcast Test System R&S[®]SFU</p> 
<p>Vektor-Signalgenerator R&S[®]SMJ 100A</p> 	<p>Alle ATV</p> <p>ATSC</p> <p>ISDB-T</p> <p>T-DMB</p> <p>(CMMB)</p>	<p>Broadcast Tester R&S[®]SFE</p> 
<p>Vektor-Signalgenerator R&S[®]SMBV 100A</p> 	<p>LTE</p> <p>3GPP</p> <p>GSM</p> <p>WLAN</p> <p>Bluetooth[®]</p> <p>GPS</p>	<p>Test Transmitter R&S[®]SFE100</p> 

BILD 1 Rohde & Schwarz bietet als einziger Hersteller weltweit ein Portfolio an Generatoren, das alle wesentlichen Standards abdeckt, vom analogen und digitalen Hörfunk über Mobil-TV bis hin zum Mobilfunk.

Für die etablierten Generatoren R&S®SMU 200A und R&S®SMJ100A sind die Optionen bereits verfügbar oder im Zertifizierungsprozess der Radiobetreiber, für den „Neuling“ R&S®SMBV100A werden sie in Kürze folgen.

FM Stereo mit der vielseitigen Option R&S®SMX-K57

Die prinzipielle Funktionsweise der Option für FM Stereo ist aus BILD 2 ersichtlich. Alle wichtigen Parameter / Daten sind einstellbar, um die analogen Radioempfänger auch in Grenzbereichen testen zu können. Die Audiodaten werden entweder vom internen NF-Generator erzeugt oder über den S/P-DIF-Eingang eingespeist. Zusätzlich lassen sich Audio dateien im gängigen WAV-Format einlesen und als Audioquelle nutzen. Damit kann der Anwender bequem Musik oder Audioinhalte am PC auswählen und später mit den Generatoren ein FM-Hörfunksignal erzeugen.

Eine Besonderheit der Option FM Stereo sind die umfangreichen Möglichkeiten zum Erzeugen von RDS- / RBDS-Signalen. Gerade hier spielen die Generatoren R&S®SMx mit ihrer intuitiven Bedienoberfläche ihre Stärken aus. Alle gängigen Parameter kann man über die Menüs eingeben. BILD 3 zeigt dies am Beispiel von Group Type 0. Der RDS-Standard definiert 16 verschiedene Message-Formate, die dort als Group Type 0 bis 15 bezeichnet sind. Dank ihrer Flexibilität bietet die Option sogar die Möglichkeit, ODA-Daten (Open Data Application) und TMC-Daten (Traffic Message Channel) einzugeben. BILD 4 zeigt den Eingabedialog für ODA im Group Type 8.

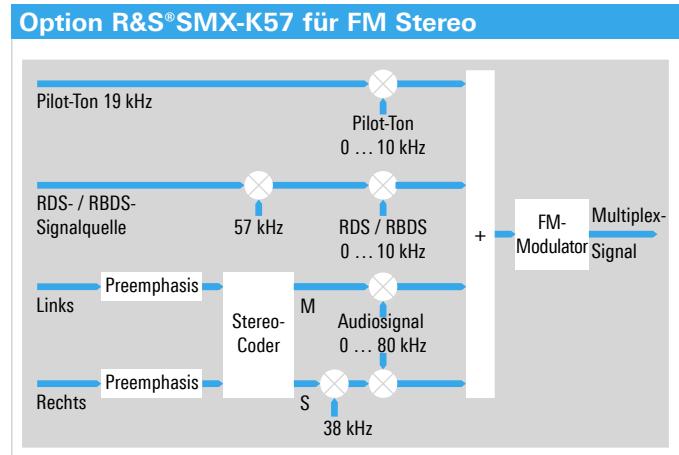


BILD 2 Prinzip der Option R&S®SMU-K57 für FM Stereo.

DAB / T-DMB – Musik und Datendienste über UKW mit der Option R&S®SMX-K53

Digital Audio Broadcasting (DAB) ist mittlerweile ein etablierter Standard für die Übertragung digitaler terrestrischer Hörfunkprogramme und in vielen europäischen Ländern flächendeckend verfügbar. DAB kann außer Audiodaten auch beliebige andere Zusatzdienste und Informationen übertragen. Basierend auf OFDM-Technik, erreicht der Standard eine Nettodatenrate bis 1824 kbit/s bei einer Bandbreite von 1,536 MHz. Die Programme werden zu Diensten und diese wiederum zu Ensembles logisch gebündelt.

Number Of Message Entries						
No.	Block 2	Block 3	Block 4	No.	Block 2	Block 3
0	01	1122	5434	16		
1	02	4343	FF2A	17		
2	1E	5CC4	AD10	18		
3	1F	0345	30A8	19		
4				20		

BILD 4 FM Stereo: Eingabe der Nutzdaten im User-Mode für Group Type 8 / ODA.

No.	Frequency /MHz	No.	Frequency /MHz	No.	Frequency /MHz
0	97.3	9		18	
1	99.5	10		19	
2	98.4	11		20	
3	98.5	12		21	
4		13		22	

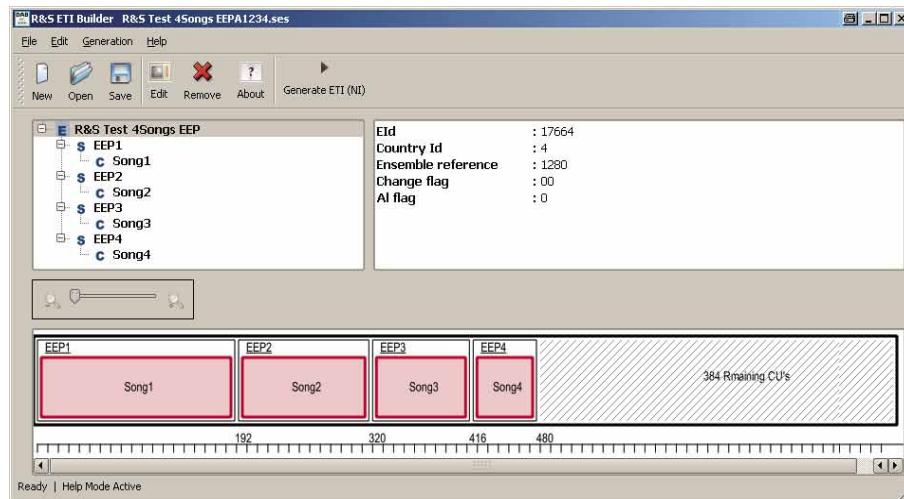


BILD 5 Hauptfenster des ETI Builders; es zeigt ein Ensemble mit vier Diensten. Im Fenster links oben ist die Struktur des Ensembles als Baum dargestellt, rechts davon Informationen zum Ensemble. Das untere Fenster zeigt die Lage der einzelnen Dienste (mit unterschiedlichem Fehlerschutz) im Payload-Bereich der DAB-Frames, wie sie später gesendet werden sollen.

Die Schnittstelle zwischen Programmanbietern und Übertragungsnetz ist durch das Ensemble Transport Interface (ETI) beschrieben. Die DAB- / T-DMB-Option R&S®SMX-K53 nutzt ETI als Eingangsdatenformat und sendet die darin enthaltenen Ströme als DAB-Signal, wobei sie alle im Standard definierten Transport-Modi und Fehlerschutzverfahren unterstützt. BILD 6 zeigt das Hauptmenü, in dem die ETI-Datei ausgewählt wird. Ist das Format gültig, werden Informationen, z.B. der aus den ETI-Frames detektierte Transport-Modus und die Dauer der eingestellten Frames, angezeigt.

Rohde & Schwarz bietet für das Erzeugen von ETI-Datenströmen die kostenlose Software ETI Builder an (BILD 5). Mit ihr lassen sich Musikdateien in ETI-Ströme umwandeln, die dann von den Generatoren R&S®SMx abgespielt werden können.

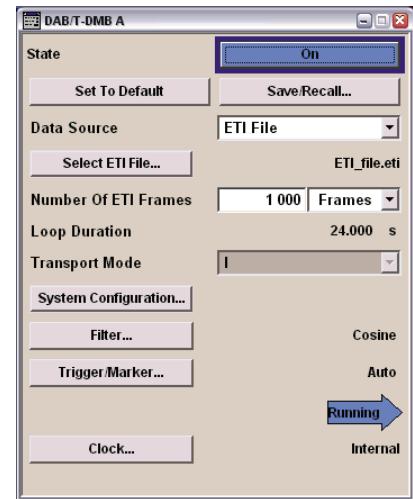


BILD 6 DAB: Hauptdialogfeld mit der Option R&S®SMU-K53.

HD Radio™ – digitales Radio parallel zum analogen AM- und FM-Rundfunk

HD Radio™, bekannt auch unter dem Namen iBOC (In-band on-channel), wurde von dem Unternehmen iBiquity entwickelt und ist vor allem in den USA verbreitet. Das Verfahren nutzt die gleichen Frequenzbänder wie der analoge AM- / FM-Hörfunk und kann – im Gegensatz zu DAB – als Hybridvariante in Koexistenz dazu betrieben werden. BILD 7 veranschaulicht dies für das FM-Frequenzband. Im Hybrid-Modus wird links und rechts vom analogen FM-Signal zusätzlich das OFDM-modulierte HD Radio™-Signal übertragen.

Die Generatoren R&S®SMx sind von iBiquity für HD Radio™ bereits zertifiziert. Die Option R&S®SMX-K352 umfasst den kompletten Satz von AM- und FM-Testvektoren für alle Testkategorien, das sind: Functional, Bit Error Rate (BER) Test Pattern, Analog-Only, Non-iBOC und Production.

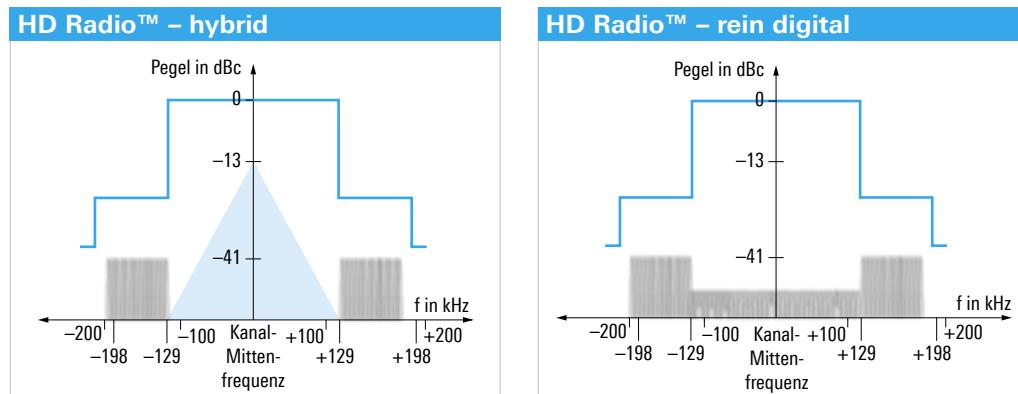
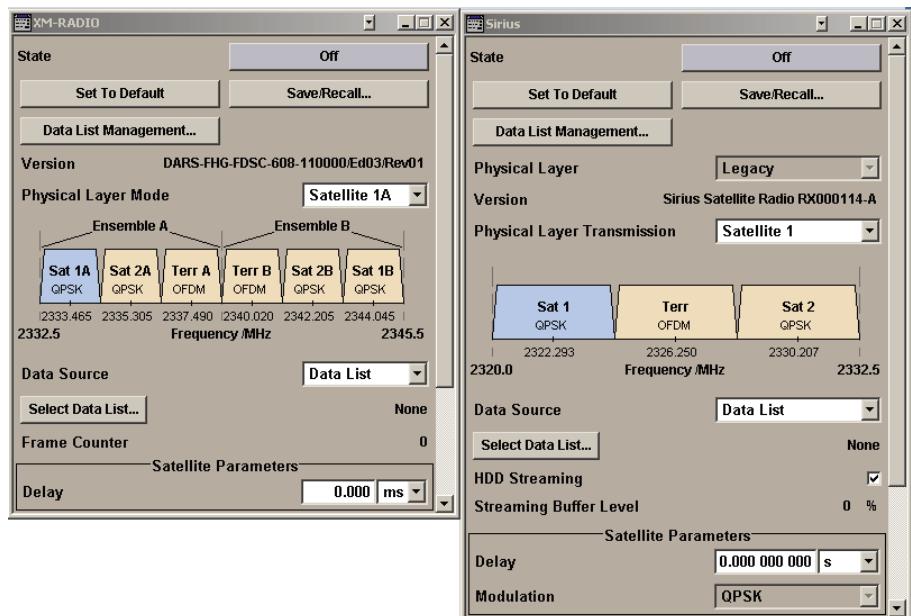


BILD 7 HD Radio™: FM-Frequenzband als hybrides (links) und rein digitales System.

BILD 8 Hauptdialoge für SIRIUS Satellite

Radio™ und XM Satellite Radio™.



XM Satellite Radio™ und SIRIUS Satellite Radio™ mit den Echtzeit-Optionen R&S®SMX-K56 und R&S®SMX-K58

Die beiden wichtigsten SDARS-Systeme (Satellite Digital Audio Radio Service) sind XM Satellite Radio™ und SIRIUS Satellite Radio™, zwei Anbieter, die 2008 fusionierten. SDARS-Systeme übertragen einerseits ein QPSK-moduliertes Signal über Satelliten sowie ein COFDM-moduliertes Signal über terrestrische Repeater. Diese Übertragungstechnik bietet guten Empfang sowohl in dünn besiedelten Gebieten als auch in Ballungsgebieten. Die zugeteilten Frequenzbänder liegen im 2,3-GHz-Bereich.

Beim XM Satellite Radio™ wird das Frequenzband in zwei Unterbänder unterteilt, die sog. Ensembles. Jedes Ensemble beinhaltet zwei QPSK-modulierte Satellitenträger und einen COFDM-modulierten terrestrischen Träger. Zur Zeit übertragen beide Ensembles gleiche Inhalte, in Zukunft können auch unterschiedliche Inhalte gesendet werden. Beim SIRIUS Satellite Radio™ teilt sich das Frequenzband in insgesamt zwei QPSK-modulierte Satellitenträger und einen COFDM-modulierten terrestrischen Träger auf. Das komplette Frequenzband bei beiden SDARS-Systemen ist 12,5 MHz breit.

Die Generatoren R&S®SMx wurden in einer Typprüfung vom Systemanbieter für XM Satellite Radio™ und für SIRIUS Satellite Radio™ validiert, erzeugen also standardkonforme Signale (BILD 8). Das leistungsstarke Basisband der Generatoren bietet Investitionssicherheit, denn sie sind damit für künftige Erweiterungen seitens der Systemanbieter bestens gerüstet. Als erste ihrer Klasse bieten die Generatoren R&S®SMx das dynamische Nachladen der Modulationsdaten direkt von der

internen Festplatte, ihre Länge ist also nur durch die Größe der Festplatte begrenzt.

Fazit

Rohde & Schwarz deckt mit seinem Programm an Signalgeneratoren alle relevanten Standards und Frequenzbereiche ab. Die Generatoren der Familie R&S®SMx sind die Spezialisten für praktisch alle Mobilfunkstandards sowie für die GPS-Simulation und unterstützen – wie hier beschrieben – nun zusätzlich die wichtigsten analogen und digitalen Hörfunkstandards in einem Gerät. Das künstliche Stören des Nutzsignals mit dem optionalen AWGN-Generator (Additive White Gaussian Noise) sowie das Nachbilden von Mehrwegeausbreitung mit dem optionalen Fading-Simulator vervollständigen den Funktionsumfang dieser Gerätefamilie.

Gerhard Miller; Volker Ohlen

Neben den beschriebenen Lösungen bietet Rohde & Schwarz weitere Produkte an, die Signale für einen Teil der oben aufgeführten analogen und digitalen Radiostandards generieren können. So unterstützt der R&S®SMB100A FM Stereo/RDS, der R&S®AFQ100A XM Satellite Radio™ und die Generatoren der Familie R&S®SFx FM Stereo/RDS, DAB und HD Radio™. Informationen dazu finden sich auf der Homepage von Rohde & Schwarz.

Automatische Pulsanalyse mit dem HF-Signalgenerator R&S®SMA100A

Mit der Option Power Analysis R&S®SMA-K28 unterstützt der HF-Signalgenerator R&S®SMA100A nicht nur beim Messen von Frequenzgängen und Kompressionskurven, sondern wird auch zum vollwertigen Pulsanalytator.

Signalgeneratoren und Leistungssensoren – eine intelligente Kombination

Bereits seit Längerem können die Leistungssensoren R&S®NRP-Zxx an allen Signalgeneratoren von Rohde & Schwarz betrieben werden, z.B. für die Korrektur des Frequenzgangs des Messaufbaus. Die Generatoren R&S®SMA100A und R&S®SMF100A sind zusammen mit der Option Power Analysis R&S®SMA-K28 auch für anspruchsvolle Aufgaben einsetzbar, beispielsweise zum Messen des Frequenzgangs oder des Kompressionsverhaltens eines Prüfobjekts.

Bei gepulsten Signalen, wie sie z.B. in der Radartechnik oder in der Avionik bei DME-Ausrüstungen (DME: Distance Measurement Equipment) vorkommen, sind dagegen hauptsächlich die Pulsparameter (BILD 1) zu messen, vorzugsweise vollautomatisch. Diese Messfunktion ist Bestandteil der aktuellen Firmware, mit der sich auch bereits vorhandene Geräte schnell und einfach nachrüsten lassen. Voraussetzung für diese Messungen ist der Breitband-Leistungssensor R&S®NRP-Z81.

Der analoge Signalgenerator R&S®SMA100A erzeugt spektral reinste Signale bis 6 GHz. Mit der neuen Firmware-Option R&S®SMA-K26 kann er auch DME-Signale generieren und zusammen mit dem Breitband-Leistungssensor R&S®NRP-Z81 die wichtigsten Parameter einer DME-Bodenstation analysieren (siehe Beitrag ab Seite 50).



Grundlagen der Pulsanalyse

Pulse werden nach der international gültigen Norm IEC 469 gemessen. Der Algorithmus im R&S®NRP-Z81 ermittelt zunächst die Pulsamplitude der gemessenen Kurve aus dem Abstand von Top Power und Base Power. Auf diese Pulsamplitude beziehen sich nun die Prozentwerte der drei vorgebbaren Referenzpegel Distal, Mesial und Proximal, mit deren Hilfe der Puls vermessen werden kann (BILD 1). Übliche Werte dafür sind 90 %, 50 % und 10 % (z.B. beim Vermessen von DME-Doppelpulsen, siehe Artikel ab Seite 50). Während die Distal- und Proximal-Referenzpegel nur zum Bestimmen der Pulsanstiegs- und -abfallzeiten herangezogen werden, dient der Mesial-Referenzpegel zum Ermitteln aller anderen Timing-Parameter.

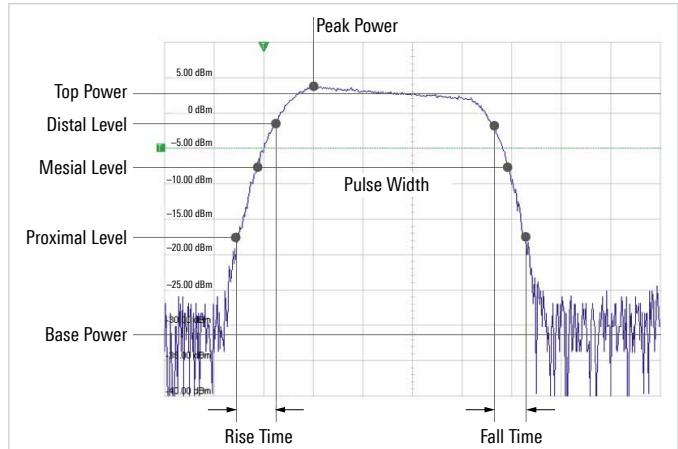


BILD 1 Definition der Pulsparameter gemäß der Norm IEC 469.

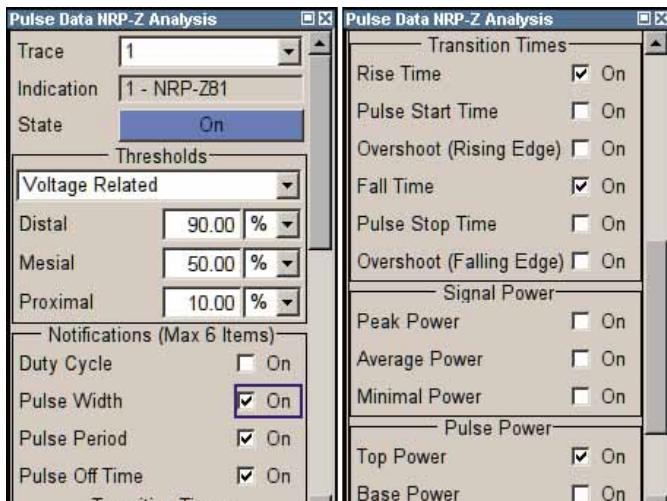


BILD 2 Einstellung der Parameter für die Pulsanalyse.

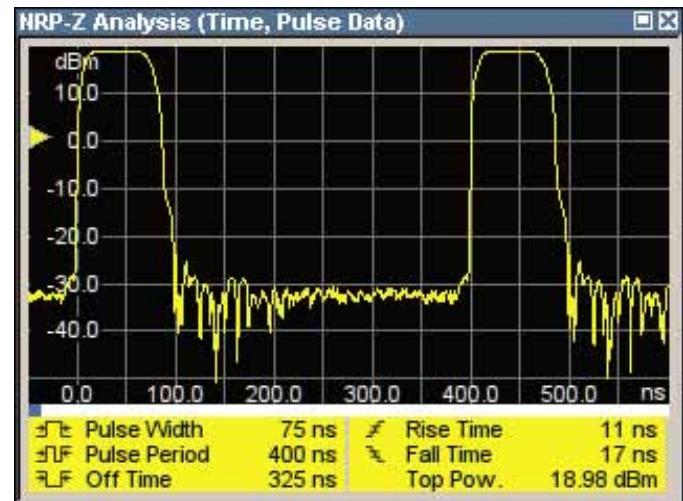


BILD 3 Darstellung der gemessenen Pulsparameter am Display des Signalgenerators R&S®SMA100A.

Flink bedient

BILD 2 zeigt alle Einstellmöglichkeiten der automatischen Pulsanalyse. Fortlaufend werden 18 Parameter gemessen (BILD 4), sechs davon können für die Messwertdarstellung ausgewählt werden (BILD 3). Um die verfügbare Bildschirmfläche optimal zu nutzen und gleichzeitig das Gerät flink bedienen zu können, ist die etablierte Bedienphilosophie des R&S®SMA100A an einigen Stellen erweitert worden. Werden die Analyseergebnisse im Vollbild-Modus angezeigt (wie in BILD 3), so lässt sich beispielsweise über die Taste BACK-SPACE sehr schnell die automatische Skalierung der Pegelachse auslösen. Alle Einstellungen und Messergebnisse sind selbstverständlich auch über die Fernsteuerschnittstellen (GPIB / LAN / USB) verfügbar, die Ergebnisse können als Grafik oder als Excel®-Datensatz gespeichert werden.

Fazit

Durch diese Erweiterung der Option Power Analysis R&S®SMA-K28 und mit dem Breitband-Leistungssensor R&S®NRP-Z81 wird der HF-Signalgenerator R&S®SMA100A zu einer vielseitigen Ein-Box-Lösung für zahlreiche Applikationen, die hochreine Prüfsignale erfordern und bei denen zugleich gepulste Signale schnell und hochpräzise charakterisiert werden müssen. Die Option ist auch für den Mikrowellengenerator R&S®SMF100A erhältlich.

Thomas Braunstorfinger

Parameter	Bedeutung
Duty Cycle	Verhältnis von Pulse Width zu Pulse Period in % $\frac{\text{Pulse Width}}{\text{Pulse Period}} \times 100\%$
Pulse Width	Pulsbreite, siehe BILD 1
Pulse Period	Periodendauer, Abstand von einer steigenden Flanke zur nächsten steigenden Flanke
Pulse Off Time	Abstand zweier Pulse, Abstand von der fallenden Flanke bis zur nächsten steigenden Flanke
Rise Time	Pulsanstiegszeit, siehe BILD 1
Pulse Start Time	Beginn des Pulses, relativ zum Triggerzeitpunkt Überschwinger an der steigenden Flanke in Prozent
Overshoot (Rising Edge)	$\frac{\text{Peak Power} - \text{Top Power}}{\text{Top Power} - \text{Base Power}} \times 100\%$
Fall Time	Pulsabfallszeit, siehe BILD 1
Pulse Stop Time	Ende des Pulses, relativ zum Triggerzeitpunkt Überschwinger an der fallenden Flanke in Prozent
Overshoot (Falling Edge)	$\frac{\text{Base Power} - \text{Minimal Power}}{\text{Top Power} - \text{Base Power}} \times 100\%$
Minimal Power	Kleinste gemessene Leistung in der gesamten Messkurve
Peak Power	Größte gemessene Leistung in der gesamten Messkurve, siehe BILD 1
Average Power	Mittlere Leistung
Top Power	Höchste Leistung, bereinigt um eventuelle Einschwingvorgänge, oftmals über Amplitudenhistogramm bestimmt, siehe BILD 1
Base Power	Durchschnittliche Leistung in der Pulspause
Mesial / Proximal / Distal Power	Absolute Leistung zum Zeitpunkt, an dem die Hüllkurve den definierten Referenzpegel erreicht

BILD 4 Diese 18 verschiedenen Parameter werden bei der automatischen Pulsanalyse fortlaufend gemessen.

Signalgenerator R&S®SMA100A erzeugt und analysiert DME-Signale

Die neue Firmware-Option R&S®SMA-K26 erweitert den analogen Signalgenerator R&S®SMA100A um die Funktion zum Generieren von DME-Signalen für die Flugnavigation. Zusammen mit dem Breitband-Leistungssensor R&S®NRP-Z81 und der Firmware-Option Power Analysis R&S®SMA-K28 kann der Generator darüber hinaus auch DME-Signale analysieren und wird damit zum universellen Messgerät für Tests von DME-Ausrüstungen in Flugzeugen (DME Interrogator) und am Boden (DME Transponder).

Erzeugen von DME-Signalen

Der R&S®SMA100A beherrscht sowohl das Erzeugen von DME-Flugzeug-Interrogator-Signalen als auch die etwas aufwendigere Simulation einer DME-Bodenstation einschließlich der dazugehörigen Squitter- und Identifizierungs-Pulse. Alle Parameter sind im übersichtlichen Bedienmenü frei einstellbar (BILD 1) und können für Testzwecke abweichend von den Werten, die von der ICAO (International Civil Aviation Organization) in der Annex 10 vorgegeben sind, verändert werden. So kann man beispielsweise ein nicht normkonformes Signal in eine DME-Bodenstation einspeisen und überprüfen, ob auf dieses ungültige Empfangssignal eine Antwort gesendet wird.

Zum Test von Flugzeug-Interrogatoren im Labor ist der R&S®SMA100A auch als Simulator für eine DME-Bodenstation einsetzbar. Dazu wird am Signalgenerator ein Breitband-Leistungssensor R&S®NRP-Z81 [2] angeschlossen, der als Empfänger für die DME-Anfragepulse aus dem Flugzeug-Interrogator dient. Der Leistungssensor triggert so die Signal-erzeugung im Generator, wobei die Verzögerungszeit (Reply

Delay) zwischen dem Anfragepuls und dem gesendeten Antwortpuls beliebig variiert werden kann, um einen Abstand von 0 NM bis 400 NM (nautische Meilen; 1 NM = 1,852 km) zwischen Flugzeug und Transponder zu simulieren. Der Abstand wird dabei in der grafischen Bedienoberfläche direkt in nautischen Meilen eingestellt, der Generator liefert nach dieser Verzögerungszeit die entsprechenden Antwortpulse an seinem HF-Ausgang und fügt diese in die laufend und zufällig generierten sogenannten Squitter-Pulse ein. Eine DME-Bodenstation sendet in der Praxis ständig Squitter-Pulse, um immer eine gewisse Mindestlast an Sendepulsen zu erzeugen. Das ist notwendig, um die eigenen Sendeparameter laufend überwachen zu können. Die Verteilung der zufälligen Abstände der Squitter-Pulse aus dem R&S®SMA100A entspricht der in der EUROCAE (European Organisation For Civil Aviation Equipment) ED-54 vorgeschriebenen Verteilungswahrscheinlichkeit.

Eine wichtige Kenngröße von DME-Bodenstationen ist die Efficiency, die das Verhältnis von gesendeten Antwortpulsen zu den dazugehörigen Anfragepulsen von einem Flugzeug

Funknavigation im Überblick

Im internationalen Flugverkehr wird DME (Distance Measurement Equipment) zur Distanzmessung zwischen einem Flugzeug (Interrogator) und einer DME-Bodenstation (Transponder) eingesetzt und ermöglicht so – zusammen mit VOR (VHF Omnidirectional Radio Range), das der azimuthalen Richtungsbestimmung dient – die vollständige Navigation eines Flugzeugs im Luftraum. Außerdem wird DME künftig auch vermehrt im Landeanflug zur Abstandsmessung zwischen Flugzeug und Landebahn eingesetzt und schafft so, zusammen mit ILS (Instrument Landing System), die Voraussetzung für einen präzisen

automatischen Landeanflug bei schlechter Sicht [1]. DME arbeitet im Frequenzbereich 962 MHz bis 1213 MHz mit geformten Doppelpulsen und basiert auf einer Messung der Laufzeit, die die Pulse vom Flugzeug zur Bodenstation und zurück benötigen. Dabei empfängt die DME-Bodenstation die vom Flugzeug ausgesendeten DME-Pulse und sendet sie – je nach Kanal um eine definierte Zeit von 50 µs oder 56 µs (Reply Delay) verzögert – wieder an das Flugzeug. Der Flugzeug-Interrogator misst die gesamte Laufzeit, vom Senden der Anfragepulse bis zum Eintreffen der Antwortpulse, subtrahiert die definierte Verzögerungszeit im Transponder und kann so die Schrägentfernung zur Bodenstation berechnen.

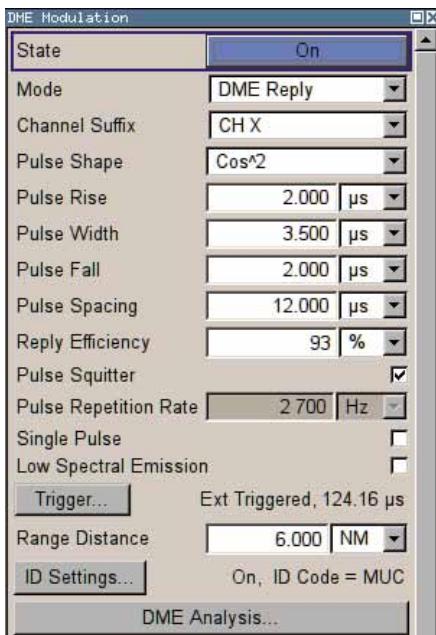


BILD 1 Bedienmenü für den DME Reply Mode.

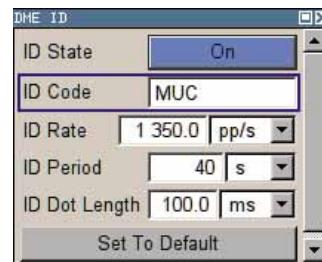


BILD 2 Einstellparameter für die ID-Kennung des Transponders.

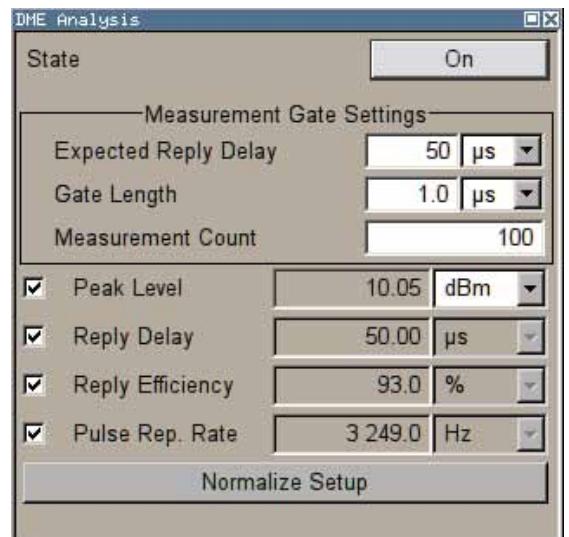


BILD 3 Analyse von DME-Signalen mit dem Breitband-Leistungssensor R&S®NRP-Z81.

angibt. Liegt der Empfangspegel eines Flugzeugsignals an der DME-Bodenstation nur knapp über der minimalen Empfänger-Empfindlichkeit, so wird nicht mehr auf jeden Anfragepuls ein Antwortpuls gesendet, d.h. die Efficiency des DME-Transponders sinkt. Dieses Verhalten kann auch am R&S®SMA100A nachgestellt werden, es ist dort eine Efficiency zwischen 0 % und 100 % einstellbar.

Um das Verhalten eines DME-Interrogators auf Antwortsignale einer TACAN-Bodenstation (militärische DME-Version) zu testen, kann den vom R&S®SMA100A erzeugten DME-Pulsen zusätzlich eine Zweiton-AM (15 Hz und 135 Hz) überlagert werden, deren Modulationsfrequenzen und Hübe beliebig variierbar sind.

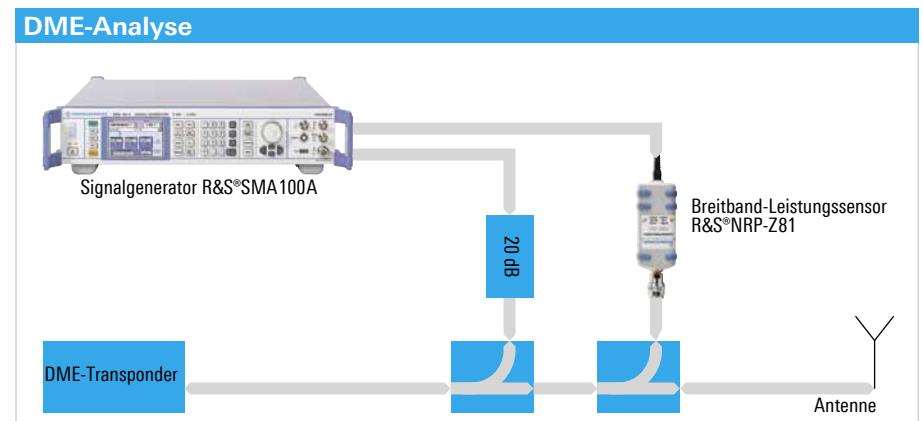
Außerdem können im Reply Mode auch Identifizierungspulse generiert und gesendet werden. Diese dienen dazu, die

internationale Kurzkennung einer DME-Bodenstation (z.B. MUC für den Flughafen München) zu übertragen; sie werden etwa alle 40 s gesendet. Am R&S®SMA100A lassen sich alle Parameter dieser Identifizierungs-Pulse in einem eigenen Dialogfeld frei konfigurieren und bei Bedarf auf Knopfdruck zuschalten (BILD 2).

Test und Kalibrierung von DME-Transpondern

Schließt man an den R&S®SMA100A einen Breitband-Leistungssensor R&S®NRP-Z81 an, so wird der Signalgenerator darüber hinaus zu einem DME-Analysator, der die wichtigsten Parameter, beispielsweise die Puls-Spitzenleistung, die mittlere Pulsrate, die Efficiency und die Verzögerungszeit eines DME-Transponders einer Bodenstation bestimmen kann (BILD 3 und 4). Dazu speist der Signalgenerator

BILD 4 Messaufbau für die DME-Analyse an einem DME-Transponder.



über einen Koppler DME-Anfragepulse in den Empfänger des DME-Transponders ein und detektiert über einen weiteren Koppler die gesendeten Pulse der Bodenstation mit dem Breitband-Leistungssensor R&S®NRP-Z81. Die Generator-Software analysiert die gemessenen Pulse und zeigt die ermittelten Parameter am Display an. So kann beispielsweise die für die Gesamtgenauigkeit des Systems entscheidende Verzögerungszeit des DME-Transponders überprüft werden. Diese Parameter werden zwar auch innerhalb der DME-Bodenstation laufend mittels eines BITE (Built-In Test Equipment) gemessen und überwacht, mögliche Fehler an diesem BITE können jedoch nicht entdeckt werden und die Station würde möglicherweise unbemerkt fehlerhafte Signale liefern. Aus diesem Grund werden die wichtigsten Parameter der Bodenstation zusätzlich in regelmäßigen Abständen mit externen Messgeräten verifiziert, was bisher nur mit einem aufwendigen Messaufbau möglich war.

Eine weitere wichtige Kenngröße einer DME-Bodenstation ist die bereits beschriebene Efficiency. Dieser Parameter muss unter bestimmten Betriebsbedingungen jeweils auf Einhaltung bestimmter Grenzwerte überprüft werden. Beispielsweise darf er beim minimal spezifizierten Empfangspegel des Transponders nicht unter 70 % fallen, was mit der DME-Analysefunktionalität und Dank der hohen Pegelgenauigkeit des R&S®SMA100A auf einfache Weise verifiziert werden kann.

Mit der Software-Option Power Analysis R&S®SMA-K28 (Seite 48 in diesem Heft) ist es darüber hinaus möglich, die DME-Pulse im Zeitbereich zu analysieren und dabei die wichtigsten Pulsparameter wie Anstiegs- und Abfallszeit, Pulsbreite und Pulsabstand zu verifizieren. Diese Parameter werden dabei von einem Software-Algorithmus laufend ermittelt und am Display angezeigt, ohne dabei Peak- und Delta-Marker positionieren zu müssen (BILD 5). Die hier beschriebene Signalanalyse ist in einer Application Note [3] im Detail beschrieben.

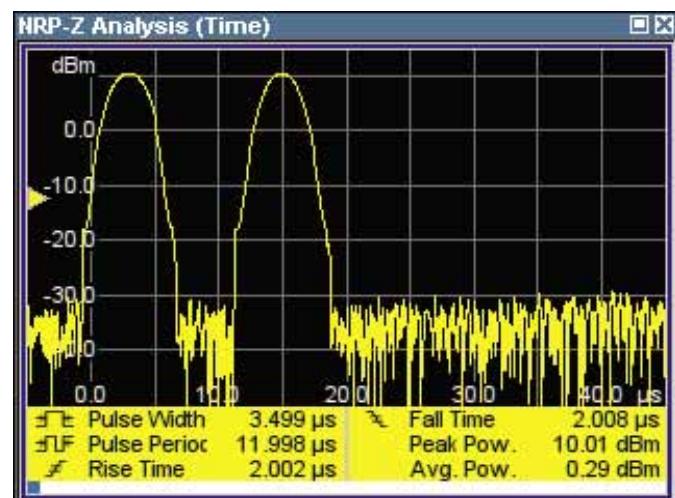


BILD 5 Analyse mit Power Sensor R&S NRP-Z81 und Software Option SMA-K28.

Dank der kompakten Bauform benötigt der Signalgenerator beim Einbau in ein Gestell nur zwei Höheneinheiten und ist auf Grund seines geringen Gewichts von unter 10 kg auch leicht zu transportieren und daher flexibel einsetzbar. Mit der Option R&S®SMA-B46 erfüllt er auch die Bedingungen der MIL-PRF-28800F für eine Einsatzhöhe bis 4600 m.

Fazit

Mit der Firmware-Option R&S®SMA-K26 kann der Signalgenerator R&S®SMA100A DME-Signale generieren und somit sowohl einen DME-Flugzeug-Interrogator als auch eine DME-Bodenstation (Transponder) simulieren. Außerdem analysiert er zusammen mit dem Breitband-Leistungssensor R&S®NRP-Z81 die wichtigsten Parameter einer DME-Bodenstation.

Jürgen Ostermeier

Kurzdaten R&S®SMA100A mit Option R&S®SMA-K26 Signalgenerierung

Frequenzbereich	960 MHz bis 1215 MHz
Pegelbereich	-120 dBm bis +18 dBm
DME-Kanal	X; Y
Pulsparameter	frei einstellbar
Squitter-Pulse	nach EUROCAE ED-54
Efficiency	0 % bis 100 %
Identifizierungs-Pulse	frei definierbar

Signalanalyse mit R&S®NRP-Z81

Reply Delay	0 µs bis 150 µs
Efficiency	0 % bis 100 %
Puls-Spitzenleistung	-10 dBm bis +20 dBm
Mittlere Pulsrate	2 Hz bis 10 kHz

Literatur

- [1] Signalgenerator R&S®SMA100A – Präzise Signale für den Test von Funknavigationsempfängern. Neues von Rohde & Schwarz (2007) Nr. 192, S. 25–27.
- [2] Breitband-Leistungssensor R&S®NRP-Z81 – Spitzentechnologie für die drahtlose digitale Kommunikation. Neues von Rohde & Schwarz (2007) Nr. 192, S. 33–37.
- [3] Application Note 1GP74: Test von DME- / TACAN-Bodenstationen
<http://www.rohde-schwarz.com> (Suchwort 1GP74).

Landesweites DVB-T-Netz für Norwegen

Nach ersten Tests im Jahr 1999 und einer späterer Ausschreibung blieb Rohde & Schwarz 2006 als einziges Unternehmen übrig, das mit dem Aufbau eines landesweiten DVB-T-Netzes für Norwegen beauftragt wurde.

Gewaltige Aufgabe – erfahrenes Unternehmen

Eine gewaltige Aufgabe, für Rohde & Schwarz jedoch schon fast „Routine“: Der Aufbau landesweiter Sendernetze. Bestückte doch das Unternehmen bereits viele Länder mit kompletten digitalen TV-Netzen, z.B. Großbritannien, Deutschland, Spanien und Taiwan.

Der Vertrag mit der norwegischen Betreibergesellschaft Norkring AS umfasst alle Arten von Sendern, Umsetzern, Gap Fillern und Re-Transmittern mit Leistungen zwischen 10 W bis 5 kW sowie Überwachungssysteme für HF- / ASI-Schnittstellen und Gleichwellennetze. Das Netz besteht aus ca. 40 Hauptsendestationen und mehr als 400 Kleinleistungs-Sendestationen sowie aus zahlreichen Satellite-Shadow-Sendestationen.

Die Kleinleistungssender wurden in kompakten Shelters untergebracht. Um den Platzbedarf der Sender zu minimieren, entwickelte Rohde & Schwarz ein spezielles Gehäuse mit vorgefertigter Verkabelung. Auf diese Weise konnten bis zu vier Sender in einem 19"-Gestell in den Shelters installiert werden.

Derzeit sind drei Multiplexe zu überwachen. Diese Aufgabe übernehmen jeweils ein MPEG-2-Monitoring-System R&S®DVM100 und ein R&S®DVM120. Ein ASI-Analysator mit optionalem Demodulator überwacht die HF-Schnittstellen, DTV-Überwachungsempfänger R&S®ETX-T in den fünf wichtigsten Senderstationen überwachen das Gleichwellennetz. Zusätzlich werden Messempfänger R&S®EFA, TV-Analysatoren R&S®ETL und eine große Zahl thermischer Leistungsmessköpfe R&S®NRP-Z51 eingesetzt.

Von Frühling bis Herbst 2006 schulten die Spezialisten im Rohde & Schwarz-Werk Teisnach das Installationspersonal des Kunden. Die Inbetriebnahme des Netzes begann noch im selben Jahr im November und lief im Januar 2007 auf vollen Touren. Bereits am 1. September 2007 begann die offizielle Ausstrahlung in Norwegens „Ölhauptstadt“ Stavanger. Die Hauptstadt Oslo war einige Tage später an der Reihe und bis Mitte November 2007 hatte fast ganz Süd-Norwegen Zugang zum digitalen Fernsehen, das in etwa 70 % aller Haushalte empfangen wird. Das Rollout läuft weiter und mittlerweile können 95 % aller norwegischen Haushalte digitales Fernsehen empfangen. Wenn das analoge Netz im Jahr 2009 abgeschaltet wird, steht genügend Bandbreite für zwei zusätzliche Multiplexe zur Verfügung.

Eine logistische Herausforderung

- | 1000 m² Fläche zur Zwischenlagerung der Netzkomponenten
- | 2000 km Weg zu den einzelnen Funkstationen in Nord-Norwegen
- | Zahllose Lkw-Transporte von Geräten und Anlagen
- | Täglich eine Senderinbetriebnahme über den gesamten Rollout-Zeitraum

In einem weiteren Übereinkommen wurde Rohde & Schwarz beauftragt, die Hälfte aller Sender für den flächendeckenden Empfang digitaler Hörfunkprogramme (DAB) zu liefern. Dies geschieht parallel zum Rollout des DVB-T-Netzes. Es sind bereits so viele Sender geliefert, dass schon jetzt 80 % der Bevölkerung mit digitalen Hörfunkprogrammen versorgt sind.

Tor Andresen

Zahllose Lkw-Fahrten waren erforderlich, um alle Geräte und Anlagenteile an Ort und Stelle zu bringen.



Foto: Autor

DVB-T- / DVB-H-Handheld-TV-Analysator für den mobilen Einsatz

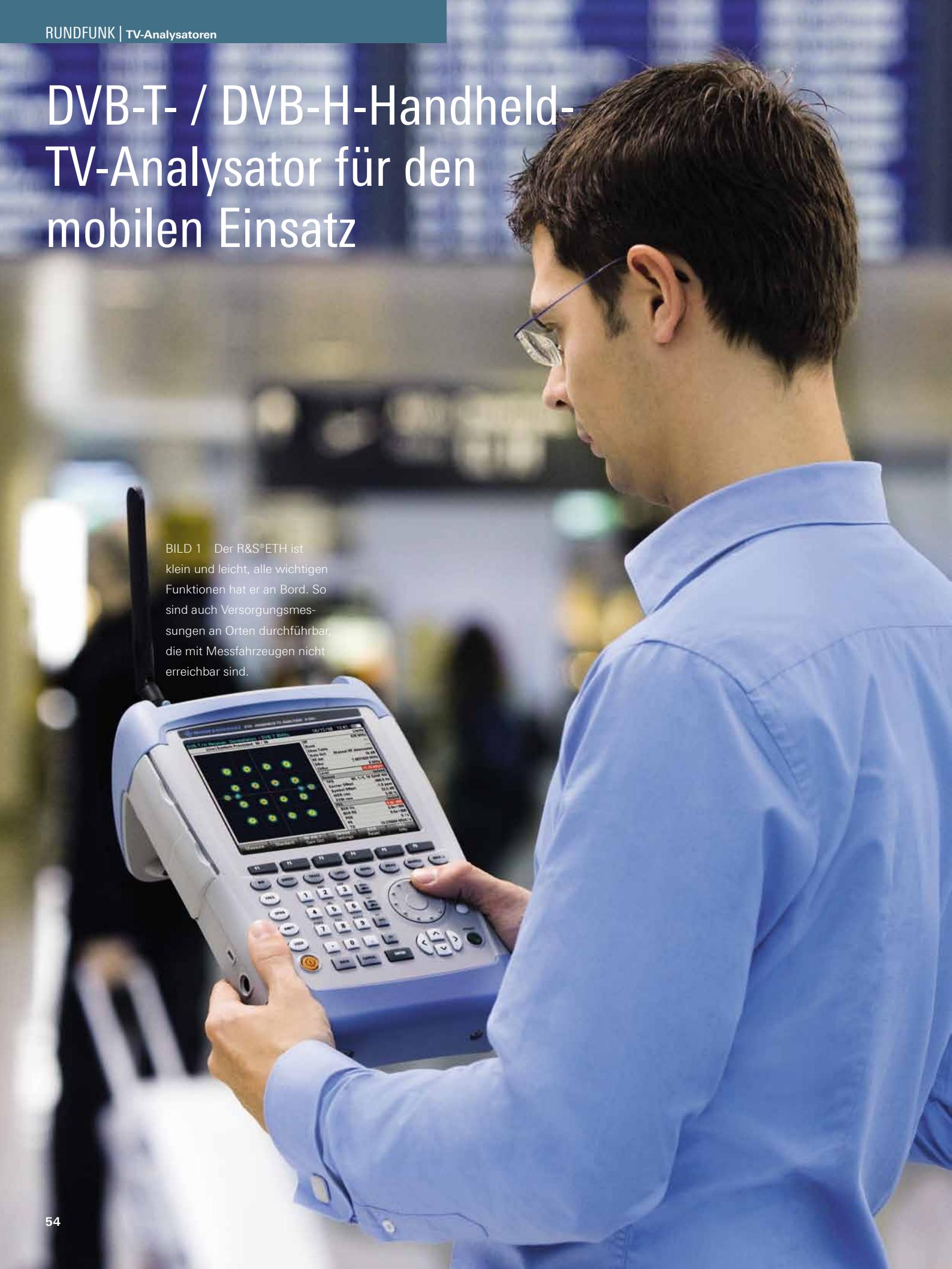


BILD 1 Der R&S®ETH ist klein und leicht, alle wichtigen Funktionen hat er an Bord. So sind auch Versorgungsmessungen an Orten durchführbar, die mit Messfahrzeugen nicht erreichbar sind.

Klein, leicht und außerordentlich vielseitig einsetzbar – so lässt sich der neue R&S®ETH charakterisieren. Er bietet beispielsweise alle Messungen, um Versorgungslücken in DVB-T- und DVB-H-Netzen aufzuspüren sowie um Kleinleistungssender oder Umsetzer zu installieren und zu warten. Aufgaben, die bei vielen Netzbetreibern anstehen, wenn sie Versorgungslücken schließen oder die Netzabdeckung optimieren.

Funktionsvielfalt kompakt verpackt – z.B. für Messungen an Kleinleistungssendern

Gerade beim Einsatz im Feld kommt es nicht nur darauf an, alle notwendigen Messgeräte mitzuführen, sondern sie sollen auch möglichst platzsparend, leicht und robust sein. Bedingungen, auf die der neue Handheld-TV-Analysator R&S®ETH (BILD 1) maßgeschneidert ist. Er vereint die Funktionen eines TV-, eines Spektrum- und eines Netzwerkanalysators in einem kompakten Gehäuse, das speziell für den anspruchsvollen Arbeitsalltag im Feld ausgelegt ist.

An Sendern kleiner Leistung werden im Vergleich zu Hochleistungssendern nur wenige Parameter gemessen, doch sind die Anforderungen an die Messgeräte hinsichtlich Messtoleranzen und Messgrenzen nicht minder anspruchsvoll. Für die Messung des unteren / oberen Schulterabstands beispielsweise bietet der R&S®ETH im Modus *DVB-T/H Receiver* die Messfunktion „DVB Spectrum“ und führt die Messungen exakt nach den Kriterien durch, wie sie in der Messvorschrift ETSI TR 101290 festgeschrieben sind (BILD 2). Auch weniger geübte Anwender können die Messungen dank vordefinierter Einstellungen reproduzierbar durchführen. Und Dank des leistungsfähigen Spektrumanalysators im R&S®ETH – der auf den Spektrumanalysatoren der Familie R&S®FSH4/8* basiert – können Anwender die Schulterabstände zusätzlich entweder per Marker ermitteln oder über selbst definierte Grenzwertlinien prüfen.

Die Senderausgangsleistung lässt sich mit dem R&S®ETH auf unterschiedliche Weise messen. Mit der Messfunktion „DVB Spectrum“ wird außer den Schulterabständen auch die Kanal-leistung und der Amplitudenfrequenzgang bestimmt. Der R&S®ETH misst das Spektrum innerhalb des Kanals mit – im Vergleich zur Kanalbandbreite – kleiner Auflösebandbreite

und integriert anschließend die Messwerte zur Kanalleistung. Auch im Demodulationsbetrieb (Messfunktionen „Measurement List“ und „Constellation Diagram“) lässt sich die Kanal-leistung messen. Hier wird die Sendeleistung zusammen mit anderen elementaren Parametern wie MER (Modulation Error Ratio), Carrier Frequency Offset, Symbol Rate Offset, den unterschiedlichen Bitfehlerraten (BER) und anderen Informa-tionen gemessen und übersichtlich in einer Liste dargestellt (BILD 3).

Der R&S®ETH zeichnet sich durch eine für diese Geräteklaasse sehr hohe Messgenauigkeit aus. Wer es noch genauer haben möchte, kann die Durchgangs- und Leistungsmessköpfe der Familie R&S®FSH anschließen. Die Frequenzmessgenauigkeit lässt sich steigern, indem man ein externes 10-MHz-Referenz-signal über die eingebaute Schnittstelle einspeist.

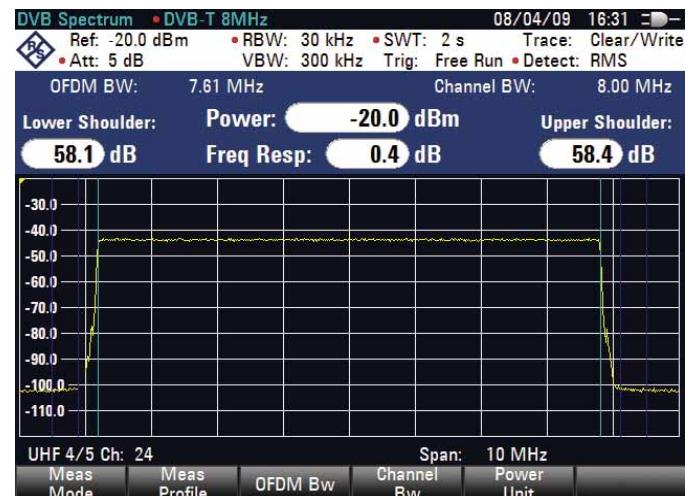


BILD 2 Schulterabstandsmessung nach ETSI TR 101290.

DVB-T/H Receiver		Meas List	DVB-TH 8 MHz		06/02/09 16:58			
R&S		RF Band	578 MHz		UHF 4/5			
		Channel Table	TV Europe					
		Gain Control / RF Attenuation	Auto Low Noise / 0 dB					
		OFDM Bw / Channel Bw	7.6071429 MHz / 8 MHz					
Measurement Parameter						Result		
Power						-20.70 dBm		
Demodulator						locked		
Sideband Position						normal		
Transmission Parameter Signalling						8K 1/32 64 QAM NH		
Carrier Frequency Offset						108.8 Hz		
Symbol Rate Offset						0.2 ppm		
Modulation Error Ratio						rms 44.1 dB peak 32.5 dB		
Error Vector Magnitude						rms 0.41 % peak 1.55 %		
FEC Decoder						locked		
Bit Error Ratio before Viterbi						0.0E-09		
Bit Error Ratio before Reed Solomon						0.0E-09		
Packet Error Ratio						0.0E-06		
Packet Errors						0 / s		
MPEG TS Bitrate						27.144390 Mbit/s		
Meas Mode	Meas Profile	RF Att / Gain Ctrl	Demod Settings	BER Reset	TPS Info			

BILD 3 Die wesentlichen Signalparameter im Überblick.

* R&S®FSH4 / FSH8: Handheld-Spektrumanalysatoren der nächsten Genera-tion. NEUES von Rohde & Schwarz (2008) Nr. 198, S. 30–35.

Manche negativen Einflüsse auf die Signalqualität lassen sich zwar in Zahlen beschreiben, doch sind die Ursachen dafür nicht unbedingt daraus zu erkennen. In solchen Fällen ist die Darstellung als Konstellationsdiagramm von Vorteil, da es einen schnellen visuellen Eindruck über die Qualität des Sendesignals und die Modulation der OFDM-Träger gibt (BILD 4).

Gerade Kleinleistungssender werden an Orten aufgestellt, an denen die mitinstallierten Komponenten wie Antennen, Kanalfilter und die zugehörige Verkabelung überdurchschnittlichen Belastungen ausgesetzt sind. Deshalb ist es ratsam, die Komponenten der Anlage nicht nur nach der Inbetriebnahme, sondern auch später von Zeit zu Zeit zu überprüfen. Auch dafür ist der R&S®ETH bestens geeignet, bietet er doch wahweise einen eingebauten Mitlaufgenerator, was ihn zu einem Netzwerkanalysator macht. So ausgerüstet, sind Filter oder auch Verstärker sowie die Antenne schnell und problemlos überprüft.

Versorgungslücken praxisnah aufgespürt

Zur Ermittlung der Versorgungsqualität in einem Sendegebiet werden üblicherweise Messfahrzeuge eingesetzt. Doch die können nicht so einfach in Fußgängerzonen, Bahnhöfe oder Flughäfen fahren – Gebiete, in denen nach heutigen Ansprüchen aber die Versorgung sichergestellt sein soll. Hier springt der R&S®ETH ein, denn er ist prädestiniert für den portablen Einsatz (BILD 1) und kann leicht in all die Areale mitgenommen werden, in denen auch die Endgeräte für den Empfang von DVB-H Verwendung finden. Das verdankt er seinem geringen Gewicht, den kompakten Abmessungen, dem tageslichttauglichen Farb-Display sowie den Wechselakkus für den Betrieb bis zu vier Stunden.

Der R&S®ETH im Überblick

- DVB-T- / DVB-H-Messemfänger von 4,5 MHz bis 3,6 GHz oder 8 GHz
- Spektrumanalysator von 100 kHz bis 3,6 GHz oder 8 GHz
- Netzwerkanalysator (Modelle mit eingebautem Mitlaufgenerator)
- FPGA-basierender DVB-T- / DVB-H-Demodulator in Echtzeit mit TS-ASI-Ausgang
- Interne HF-Vorselektion (Option)
- Empfängerrauschzahl mit HF-Vorselektion 11 dB (HF < 3 GHz)
- Hohe Pegelmessgenauigkeit (Messunsicherheit < 1 dB)
- MER-Performance > 40 dB (RF < 1 GHz)
- Tageslichttaugliches Farb-Display (6,5")
- LAN- und USB-Schnittstelle
- Interface für SD-Speicherkarten
- Unterstützung von USB-Speichersticks
- Wechselbarer Li-Ion-Akku
- Spritzwassergeschütztes Gehäuse
- Geringes Gewicht (3,3 kg)
- Umfangreiches Zubehör

Zum Unterdrücken störender Empfangssignale bietet der R&S®ETH eine interne HF-Vorselektion. Ist diese eingeschaltet, so ist eine höhere Pegelung des HF-Nutzsignals möglich und die Messdynamik erhöht sich. Zum Steigern der Empfängerempfindlichkeit ist dem Vorselektionsfilter ein rauscharmer Verstärker nachgeschaltet.

Damit die Feldstärke von Sendersignalen am Empfangsort richtig bestimmt werden kann, berücksichtigt der R&S®ETH die Charakteristik der angeschlossenen Antenne. Für die Messantennen von Rohde & Schwarz sind die Antennenfaktoren auf CD beigelegt, es können aber auch Antennenfaktortabellen für andere Antennen mit R&S®ETH View erzeugt und im Gerät gespeichert werden.

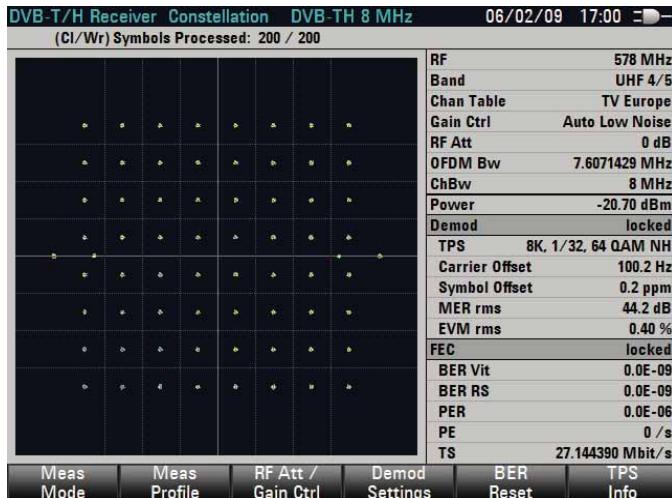


BILD 4 Konstellationsdiagramm eines DVB-T- / DVB-H-Signals.

DVB-T/H Receiver		TPS Info		DVB-TH 7 MHz		06/02/09 17:15			
BS	TPS	RF	Band	Channel Table		212.5 MHz			
		Gain Control / RF Attenuation	OFDM Bw / Channel Bw	TV Europe		VHF 3			
TPS Parameter		Value							
FFT		8K							
Guard Interval		1/4							
Constellation		16 QAM NH							
Code Rate High Priority		3/4							
Code Rate Low Priority		3/4							
Cell ID		0x3002							
TPS-reserved (frame 1 to 4)		0x0, 0x0, 0x0, 0x0							
Interleaver		Native							
MPE-FEC High Priority		Off							
MPE-FEC Low Priority		Off							
Time Slicing High Priority		Off							
Time Slicing Low Priority		Off							
Length Indicator		0x1F							
Meas Mode	Meas Profile	RF Att / Gain Ctrl	Demod Settings	TPS Info	Exit				

BILD 5 TPS (Transmission Parameter Signalling) im Detail.

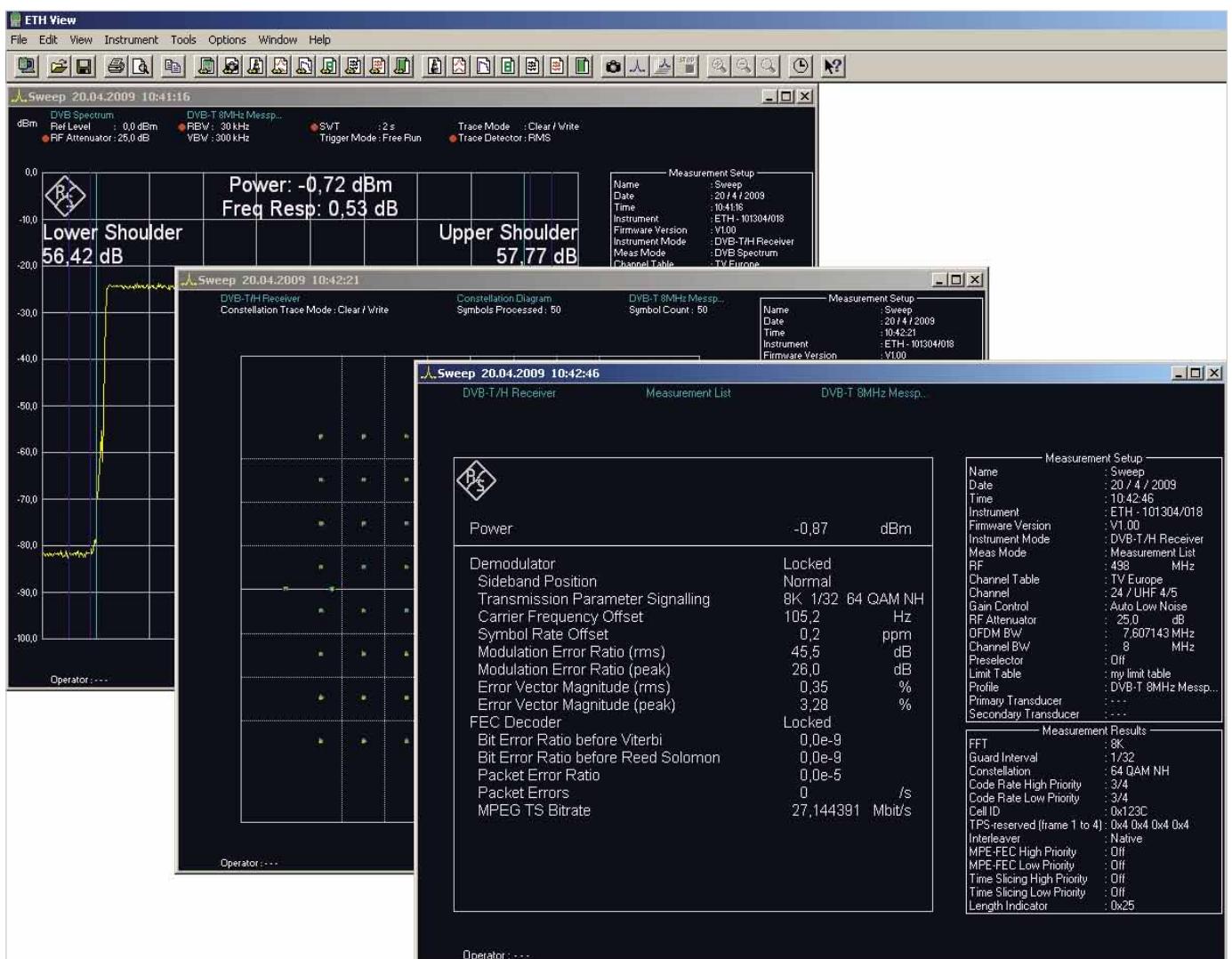


BILD 6 Mit der PC-Software R&S®ETH View lassen sich Messergebnisse und Geräteeinstellungen bequem verwalten.

Ergänzend zu den wesentlichen, die Signalqualität beschreibenden Messgrößen, bietet der R&S®ETH eine detaillierte Auflistung der TPS-Information (BILD 5). Aus dieser Auflistung gehen so wichtige Angaben wie die Cell ID oder die Modulationsparameter des empfangenen Signals hervor. Mit einem so ausgestatteten R&S®ETH bleiben dem Anwender keine Versorgungslücken und deren Ursachen mehr verborgen.

Komfortabel dokumentiert und konfiguriert

Ob am Sender oder unter freiem Himmel, die Dokumentation der Messwerte sollte möglichst schnell und einfach erfolgen. Mit dem R&S®ETH genügt ein Knopfdruck auf die Taste Bildschirmfoto, um den Bildschirminhalt als Grafik zu speichern. Alternativ lassen sich Messergebnisse auch zusammen mit

den Geräteeinstellungen speichern, was von großem Vorteil ist, wenn Messungen zu einem späteren Zeitpunkt reproduzierbar wiederholt werden müssen.

Dem Handheld-TV-Analysator R&S®ETH ist die PC-Software R&S®ETH View beigelegt, mit der man ihn perfekt konfigurieren kann (BILD 6). So lassen sich mit R&S®ETH View erstellte Angaben zu Antennen, Grenzwertlinien, Kanaltabellen oder auch vordefinierte Geräteeinstellungen und Messprofile generieren und in den Analysator übertragen. Über die LAN- oder die USB-Schnittstelle im R&S®ETH hat man Zugriff auf gespeicherte Messergebnisse oder Bildschirmfotos für die Weiterverarbeitung.

Werner Dürport

Multistandard-Steuersender R&S®SX801 für ATV, DTV und digitalen Hörfunk

Innovativ und schlank: Der neue Multistandard-Steuersender R&S®SX801 ist in einem Gehäuse mit nur einer Höheneinheit untergebracht. Dabei enthält er die komplette Signalaufbereitung, von den Eingangssignalen (Video/Audio bzw. Transportströme) bis zum HF-Ausgangssignal, und bietet trotzdem Platz für verschiedenste Optionen.

Kompakt und vielseitig

Der Bedarf an kompakten TV- und Hörfunksendern mit kleinen und mittleren Leistungen steigt weltweit. Das ist die Domäne, auf die der neue R&S®SX801 (BILD 1) maßgeschneidert ist. Er ist der erste Steuersender, der sowohl analoges und digitales Fernsehen als auch digitalen Hörfunk auf einer universellen Plattform vereint und für eine Fülle unterschiedlichster Anforderungen einsetzbar ist.

Das Gerät ist in einem Gehäuse mit nur einer Höheneinheit untergebracht und – wie auch der etablierte Steuersender R&S®SX800 – modular aufgebaut. Er besteht im wesentlichen aus den Baugruppen Coder, HF-Erzeugung, Display mit Bedienfeld und Spannungsversorgung (BILD 2). Das Weitbereichsnetzteil (90 V bis 260 V AC) arbeitet zuverlässig auch bei stark schwankenden Eingangsspannungen. Das Umschalten von analogen auf digitale Standards ist jederzeit per Software möglich (lokal oder fernbedient).

Mit Optionen an viele Aufgaben anpassbar

Trotz seiner kompakten Bauweise haben in dem schlanken Gehäuse unterschiedliche Optionen Platz (siehe Kasten rechts oben). Zu den wichtigsten zählen:

Der [GPS-Empfänger](#) synchronisiert das Gerät in Gleichwellennetzen oder fungiert als exakte Frequenzbasis. Alternativ kann dem Steuersender auch ein 10-MHz- oder 5-MHz-Referenztakt zugeführt werden.

Die [HF-Empfänger für DVB-T / DVB-H](#) überwachen das ausgesendete Signal oder sind in regenerierenden Re-Transmittern verwendbar.

Der [DVB-S/S2-Empfänger](#) empfängt Satellitensignale, die anschließend wieder terrestrisch ausgestrahlt werden können.

Der [MPEG-Decoder](#) ermöglicht die digitale Zuführung von TV-Signalen, die anschließend wieder als standardkonforme ATV-Signale ausgestrahlt werden können. Diese Möglichkeit spart den Betreibern die kostspielige Installation analoger Signalzuführungen und setzt zukunftsweisend auf den digitalen Übertragungsweg.

BILD 1 Der Steuersender R&S®SX801 vereint sowohl analoges und digitales Fernsehen als auch digitalen Hörfunk auf einer universellen Plattform.



Besondere Eigenschaften

- █ Automatische ATV- / DTV-Umschaltung ohne Hardware-Tausch
- █ VHF, UHF und L-Band
- █ Gemeinsame Steuersenderplattform für DAB und TV
- █ Einsetzbar in Gleichwellen- und in Multifrequenz-Netzen
- █ Hierarchische Modulation
- █ Unterbrechungsfreie Eingangsumschaltung
- █ Alle ASI-Modi und SMPTE-310M
- █ Eingegebene lineare und nichtlineare Vorverzerrung
- █ Weitbereichsnetzteil

Optionen

- █ GPS-Empfänger
- █ DVB-T- / DVB-H-Empfänger
- █ DVB-S/S2-Empfänger (in Vorbereitung)
- █ Parallele I/O (intern und extern)
- █ MPEG-Decoder (in Vorbereitung)
- █ Luftfilter
- █ SNMP

Steuersender R&S®SX801

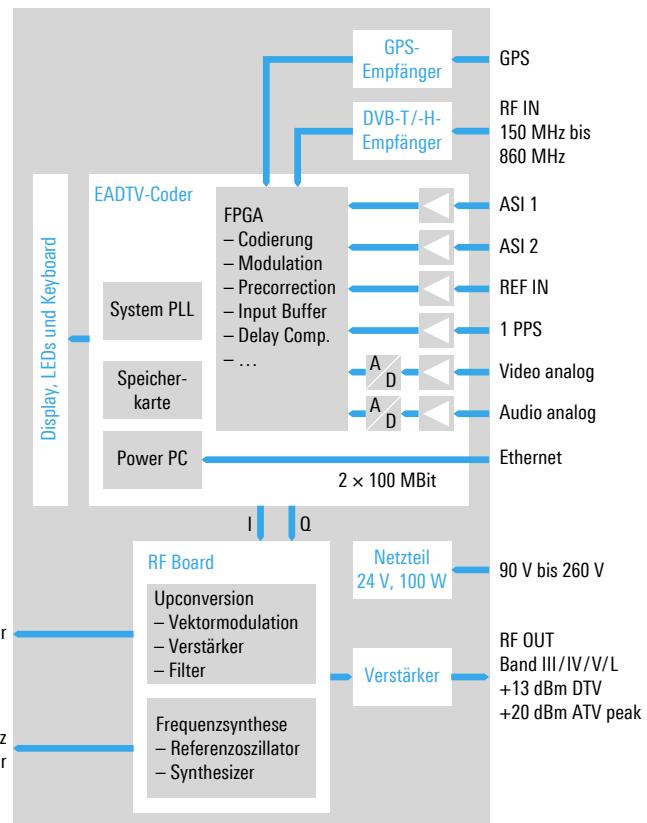


BILD 2 Der Steuersender R&S®SX801 enthält die komplette Signalaufbereitung; Platz für Optionen ist trotzdem vorhanden.

Integrierte Sendersteuerung

Ein leistungsfähiger Mikrocontroller steuert und konfiguriert den R&S®SX801. Er initialisiert die Hardware aus einem Compact-Flash-Speicher, der die komplette Firmware und Software sowie alle Einstellungen enthält. Selbst Reservesysteme sind realisierbar, z. B. eine passive Vorstufenreserve, ohne dass eine zentrale Steuerung notwendig ist. Dem Aufbau kompletter Sender ohne externe Steuerungskomponenten steht nichts im Weg, wie es die neue UHF-TV-Senderfamilie R&S®SCx8000 zeigt (siehe Titel- und Rückseite dieses Hefts sowie Artikel auf Seite 66). Für das Verwalten komplexer Reservesysteme lässt sich das Gerät per Ethernet mit der Sendersteuerung R&S®NetCCU800 verbinden.

Bedient wird der neue Steuersender über Tasten und das Display auf der Frontplatte oder über einen handelsüblichen Web-Browser und Java™-Technologie. Die Bedienoberfläche erscheint im einheitlichen Design der 8000er-Sendergeneration. Optional lässt sich das Gerät per SNMP oder über potenzialfreie Kontakte fernüberwachen und -steuern.

Fazit

Dank seiner Kompatibilität mit dem R&S®SX800 und der vielen neuen Möglichkeiten kann der R&S®SX801 in bestehende Senderfamilien integriert werden und ist eine hervorragende Basis für Erweiterungen der Rohde & Schwarz-Senderfamilie.

Wolfgang Marchl

Kurzdaten R&S®SX801

ATV-Standards	B/G, D/K, M/N, I
Farübertragung	PAL, SECAM, NTSC
Tonübertragung	IRT-Zweitton, FM-1-Ton, FM-1-Ton mit NICAM 28 (optional), BTSC
Standards	DVB-T / DVB-H, ATSC, MediaFLO™, DTMB, ISDB-T _B , DAB, T-DMB
Frequenzbereich	Band III, IV, V, L
Ausgangsleistung	ATV: +20 dBm Synchronspitzenleistung DTV: +13 dBm RMS

Mobiles Fernsehen mit dem neuen Standard ATSC Mobile DTV

Der TV-Standard ATSC Mobile DTV, an dessen Entwicklung Rohde & Schwarz maßgeblich beteiligt ist, eröffnet klassischen TV-Anbietern neue Geschäftsmodelle für mobile TV-Dienste. Bereits jetzt steht Senderbetreibern eine Komplettsolution aus Encodern, Multiplexer und Sender sowie die entsprechende Messtechnik für den Einstieg in das mobile Fernsehen zur Verfügung.

Eine Weiterentwicklung des ATSC-Standards

Der aus dem terrestrischen TV-Standard ATSC A/53 hervorgegangene Standard ATSC Mobile DTV, dessen Entwicklung im Kasten auf Seite 62 dargestellt ist, beinhaltet nun auch Dienste für mobile TV-Empfänger, wofür ein Teil des ATSC-8VSB-Datenstroms (19,39 Mbit/s) genutzt wird. Es ist sichergestellt, dass davon sowohl die HD- (High Definition) als

auch die verschiedenen SD- (Standard Definition) -TV-Dienste nicht beeinträchtigt werden. Ein ATSC-Mobile-DTV-Übertragungssystem enthält einen ATSC-Service-Multiplex, der die konventionellen digitalen TV-Programme beinhaltet, und einen Mobile-DTV-Service-Multiplex für die mobilen Dienste (BILD 1 und 2). Die mobilen DTV-Dienste bieten unter anderem gepulste Übertragung für die Daten, die mobile Empfänger zwischendurch in den Energiesparmodus schalten können (time slicing).

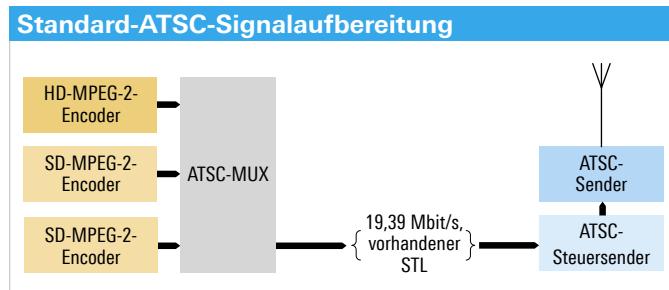


BILD 1 Typisches ATSC-Übertragungssystem für Einzelsender, wie es bisher in den USA verwendet wurde. Ein HD-Programm und zwei SD-Programme werden über einen Multiplexer zusammengefügt; Datenrate 19,39 Mbit/s, STL: Studio Transmitter Link.

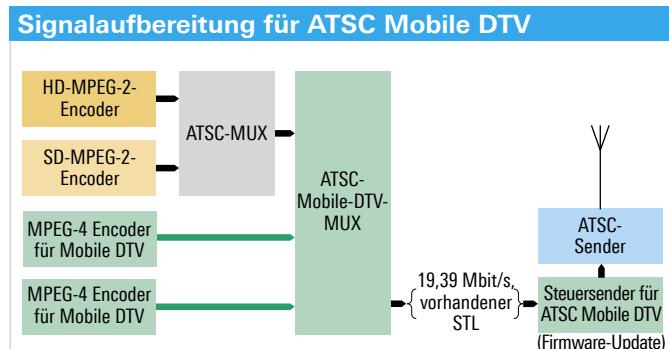


BILD 2 Typisches ATSC-Übertragungssystem für Einzelsender mit eingebetteten Mobil-DTV-Diensten (grün: die erforderlichen neuen Komponenten / Firmware-Updates).

Die Datenstruktur des neuen Standards

Im Standard ATSC Mobile DTV werden alle Daten in einer festen Struktur, in den M/H-Slots (Mobile / Handheld), verpackt übertragen. Ein M/H-Slot ist die kleinste logische Einheit im ATSC-Mobile-DTV-Datenstrom (BILD 3). Dieses synchrone und damit deterministische Verfahren gewährleistet zusammen mit einem zusätzlichen Fehlerschutz der Daten für mobilen Empfang die einfache und sichere Verarbeitung des Datenstroms im Empfangsgerät.

Die M/H-Slots nehmen die Daten für mobilen Empfang sowie die für stationären Empfang bestimmten ATSC-Programme auf. Nicht verwendete M/H-Slots können vollständig mit ATSC-Programmdaten für stationären Empfang gefüllt werden. Die Abwärtskompatibilität zu bestehenden ATSC-Empfängern muss auf jeden Fall eingehalten werden, da es sonst zu Fehlern bei der Darstellung der ATSC-Programme kommen kann. Besonders bei High-Definition-Kanälen ist die Verschiebung von Paketen an die Dimensionierung der Eingangspuffer der aktuellen ATSC-Empfänger und somit an das verwendete Buffermodell gebunden.

Der Transport der für mobilen Empfang bestimmten Daten wird im Standard ATSC Mobile DTV mit RTP- / UDP- / IP-Protokollen durchgeführt. Diese Protokolle ermöglichen eine flexible Struktur der mobilen Dienste, erhöhen die Flexibilität bei der Zuführung der Daten an die Kopfstation und unterstützen die modulare Entwicklung von Software für die Endgeräte.

Das verwendete Codierverfahren für die Videodaten der mobilen Programme ist MPEG-4 Part 10 (H.264) im Baseline-Profil. Die Auflösung ist auf 416 mal 240 Bildpunkte festgelegt, die maximale Datenrate beträgt 768 kbit/s. Audiodaten werden im Format MPEG-4 Part 3 (HE-AACv2) übertragen.

Die Daten für den mobilen Empfang sind mit komplexen Fehlerschutzverfahren wie Interleaving, Reed Solomon und Turbo Code besonders stark geschützt. Außerdem werden zusätzliche Trainingssequenzen für die Kanalschätzung (Channel Estimation) in die ATSC-Mobile-DTV-Signale eingefügt. Die Signalisierung geschieht in drei verschiedenen Schichten (BILD 4).

BILD 3 Die Datenstruktur des Standards ATSC Mobile DTV.

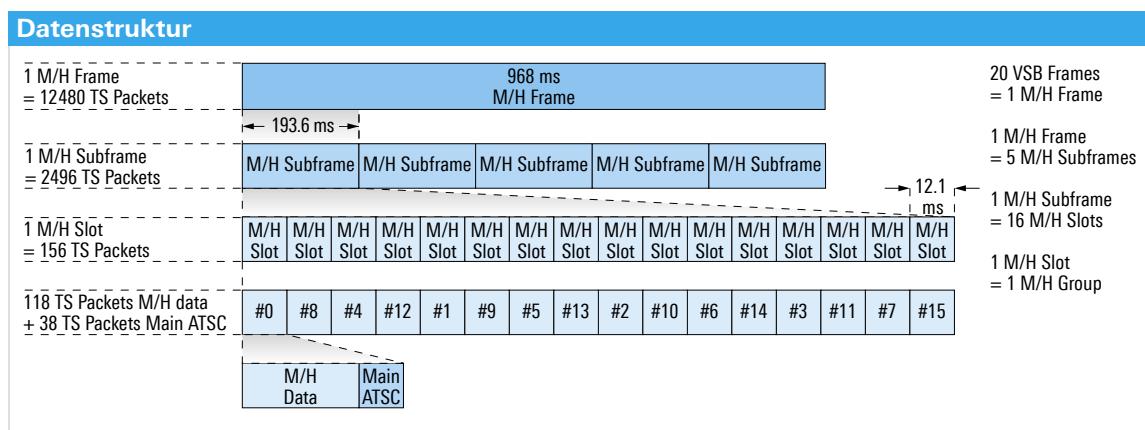


BILD 4 Detailliertes Schichtenmodell des Standards ATSC Mobile DTV.

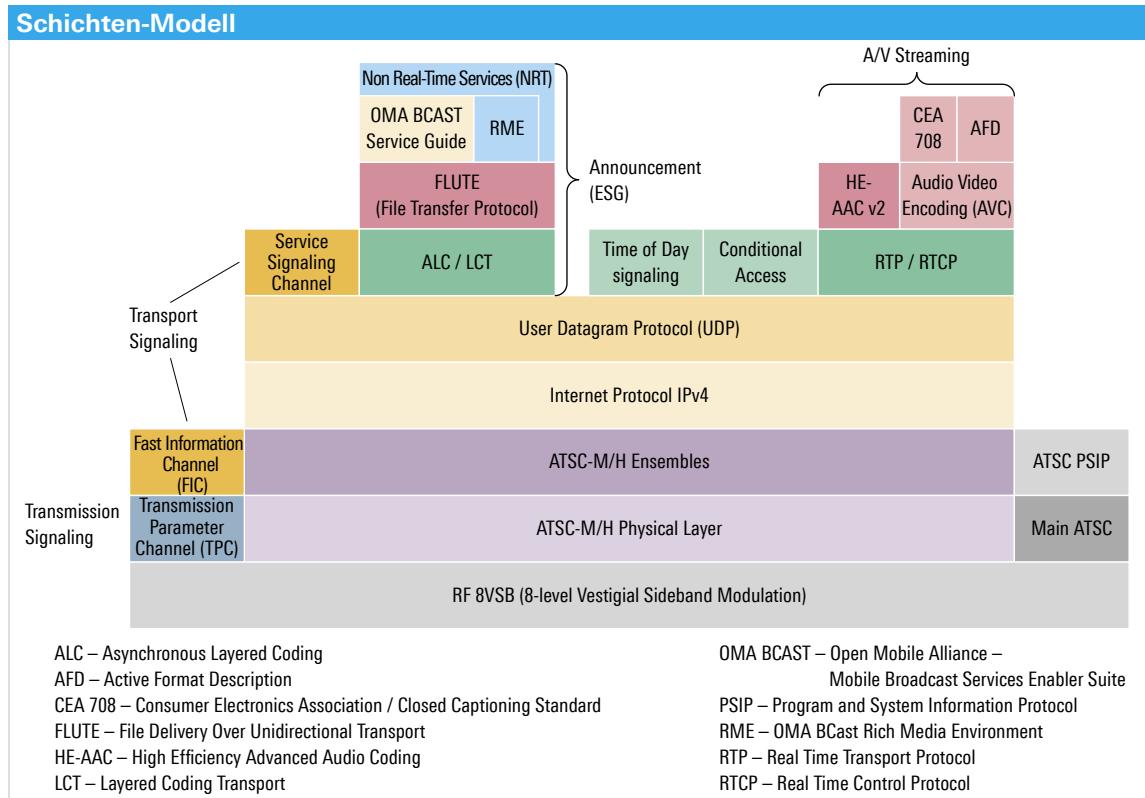




BILD 5 Der Multistandard-Steuer-sender R&S®SX800 gewährleistet per Firmware-Update die reibungslose Umstellung des Senders auf den Standard ATSC Mobile DTV.

Firmware-Update für Sender von Rohde & Schwarz

Alle aktuellen Multistandard-Steuersender der Serie 800 (BILD 5) von Rohde & Schwarz, die in Sendern aller Leistungsklassen eingesetzt werden, sind per Firmware-Update auf ATSC Mobile DTV umstellbar. In die neuen Rohde & Schwarz-Sender, die ab April 2009 ausgeliefert werden, ist dieser Standard bereits integriert und per Software Key aktivierbar. Auch alle Sender der Serie 7000 sind durch ein Umrüstkit jederzeit auf den neuen Standard erweiterbar – ein weiterer Beweis dafür, dass Sender von Rohde & Schwarz eine sichere Investition in die Zukunft sind.

Nahtlos integrierbar: Multiplexer von Rohde & Schwarz

Ein für den neuen Standard erforderlicher Multiplexer ist bereits verfügbar: der R&S®AEM100 von Rohde & Schwarz. Er basiert auf einem leistungsstarken Server. Netzbetreiber

können damit ihr ATSC-Übertragungssystem schnell, zuverlässig und vollständig kompatibel aufrüsten. Die bestehende Infrastruktur kann weiter genutzt werden, da der Multiplexer einfach in das unveränderte System integrierbar ist. Er fügt zu einem eingehenden ATSC-Transportstrom die für mobilen Empfang bestimmten Daten normgerecht hinzu. Der generierte Transportstrom kann wahlweise über ASI oder IP (als TSoverIP) ausgesendet werden. Zum Einsatz in redundanten Netzwerken verfügt der R&S®AEM100 über vier Netzwerk-schnittstellen, über welche die Daten getrennt zugeführt und ausgesendet werden können. Über den eingebauten Signaling Generator kann eine Basissignalisierung bestehend aus Transmission und Transport Signaling generiert werden. Vollständig konfiguriert, gesteuert und überwacht wird der Multiplexer über SNMP oder über eine Web-basierte grafische Bedienoberfläche.

Torsten Görig; Reinhard Scheide

Der lange Weg von Analog-TV zum digitalen Standard ATSC

1987 beschloss die Federal Communications Commission (FCC), einen digitalen TV-Standard in den USA einzuführen. Die Industrie-Organisation Advanced Television Systems Committee, die sich um alle TV-Belange kümmert und deren Mitglied auch Rohde & Schwarz ist, schlug im September 1995 den ATSC-Standard A/53 vor. Der Plan, den die FCC dem Kongress daraufhin vorlegte, sah vor, den Standard ab November 1998 innerhalb eines Zeitraums von neun Jahren in den amerikanischen Markt einzuführen und den analogen Dienst im Jahr 2007 abzuschalten. Davon waren ca. 1600 Class-A-Sendestationen betroffen. Gleichzeitig sollten die Frequenzen zwischen 700 MHz und 806 MHz für andere Dienste, z.B. für mobiles Fernsehen, frei gemacht werden. Der Plan unterliegt Verzögerungen, die Umstellung soll nun bis Juni 2009 abgeschlossen sein.

Ab 2006 wurden die freien Frequenzen versteigert. So konnte beispielsweise die Firma Qualcomm den Kanal 55 (716 MHz bis 722 MHz) erworben und daraufhin ein landesweites Sendernetz für mobiles Fernsehen aufbauen, das auf dem COFDM-Standard MediaFLO™ basiert.

Die Erweiterung von ATSC auf ATSC Mobile DTV

ATSC-Signale sind für mobilen Empfang prinzipiell nicht verwendbar, weil deren Fehlerschutz auf stationären Empfang ausgerichtet ist. Die zunehmende Nachfrage nach mobil empfangbaren Fernsehprogrammen und konkurrierende Standards wie DVB-H und MediaFLO™ erhöhten den Druck, den Standard zu erweitern. Die wichtigsten Forderungen dazu waren:

- Vollständige Rückwärtskompatibilität zu ATSC A/53
- Senderbetreiber müssen ohne regulatorische Hindernisse bestehende Sendelizenzen weiterhin nutzen können
- Die mobilen Dienste müssen mit einer einzigen Frequenz funktionieren (also ohne ein zellulares Netz)
- Existierende Empfangsgeräte müssen weiterhin für den traditionellen ATSC-Empfang verwendbar sein

Rohde & Schwarz arbeitete zusammen mit der Firma Samsung als Partner schon frühzeitig an der Erweiterung des ATSC-Standards. Mitarbeiter der beiden Unternehmen aus Korea, USA und Deutschland erarbeiteten einen Vorschlag, der sowohl den mobilen Empfang von ATSC erlaubte als auch die Möglichkeit bot, frequenzeffiziente Gleichwellennetze (SFN) aufzubauen. Aus den insgesamt zehn verschiedenen Vorschlägen, die vorgelegt wurden, ging letztendlich der Standard ATSC Mobile DTV hervor, der in Kürze verabschiedet wird.

Senderfamilie R&S®NA8200: Maßstab in Energieeffizienz und Signalqualität

Die neuen Sender für die Standards DAB(+) und T-DMB strahlen digitalen Hörfunk im VHF-Band III aus – und das in exzellenter Signalqualität. Und sie reduzieren die Investitions- und Betriebskosten deutlich, weil sie einen ungewöhnlich hohen Wirkungsgrad aufweisen und zudem wenig Platz benötigen.



BILD 1 Die Sender der Familie R&S®NA8200 bestehen mit hohem Wirkungsgrad und kompaktem Design (hier das 2400-W-Modell R&S®NA8206 mit Steuersender-Reserve).

Digitaler Hörfunk DAB(+) und T-DMB – mit neuem Schwung in vielen Märkten

Die Einführung von DAB+, die Zuweisung neuer Frequenzen im Band III und die Erhöhung der zulässigen abgestrahlten Leistung auf 10 kW geben den Standards DAB / DAB+ / T-DMB vor allem in Europa neuen Schwung. Für den Aufbau neuer Netze können nun Sender mit Leistungen über 1 kW verwendet werden. In vielen großen Märkten wie Frankreich, Italien, Deutschland und der Schweiz steht der Aufbau neuer DAB(+) oder T-DMB-Netze in den Startlöchern und für bereits vorhandene Netze sind größere Sendeleistungen geplant. Vor allem in der ersten Phase eines Netzaufbaus und für die Leistungserhöhung werden Sender mit hoher Leistung benötigt, um schnell große Gebiete versorgen zu können.

Auf diese Situation hat Rohde&Schwarz reagiert und präsentiert zum passenden Zeitpunkt eine neue, kompakte Senderfamilie, die hinsichtlich Energieeffizienz und Signalqualität Zeichen am Markt setzt.

Die Basis: Eine am Markt bewährte Plattform

Rohde&Schwarz hat sich von Beginn an kontinuierlich im DAB-Sendermarkt engagiert, konnte seinen Marktanteil bei DAB- / T-DMB-Sendern mittlerer und großer Leistung in den letzten Jahren stetig ausbauen und ist Marktführer in diesem Marktsegment. Mit den neuen luftgekühlten DAB(+) / T-DMB-Mittelleistungsendern R&S®NA8200 (BILD 1) stehen den weltweiten Kunden nun Sender im Leistungsbereich zwischen 400 W und 2400 W zur Verfügung, die den veränderten Markt bedienen und zukunftssicher konzipiert sind.

Die Sender R&S®NA8200 sind ein gutes Beispiel für die Flexibilität der Plattformstrategie von Rohde&Schwarz, denn ihre Basis ist die luftgekühlte Plattform der Senderfamilie R&S®Nx8000, die bereits analoge und digitale TV-Standards bedient und erfolgreich im Markt positioniert sind.

Die wichtigsten Eigenschaften der Sender R&S®NA8200 sind:

- Spitzenwert beim Wirkungsgrad
- Beste Signalqualität am Markt (MER)
- Hohe Ausgangsleistung in einem Gestell

Spitze: Wirkungsgrad bis zu 25 %

Mit dem hervorragenden Gesamtwirkungsgrad bis zu 25 % bei gleichzeitig hohem Schulterabstand von typ. 37 dB erreichen die Sender R&S®NA8200 einen Spitzenwert am Markt. Mit erfreulichen Folgen für die Betreiber, denn jedes Prozent mehr Wirkungsgrad spart bei einem 2,4-kW-Sender im Zeitraum von 10 Jahren nahezu 44000 kWh Energie. Bei üblichen Netzen von einigen 10 bis mehr als 100 Sendern summieren sich die Einspareffekte enorm. Und der geringere Energieverbrauch senkt nicht nur deutlich die Kosten, sondern auch den CO₂-Ausstoß und leistet damit einen Beitrag zum Klimaschutz.

Grundlage für diesen hohen Wirkungsgrad ist das ausgeklügelte verlustarme Design des VHF-Leistungsverstärkers R&S®VM8350A1, der kompakt auf einer einzigen Platine aufgebaut ist. Kurze Signalwege und weitgehender Verzicht auf Kabel zugunsten von Direktsteckverbindungen tragen ihren Teil zum hohen Wirkungsgrad des Gesamtsystems bei. Das schlägt sich auch beim geringeren erforderlichen Aufwand für die Kühlung nieder. Und ein speziell entwickelter Kühlkörper garantiert selbst bei hoher Leistungsdichte eine effektive Wärmeabfuhr von den Hotspots im Verstärker. Das danken die Transistoren mit einer hohen Lebensdauer, denn ihre Sperrschichttemperatur bleibt niedrig.

BILD 2 Mit einer MER von typ. 33 dB sendet die Familie R&S®NA8200 mit einer exzellenten Signalqualität (beispielhaft gemessen mit dem Messempfänger R&S®ETL am Modell R&S®NA8206 mit 2400 W bei Kanal 12D).

Ch: --- RF 229.072000 MHz T-DMB/DAB					
* Att 25 dB SigLvl -12.5 dBm					
MER (rms)					
Ensemble: Rohde&Schwarz					Date & Time(UTC)---
Pass	Limit	<	Results	<	Limit Unit
Level	-60.0		-1.5	10.0	dBm
Sideband			Normal		
Transmission Mode	Mode I, 1536 carriers				
Carrier Freq Offset	-30000.0		0.4	30000.0	Hz
Bit Rate Offset	-100.0		-1.6	100.0	ppm
MER/EVM (rms)	24.0		33.0	----	dB
MER/EVM (peak)	10.0		22.0	----	dB
BER before Viterbi	0.0e-7(37/100)			1.0e-2	
FIB Errors	0			1	/s
Subchannel parameters (SubChId ---, Type ---)					
PS	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
Lvl -1.5dBm BER 0.0e-7 MER 33.0dB			DEMOD	FIC	

Beste Signalqualität am Markt

Was steckt hinter der hervorragenden Signalqualität der neuen Sender? Zum einen das oben beschriebene verlust- und verzerrungssarme HF-Design des Verstärkers R&S®VM8350A1. Doch es gibt noch eine weitere Komponente, die maßgeblichen Anteil hat: der neue Multistandard-Steuersender R&S®SX801 (Seite 58 in diesem Heft). Dieses vielseitig verwendbare Gerät glänzt mit exzellenter Signalqualität sowie mit sehr kurzer Verarbeitungszeit (Durchlaufzeit), weshalb es auch in allen neuen DAB(+) / T-DMB-Senderfamilien von Rohde&Schwarz eingesetzt wird.

Die Signalqualität ist nach der Feldstärke der wichtigste Qualitätsparameter für eine sichere Versorgung in DAB(+) / T-DMB-Sendernetzen. Das Maß für die Signalqualität des HF-Signals ist die Modulation Error Rate (MER) in dB, die alle Störungen erfasst, die das Modulationssignal beeinflussen können, z. B. Rauschen, Jitter oder I/Q-Imbalance. Je höher die MER, desto besser ist die Signalqualität und desto mehr „Reserven“ gegenüber Störungen hat das ausgesendete Signal bei der Ausbreitung im Funkfeld. Das Messverfahren für MER ist ähnlich dem bereits von DVB-T bekannten. Aufgrund der bei diesen Standards verwendeten differenziellen Modulation ist der messbare MER-Wert allerdings um ca. 3 dB niedriger als bei DVB-T.

Die Senderfamilie R&S®NA8200 weist eine MER von typisch 33 dB bei DAB(+) / T-DMB auf und sendet damit mit der besten Signalqualität am Markt (BILD 2). Und ermittelt wurde dies mit dem Messempfänger R&S®ETL, dem einzigen Gerät am Markt, das die MER für DAB(+) / T-DMB in Echtzeit messen kann.

In einem 19"-Gestell: In 400-W-Schritten Leistungsdichten bis 2400 W

Stellfläche in Sendestationen ist meist knapp und kostet Geld. Da kommt das Konzept der neuen Sender gerade recht, denn es erlaubt Konfigurationen von einem bis sechs Verstärker zu je 400 W in einem 19"-Gestell – und das einschließlich internem Kühlsystem. Die R&S®NA8200 erreichen damit DAB-Ausgangsleistungen bis 2400 W. Das ist eine Verdopplung der Leistungsdichte im Vergleich zum Vorgängermodell und ebenfalls ein Spitzenwert für luftgekühlte Sender am Markt. Auch bei Vollausbau steht Platz für eine Vorstufenreserve zur Verfügung und es sind noch drei weitere Höheneinheiten frei, z. B. für Zusatzgeräte.

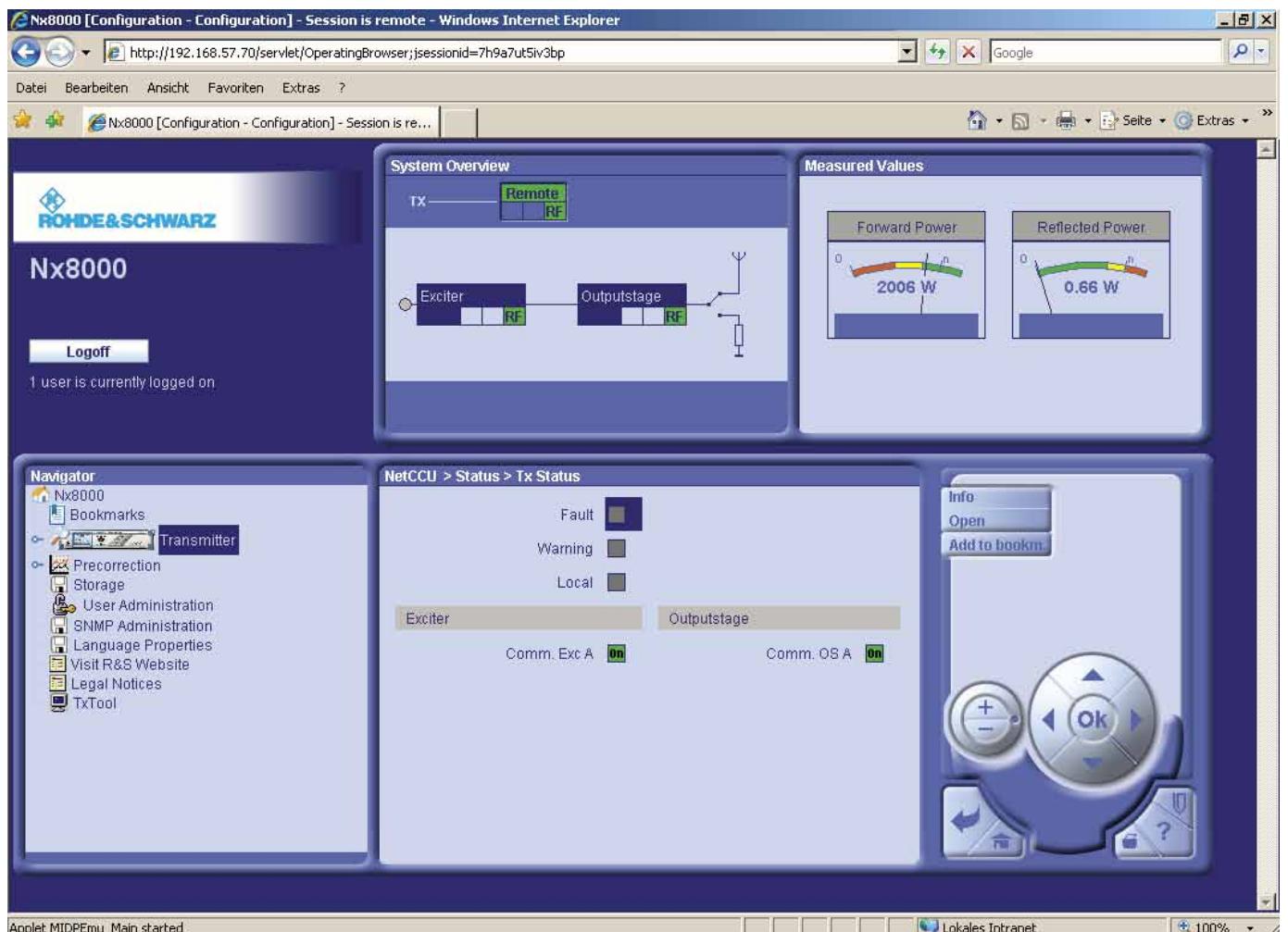


BILD 3 Zeitgemäß: Die neuen Sender können über einen üblichen Web-Browser bedient werden.

Und weitere interessante Eigenschaften

Bei redundanter Signalzuführung zum Sender kann zwischen zwei ETI-Eingangssignalen unterbrechungsfrei umgeschaltet werden. Automatisch wird das jeweils bessere Signal verwendet. Es ist einstellbar, welcher Eingang vorrangig behandelt werden soll.

Der neue, hochempfindliche GPS-Empfänger R&S®SX801-B13 mit deutlich verkürzter Synchronisationszeit von nun max. drei Minuten ermöglicht die schnelle und sichere Betriebsbereitschaft des Senders in Gleichwellennetzen. Er ist platzsparend im Steuersender R&S®SX801 eingebaut.

Die Sender R&S®NA8200 können zeitgemäß über IP-basierte Netze via Web-Browser oder SNMP (Option) von einer Zentrale aus überwacht und konfiguriert werden (BILD 3). Alternativ ist eine Fernüberwachung auch über potenzialfreie Kontakte (Option) möglich.

Jens Stockmann; Falko Hesse

UHF-TV-Senderfamilie R&S®SCx8000: Kompaktheit in neuer Dimension

Der R&S®SCx8000 ist der kompakteste und effizienteste TV-Sender am Markt für die Klein- bis Mittelleistung. Er wurde speziell im Hinblick auf digitale TV-Standards wie ATSC, ATSC Mobile DTV, DVB-T, DVB-H und MediaFLO™ entwickelt, ist aber auch für analoges Fernsehen bestens geeignet. Das hoch integrierte Design, innovative Redundanzsysteme sowie ein beispielhafter Wirkungsgrad ermöglichen Kostensparnisse für Energie, Infrastruktur, Miete und Installation. Der ideale Sender also für Rundfunk- und Mobilfunknetzbetreiber, die ihre Netze kostengünstig aufbauen oder erweitern wollen.

Kompakter Sender seiner Leistungsklasse

Sein kompaktes Design erreicht der Sender R&S®SCx8000 (BILD 1) durch die Integration von Komponenten, die bisher als externe Geräte verbaut waren. So wird beispielsweise der neue Steuersender R&S®SX801 verwendet, der es ermöglicht, den Sender ohne weitere Komponenten direkt am Geräte-Display zu steuern und zu überwachen (siehe auch S. 58 in diesem Heft). Im Basisverstärker ist außerdem ein Vorstufenumschalter und ein Signal-Splitter enthalten. In Systemen mit zwei Verstärkern kommt der Erweiterungsverstärker zum Einsatz, der wiederum den Leistungskoppler für die beiden Verstärker

integriert hat. Sowohl der Basis- als auch der Erweiterungsverstärker verfügen über eine integrierte, autarke Gerätekühlung mit zwei Lüftern, die außen an der Rückseite der Verstärker montiert sind (BILD 2). Das ultrakompakte System mit einem Verstärker benötigt nur vier 19"-Höheneinheiten. Dies ermöglicht den einfachen Einbau von mehreren Sendern in ein Gestell oder die Unterbringung von Sendern in Lücken bereits vorhandener Gestelle. Konzeptbedingt lässt sich der Sender ebenso einfach in Outdoor-Gestellen verwenden, Rohde & Schwarz bietet dafür verschiedene Lösungen an (siehe Titelbild).

BILD 1 Der Sender R&S®SCx8000 konfiguriert als R&S®SCV8301EA mit dem Steuersender R&S®SX801 und dem Basisverstärker R&S®VH8301C1.





BILD 2 Die integrierte Gerätekühlung ist mit zwei Lüftern ausgeführt
(Sender R&S®SCx8000 konfiguriert als R&S®SCV8302EA mit Steuersender R&S®SX801, Basisverstärker R&S®VH8301C1 und Erweiterungsverstärker R&S®VH8301C2).

Neue Redundanzkonzepte für beste Verfügbarkeit bei geringem Platzbedarf

Das neue Systemdesign „Backup-Exciter“ erlaubt eine vollwertige HF-Redundanz der Vorstufen mit bisher unerreicht geringem Platzbedarf. Der Master-Steuersender dient dabei als Signalquelle und der Backup-Steuersender als Sendersteuerung. Im Ablösefall übernimmt der Backup-Steuersender automatisch auch die Signalaussendung. Dieses Konzept sorgt nicht nur für mehr Platz, sondern erhöht durch die geringere Anzahl der verwendeten Komponenten die Verfügbarkeit des Systems und verringert die Ersatzteilvielfalt.

Ein intelligentes Netzteilkonzept stellt die zuverlässige Stromversorgung der Verstärker sicher. Standardmäßig enthält jeder Verstärker zwei Netzteile, von denen jedes jeweils die Hälfte der Transistoren der Verstärkerendstufe versorgt. Die Stromversorgung der weiteren Verstärkerkomponenten übernehmen beide Netzteile redundant. Dies erhöht die Sicherheit vor Unterbrechungen der Übertragung. Optional lässt sich ein drittes Netzteil integrieren, was eine unterbrechungs- und leistungsverlustfreie Übertragung bei Ausfall eines der beiden Verstärker netzteilteile sicherstellt.

Effizient in Leistung und Bedienung

Mit einem Wirkungsgrad bis zu 22 % senkt die neue Senderfamilie die Energiekosten über die Lebenszeit des Systems deutlich und ist damit der Maßstab in dieser Leistungsklasse. Durch die „Set&Go-Funktion“ ist der Sender bei Auslieferung für den jeweiligen digitalen Standard breitbandig vorentzerrt. Dies ermöglicht die schnelle Inbetriebnahme ohne aufwendige Entzerrung auf der Station. Wird die Ausgangsleistung später reduziert (bis zu 6 dB) oder die Frequenz gewechselt, lädt das System automatisch die passenden Entzerrkurven und stellt damit eine MER von mindestens 33 dB sicher.

Der Basisverstärker R&S®SCx8000 verfügt über Ausgangsleistungen bis 300 W bei DVB-T, DVB-H und MediaFLO™, bis 450 W bei ATSC und ATSC Mobile DTV sowie bis 700 W bei ATV. Zusammen mit dem Erweiterungsverstärker und dessen integriertem Koppler stehen bis zu 600 W bei DVB-T, DVB-H und MediaFLO™, bis 900 W bei ATSC und ATSC Mobile DTV sowie 1400 W bei ATV zur Verfügung.

Schnell von analog auf digital

Für Netze, in denen künftig eine Umschaltung von analoger auf digitale Übertragung stattfinden soll, bieten die Geräte intelligente Konzepte an. Durch ein kombiniertes ATV- / DTV-Coderboard im R&S®SX801 und den entsprechenden Schnittstellen kann analog und digital zugeführt werden. Sowohl lokal als auch aus der Ferne sind jederzeit die gewünschte Zuführung und der passende analoge oder digitale Standard für die Modulation wählbar.

Durch die MPEG-Decoder-Option lassen sich digitale Eingangssignale auf Transportstrombasis zuführen, die der FPGA im Steuersender in analoge Signale umwandelt und die dann moduliert und analog ausgestrahlt werden. Das Umschalten auf spätere digitale Übertragung ist einfach und ohne Hardware-Änderung durchführbar, auch ferngesteuert. Gerade in Umstellungsphasen ist das ein entscheidender Vorteil.

Trotz des kompakten Designs können in den Steuersender zusätzlich verschiedene Optionen wie ein GPS-Empfänger zur Synchronisation in Gleichwellennetzen oder ein DVB-T- / DVB-H-Empfänger für Monitoring- oder Retransmitter-Zwecke eingebaut werden.

Der Sender ist auf den Internetseiten von Rohde & Schwarz ausführlich beschrieben.

Christian Wachter

Video-Bildqualität objektiv und „single ended“ messen

Rohde & Schwarz macht es möglich: Mit einem neuen Verfahren wird in Echtzeit die Bildqualität von H.264- oder MPEG-2-codierten Videos mit SDTV- und HDTV-Auflösung an jedem beliebigen Punkt der digitalen Übertragungskette überwacht und aufgezeichnet.

Die Quality of Service fest im Blick

Programmabreiter sowie Betreiber von Rundfunknetzen und Play-out-Centern müssen die Bildqualität, die letztendlich bei den Zuschauern ankommt, objektiv überwachen und bewerten (Quality of Service). Das ist notwendig, um z.B. bei Qualitätsproblemen in live übertragenen Videoströmen frühzeitig Gegenmaßnahmen einzuleiten zu können oder um verlässliche Informationen über die innerhalb eines bestimmten Zeitraums erbrachte Qualität zu erhalten.

PSNR – ein objektives Maß

Als objektives und vergleichbares Verfahren zur Bewertung der Codierqualität komprimierter Videos hat sich seit den Anfängen des digitalen Fernsehens die Berechnung des PSNR-Werts (Peak Signal to Noise Ratio) fest etabliert. Dieser Wert ist ein Maß für die Unterschiede zwischen originalem und komprimiertem Bild; um ihn zu ermitteln, musste bisher das uncodierte Ausgangsmaterial zur Verfügung stehen.

Deshalb konnte die Berechnung in Echtzeit nur direkt am Videoencoder stattfinden, wo jeder Bildpunkt der Vorlage mit jedem des komprimierten Videos verglichen wurde – weshalb das Verfahren als „double ended“ bezeichnet wird.

qPSNR-Analyse an jedem Punkt der Übertragungskette

Die neue qPSNR-Analyse (quasi PSNR) von Rohde & Schwarz dagegen kann in Echtzeit die Bildqualität von H.264- oder MPEG-2-codierten Videos in SDTV- und HDTV-Auflösung überwachen und aufzeichnen. Das Verfahren misst den PSNR-Wert „single ended“, da es ihn mit hoher Genauigkeit ausschließlich aus den Codierungsparametern des komprimierten Videos ermitteln kann (BILD 1). Mit diesem innovativen Verfahren ermitteln die MPEG-2-Monitoring-Systeme R&S®DVM die PSNR-Werte an jedem Punkt der digitalen Übertragungskette – abhängig davon, mit welchem der optionalen Eingänge sie ausgestattet sind (BILD 2).

BILD 1 Es besteht eine hohe Korrelation zwischen den aufwendig „double-ended“ errechneten PSNR-Werten und den vom R&S®DVM in Echtzeit aus den Codierungsparametern „single-ended“ errechneten qPSNR-Werten für I-Frames.

PSNR versus qPSNR

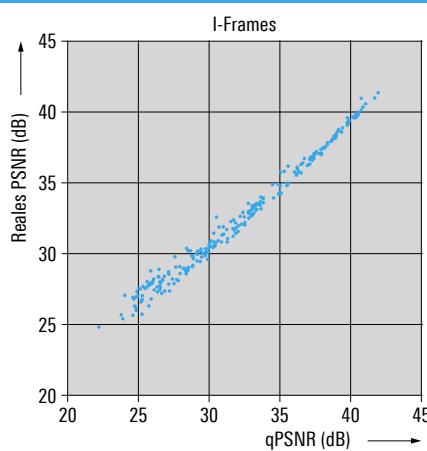


BILD 2 Das R&S®DVM kann den qPSNR-Wert an jedem beliebigen Übertragungspunkt messen: in einem IP-Datenstrom bei der Signalzuführung, in einem Transportstrom beim Multiplexer oder im HF-Signal am Sender. Es muss dazu lediglich mit dem jeweils erforderlichen optionalen Eingang ausgestattet sein.

Messung an jedem Punkt der Übertragungskette

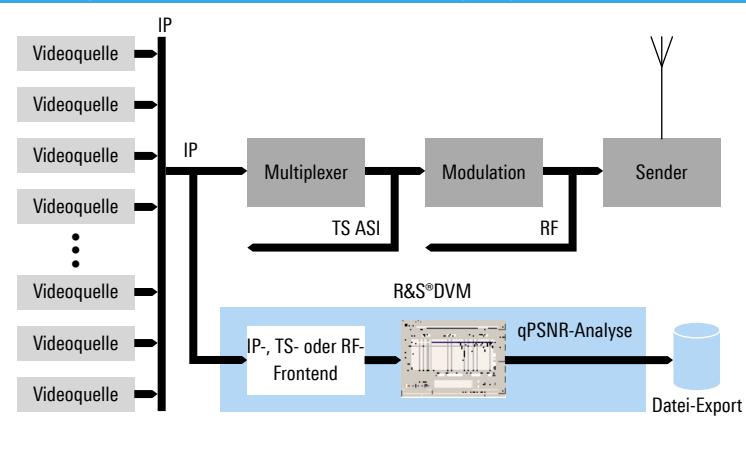
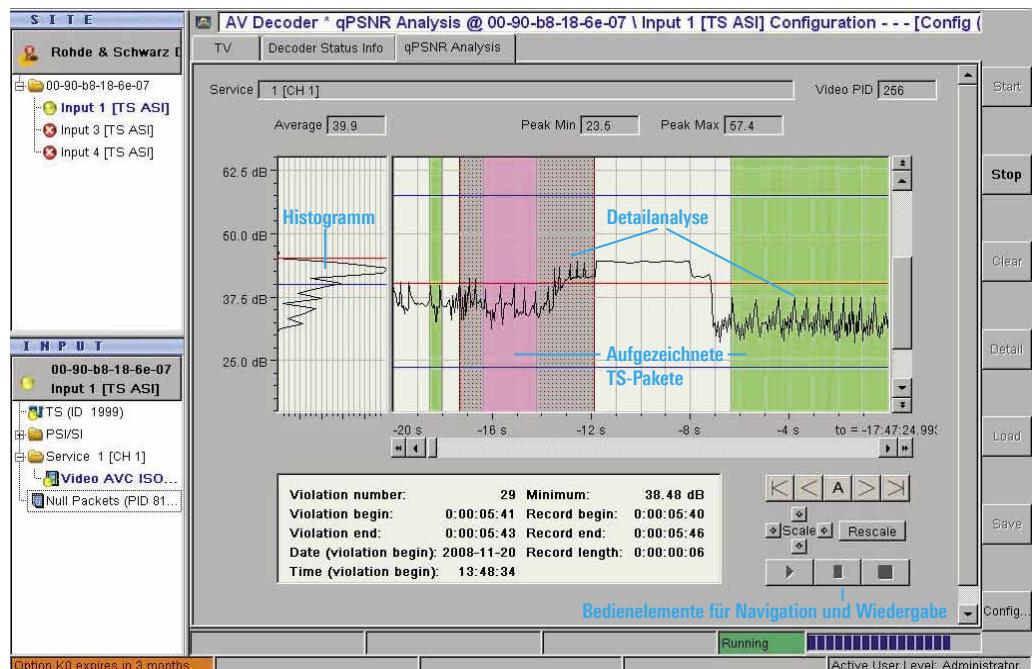


BILD 3 Die Bedienoberfläche zeigt sowohl den zeitlichen Verlauf als auch die Häufigkeitsverteilung (Histogramm) der qPSNR-Werte. Stellen, an denen Transportstrompakete aufgezeichnet wurden, sind farbig gekennzeichnet. Die Ergebnisse der Detailanalyse werden in den bestehenden qPSNR-Graphen integriert. Schnell kann man für die Detailanalyse oder für die erneute Wiedergabe zwischen den aufgezeichneten Transportstromabschnitten navigieren.



Detaillierte Analyse – in Echtzeit

Das R&S®DVM führt in Echtzeit eine Analyse der im Videostrom enthaltenen I-Frames durch und zeigt den Verlauf der qPSNR-Werte grafisch über der Zeit und als Histogramm (BILD 3). Dank umfassender Zoom- und Scroll-Funktionen behält der Anwender während der laufenden Messung stets den Überblick. Es spielt keine Rolle, über welche Eingänge ein Videostrom zugeführt wird (ASI, IP oder RF), ob es sich um H.264- oder MPEG-2-Codierung handelt und ob die Auflösung SDTV oder HDTV ist.

Beim Unterschreiten eines einstellbaren qPSNR-Grenzwerts zeichnet das R&S®DVM die Transportstrompakete des überwachten Videostroms auf der eingebauten Festplatte auf. Der konfigurierbare Pre-Trigger gewährleistet, dass genügend Transportstromdaten für die nachträgliche Detailanalyse zur Verfügung stehen. Das R&S®DVM führt auf Wunsch eine nachträgliche detaillierte qPSNR-Analyse der aufgezeichneten Abschnitte unter Berücksichtigung aller I-, P- und B-Frames durch. Dadurch lässt sich der qPSNR-Wert für jedes einzelne Bild ermitteln. Die Ergebnisse der Detailanalyse werden automatisch an der entsprechenden Stelle in die Grafik eingefügt (BILD 3). Alle Ergebnisse lassen sich speichern und jederzeit zur Ansicht und weiteren Analyse wieder in das R&S®DVM laden. Da das R&S®DVM sämtliche Ergebnisse transparent in CSV-Dateien speichert, können auch andere Werkzeuge problemlos für die nachträgliche Analyse der qPSNR-Daten eingebunden werden.

Wiedergabe von Transportstromabschnitten

Selbstverständlich lassen sich alle aufgezeichneten Transportstromabschnitte für die genaue Analyse mit dem optionalen Transportstrom-Generator zum R&S®DVM 400 wiedergeben. Für die visuelle Wiedergabe der Videoströme ist der ebenfalls optional erhältliche Hardware-Decoder zum R&S®DVM 400 verwendbar. Die qPSNR-Option enthält für alle Geräte der Familie R&S®DVM einen Software-Decoder für die nachträgliche Wiedergabe von SDTV-Videomaterial – der von den Zuschauern am Fernsehgerät wahrgenommene Qualitätseindruck kann also jederzeit nachvollzogen werden.

Christian Zühlcke

Die qPSNR-Analyse ist für alle Geräte der Familie R&S®DVM als Software-Option verfügbar bzw. lässt sich für viele bereits gelieferte Geräte nachträglich freischalten:

R&S®DVM50	Modell 02 und 03
R&S®DVM100	Modell 03
R&S®DVM100L	Modell 02
R&S®DVM400	Modell 03

Die wichtigsten Abkürzungen

I-Frame	Intra coded frame
P-Frame	Predictive coded frame
B-Frame	Bi-directional coded frame
CSV	Comma Separated Values
PSNR	Peak Signal to Noise Ratio

Die Welt zwischen 3 GHz und 300 GHz: Services und Anwendungen

Es herrscht ein ziemliches Gedränge zwischen 3 GHz und 300 GHz: Unzählige Services und Anwendungen sind dort angesiedelt und müssen häufig auch die gleichen Frequenzen nutzen. Wie dieses Durcheinander in geordnete Bahnen gelenkt wird, was dabei zu beachten ist und welche Rolle Systeme von Rohde & Schwarz bei Regulierungsbehörden und Netzbetreibern spielen, beleuchtet dieser mehrteilige Artikel.

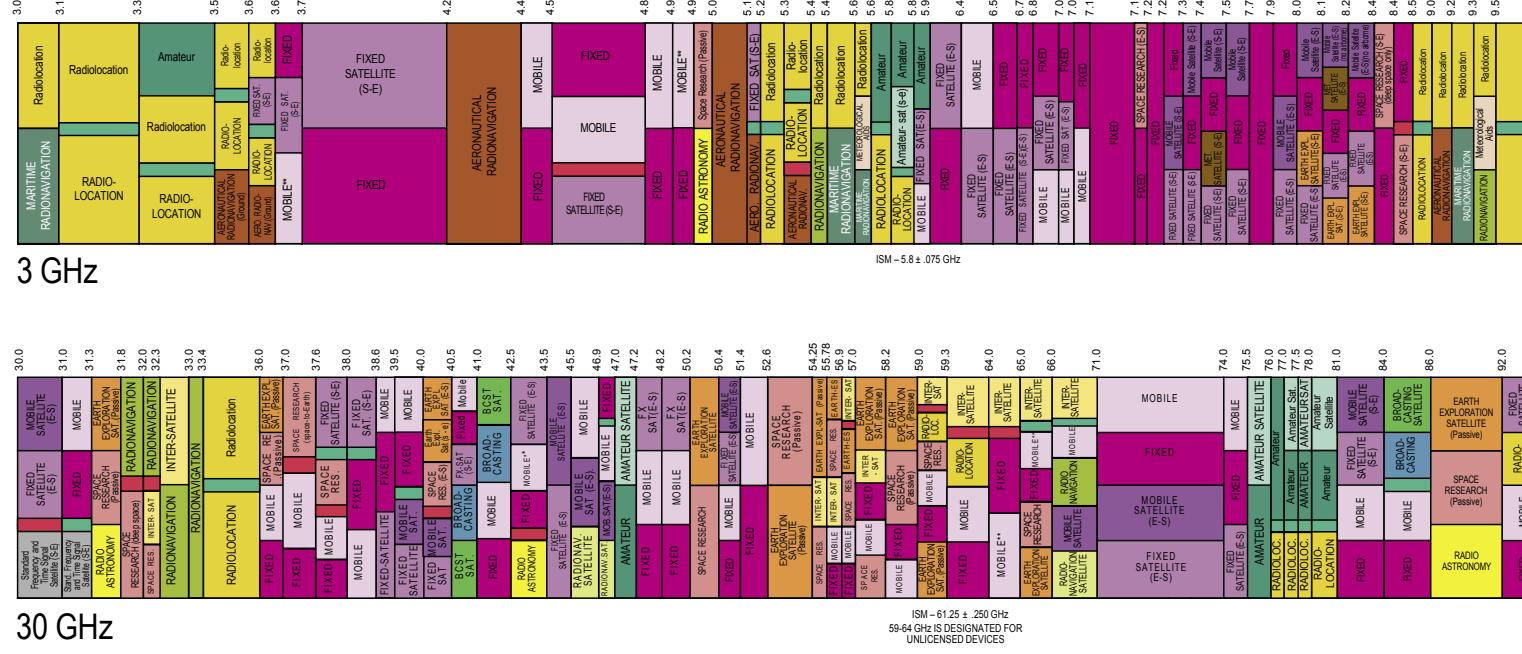
Ordnung statt Chaos – Regulierung macht es möglich

Ohne eine regulierende Hand würde die Welt im Frequenz-chaos versinken. Deshalb regeln nationale Regulierungsbehörden die Vergabe des Frequenzspektrums im internationa- len Kontext über die International Telecommunication Union (ITU), eine Unterorganisation der Vereinten Nationen (UN) mit Hauptsitz in Genf. Diese hat die Welt in drei ITU-Regionen ein- geteilt und darin verbindliche Frequenzzuweisungen für alle Mitgliedsstaaten vorgeschrieben, BILD 1 zeigt ein Beispiel dafür.

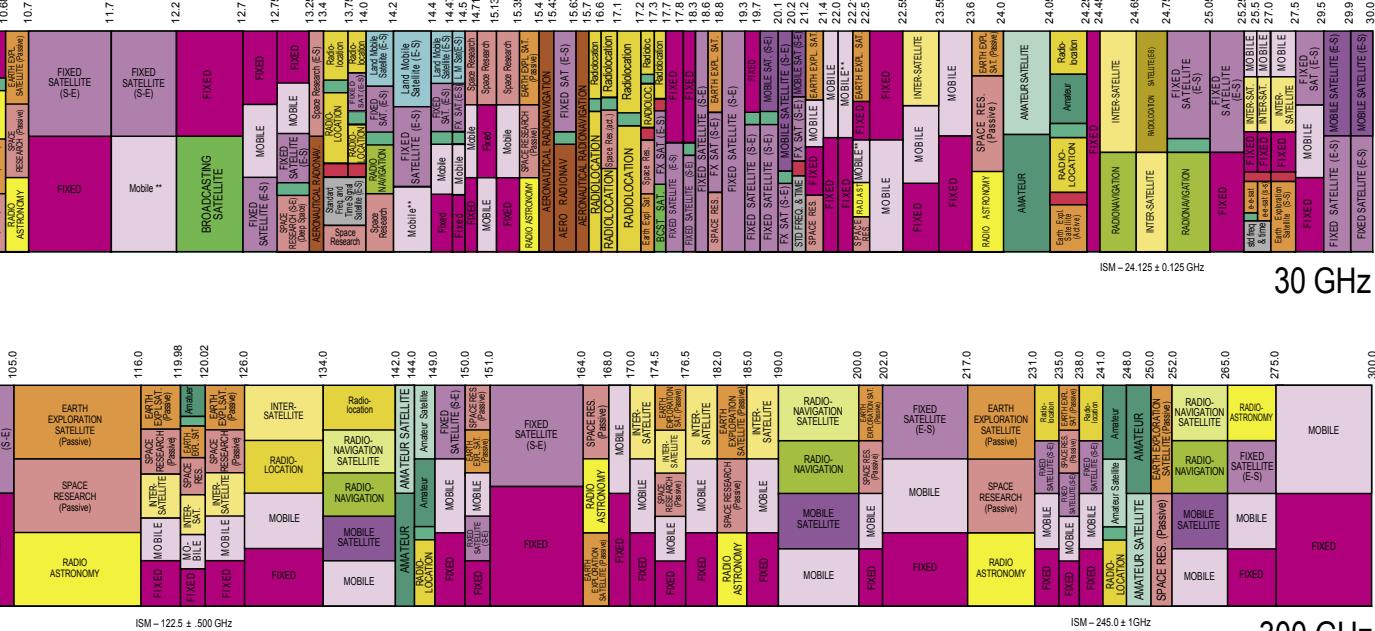
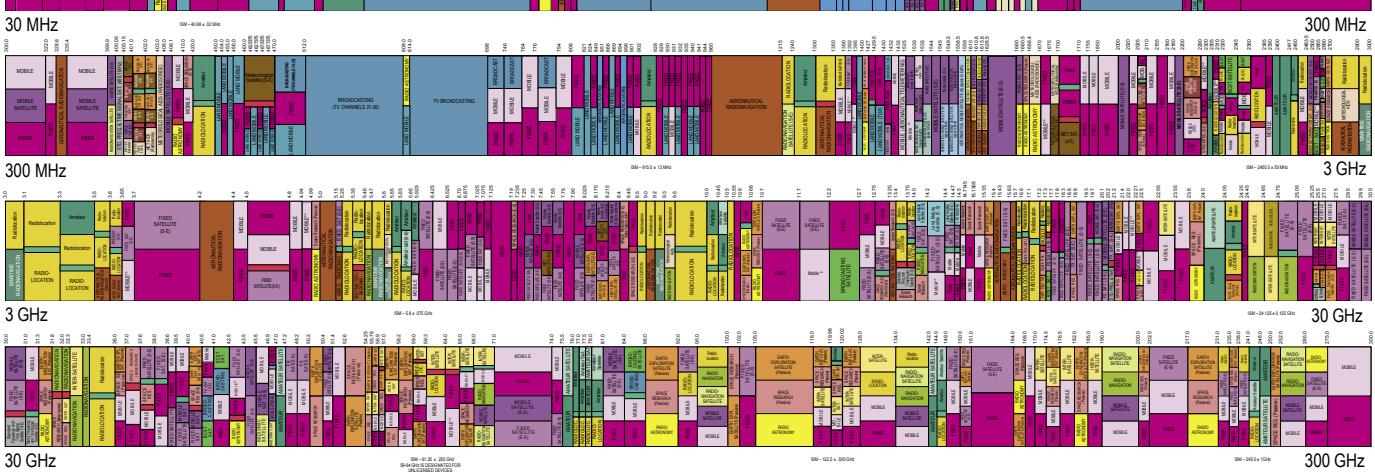
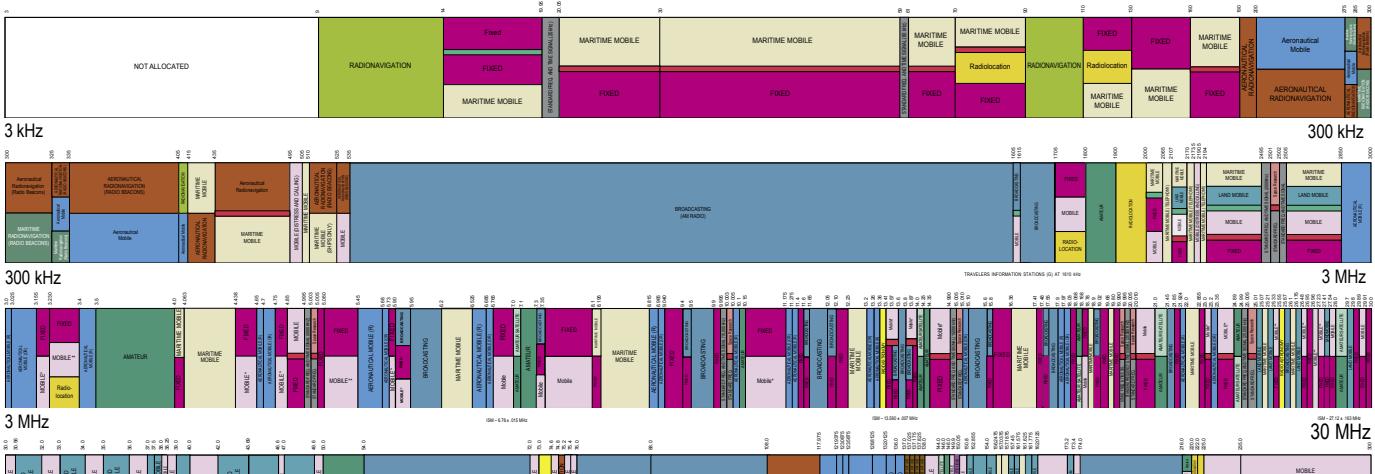
Services und Anwendungen im Frequenzbereich 3 GHz bis 300 GHz

Innerhalb der ITU-Regionen ist das Frequenzspektrum zwischen 9 kHz und 275 GHz verschiedenen Services zugeordnet, z.B. den Service „Ortsfest“, „Luftfahrt“, „Satelliten“ und „Weltraum“ (BILD 2). Die Services wiederum sind in Anwendungen unterteilt, in denen die nutzbaren Frequenzbereiche für die Endnutzer definiert sind. Beispiele für Anwendungen sind WLAN/WPAN, WiFi, WiPro, WiMAX™, Radar (zivil, militärisch), Rundfunk und Fernsehen (Satellit) oder Verkehrstelematik. Es gibt mehr als 200 unterschiedliche Anwendungen, die der Übersicht halber zu Anwendungsgruppen zusammengefasst werden.

BILD 1 Dicht belegt: Das Beispiel einer nationalen Frequenzzuweisung zwischen 9 kHz und 300 GHz auf der rechten Seite (oben) zeigt, wie dicht heute die Frequenzbänder belegt sind und wie viele verschiedene Services unter einen Hut zu bringen sind. Der Ausschnitt unten zeigt den Bereich zwischen 3 GHz und 300 GHz.



30 GHz



ISM - 122.5 ± .500 GHz

ISM – 245.0 ± 1GH

Das Frequenzspektrum zwischen 9 kHz und 3 GHz ist schon komplett belegt, sodass neue Services oder solche mit steigendem Bandbreitenbedarf in die Bereiche oberhalb 3 GHz ausweichen müssen, um die Anforderungen hinsichtlich Bandbreite bzw. Datenrate sowie nach Zuverlässigkeit und Störungsfreiheit der Übertragung im Funkfeld zu erfüllen.

Die Bilder 1 und 2 machen das grundsätzliche Problem deutlich: Weil die Ressource Frequenz begrenzt, der weltweite Bedarf aber riesig ist, sind die Frequenzen den Services häufig mehrfach zugewiesen. Störungen und Beeinträchtigungen einzelner Frequenznutzer sind damit unausweichlich. Noch klarer erkennbar wird das, wenn man die einzelnen Services

jeweils zu Hauptgruppen zusammenfasst und ihre Zuweisung auf der Frequenzachse darstellt, wie das in BILD 3 zu sehen ist. Kein Wunder also, dass es zu gegenseitigen Beeinträchtigungen oder Störungen kommen kann (BILD 4). Und es zeigt sich auch, dass es nicht ausreicht, die Vergabe der einzelnen Frequenzen ausschließlich auf planerischer Basis durch die nationalen Regulierungsbehörden vorzunehmen. Vielmehr müssen diese Behörden auch Messmöglichkeiten im Funkfeld schaffen, die sie in die Lage versetzen, das Frequenzspektrum zwischen 3 GHz und 300 GHz zu regulieren. Dazu gehört, im Fall einer Störung deren Quelle zu lokalisieren und sie zu dokumentieren, damit sie beseitigt werden kann.

Services und Anwendungen

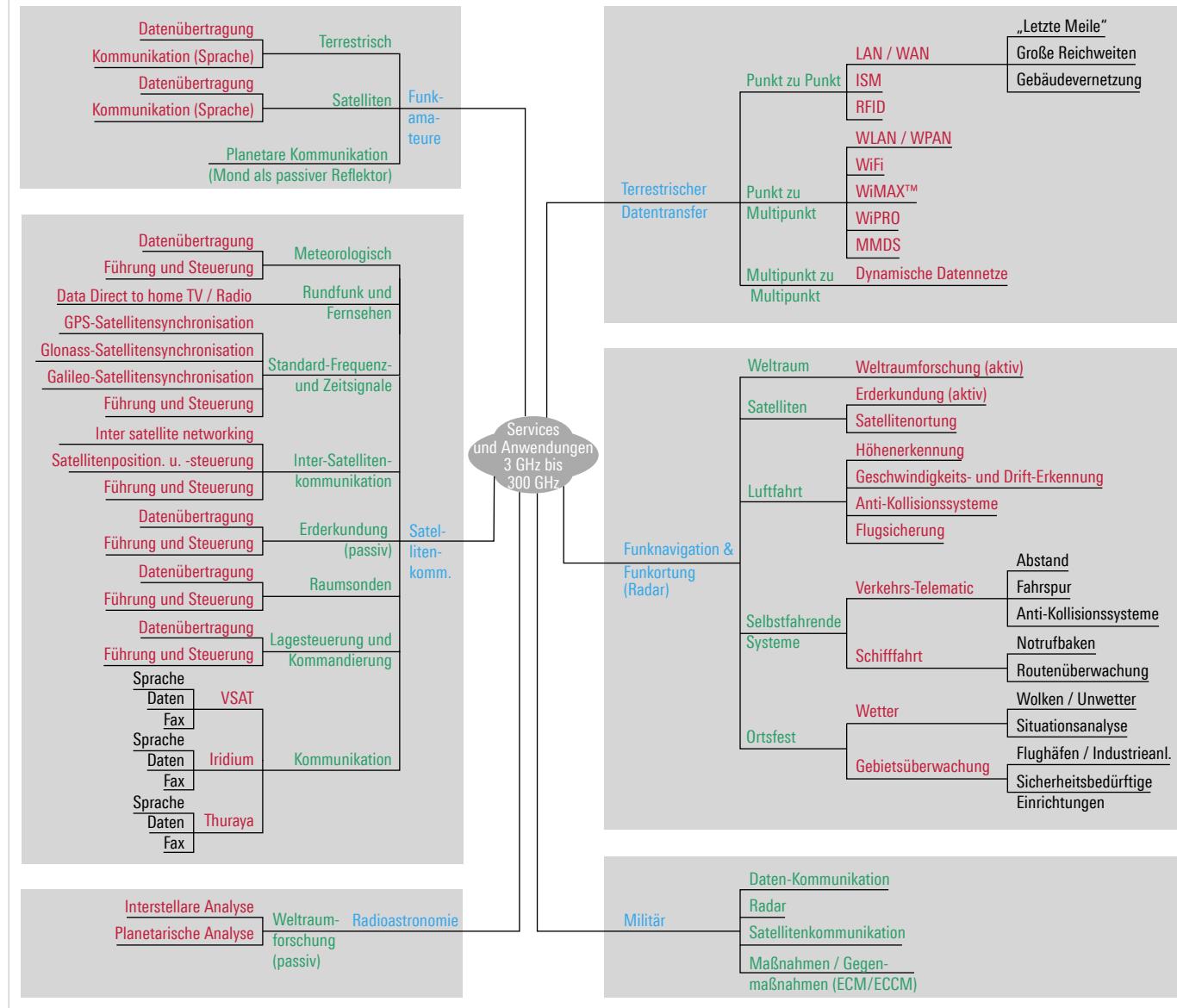


BILD 2 Services-Hauptgruppen (blau), Services (grün) und Anwendungsgruppen (rot und schwarz) im Frequenzbereich 3 GHz bis 300 GHz.

Typische Monitoring-Systeme

Die nationalen Regulierungsbehörden bedienen sich im Frequenzbereich 9 kHz bis 3 GHz folgender typischer Monitoring-Systeme:

- I **Fest installierte Monitoring-Systeme (FMS)**
(bemannt oder unbemannt)
- I **Mobile Monitoring-Systeme (MMS)**
(bemannt), die auf mobilen Plattformen, z.B. in Fahrzeugen montiert sind
- I **Portable Monitoring-Systeme (PMS)**
die auf Handgeräten basieren
- I **Universelle Monitoring-Systeme (UMS)**
(unbemannt), die permanent, z.B. auf Hausdächern installiert sind, aber auch mobil oder transportabel sind
- I **Transportable Monitoring-Systeme (TMS)**
(bemannt), die für den temporären Einsatz installiert werden

Ab 3 GHz: Erfassung quasi nur auf Sichtverbindung

Wegen der Ausbreitungsbedingungen im Frequenzbereich 3 GHz bis 300 GHz, wo Funkverbindungen quasi nur auf Sichtweite zustande kommen, scheiden fest installierte Monitoring-Systeme (FMS) für die Störungssuche aus, weil deren Reichweite eingeschränkt ist. Auch mobile Monitoring-Systeme (MMS) sind nur bedingt einsetzbar, wenn sie nicht an exponierter Stelle platziert sind. Zudem begrenzen die meist sehr geringen Sendeleistungen der Störemissionen in diesem Frequenzbereich die Reichweite konventioneller Mikrowellen-Monitoring-Systeme.

All diesen Gegebenheiten begegnet Rohde&Schwarz mit Monitoring-Systemen, die hervorragend auf die besonderen Ausbreitungs- und Rahmenbedingungen im Mikrowellenbereich optimiert sind. Durch die Verwendung speziell auf diese Anforderungen angepasster Systemkomponenten erreichen sie eine doppelt so große Erfassungsreichweite wie die Konkurrenzprodukte.

BILD 4 Durch die gleichzeitige Nutzung unterschiedlichster Anwendungen in identischen Frequenzbereichen kann es zu erheblichen gegenseitigen Beeinträchtigungen oder Störungen kommen.

Beispiele für parallel genutzte Anwendungen	Mögliche Folgen
Gleichzeitige Nutzung von Satelliten-Downlink-Frequenzen und terrestrischer WiFi-Systeme bei 3,7 GHz im C-Band	Die Satellitenkommunikation fällt aus
Beeinträchtigung des zivilen Flugsicherungs-Radars durch Richtfunksysteme	Die Sicherheit des Flugverkehrs kann beeinträchtigt werden
Defekte VSAT-Terminals stören terrestrische Richtfunksysteme	Ausfall der Kommunikationssysteme
Beeinträchtigung des Satelliten-TV-Empfangs bei 12 GHz im Ku-Band durch terrestrische Richtfunksysteme	Ausfall der TV-Übertragung
Automatische Anti-Kollisionssysteme an Bord von Fahrzeugen werden durch Satelliten-Uplink-Signale oder durch Richtfunksysteme zur Datenübertragung gestört	Die Verkehrssicherheit ist beeinträchtigt

Services-Hauptgruppen

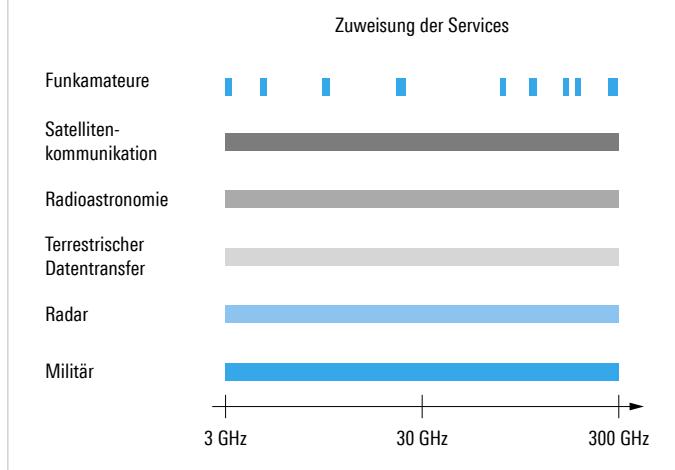


BILD 3 Die Zusammenstellung der Services zu Hauptgruppen und ihre Zuweisung über der Frequenz zeigt deutlich deren Mehrfachvergabe.

Maßgeschneidert: Systeme von Rohde&Schwarz

Die hoch spezialisierten Mess- und Monitoring-Systeme von Rohde&Schwarz decken praktisch alle Anwendungsfälle ab und können Störquellen schnell und zuverlässig finden und dokumentieren.

Portable Monitoring-Systeme (9 kHz bis 18 GHz)

Portable Systeme werden eingesetzt, um Sender im Nahbereich – also je nach Frequenzbereich einige Meter bis einige hundert Meter – zu identifizieren, z.B. in Gebäuden, auf Hausdächern oder an schlecht zugänglichen Orten.

Klein, leicht und damit gut tragbar empfiehlt sich zwischen 9 kHz und 7,5 GHz der tragbare Empfänger R&S®PR100 mit den Richtantennenmodulen R&S®HE300 (BILD 5). Eine Frequenzerweiterung für diesen Empfänger mittels der Konverter-Antenne R&S®HF907 (DC bis 18 GHz) ist in Vorbereitung.

Sie erweitert das portable Monitoring-System für die Suche nach z.B. VSAT-Sendern oder Richtfunkquellen im Nahbereich.

Universelle Monitoring-Systeme (100 kHz bis 18 GHz)

Universelle Monitoring-Systeme werden eingesetzt, um im Bereich zwischen einigen Metern bis einigen Kilometern, je nach Frequenzbereich, das Spektrum automatisch zu überwachen und Aussendungen eindeutig zu identifizieren. Sie dienen auch der automatischen Langzeitüberwachung des Spektrums, zur automatischen Ermittlung der Bandbelegung oder Identifikation unbelegter Frequenzen, die dann von den Regulierungsbehörden wieder neu vergeben werden können. Dafür offeriert Rohde&Schwarz die universellen Monitoring-Systeme R&S®UMS1x0 (BILD 6 und 7). Als Aufstellungsort dienen z.B. Hausdächer oder Maste, da dort eine relativ große Reichweite zur Signalerfassung erzielbar ist. Wie vielseitig beispielsweise die Monitoring-Systeme R&S®UMS100 einsetzbar sind, ist ab Seite 76 in diesem Heft zu lesen.

Transportable Monitoring-Systeme (9 kHz bis 300 GHz)

Sie sind für den kurzfristigen lokalen Einsatz konzipiert und können im Bereich zwischen einigen Metern bis einigen Kilometern, je nach Frequenzbereich, Aussendungen eindeutig identifizieren. Rohde&Schwarz liefert für den Frequenzbereich 9 kHz bis 26,5 GHz (erweiterbar bis 300 GHz) die Mikrowellen-Monitoring-Systeme R&S®TMS500 (BILD 9), die von zwei Personen verlastet werden können.

Als Aufstellungsort dienen z.B. Hausdächer, Balkone oder Berg Rücken, also alle erhöhten Standorte, mit denen eine große Reichweite zur Signalerfassung zu erzielen ist. In Fahrzeuge eingebaut vergrößert sich ihre Reichweite und sie sind universell einsetzbar.

Bei Frequenzen oberhalb 26,5 GHz haben alle Komponenten eine hohe Einfügungsdämpfung. Zur Vermessung des Funkfeldes bei so hohen Frequenzen sind Mikrowellen-Konverter erforderlich. Rohde&Schwarz liefert Konverter, die speziell für dieses Einsatzgebiet optimiert sind. Sie verfügen direkt in der Antenne über spezielle Filter, Mischer und Verstärker, die eine Ausgangsfrequenz des Konverters unterhalb von 26,5 GHz gewährleisten. Dieses Verfahren kompensiert die Kabelverluste zwischen Antenne und Empfänger. Um die Frequenzstabilität des Monitoring-Systems zu garantieren, werden die Mikrowellen-Konverter mittels einer 10-MHz-Referenz-Frequenz an das R&S®TMS500 angebunden.

Fünf verschiedene, für den Außeneinsatz geeignete Mikrowellen-Konverter sowie dazugehörige Antennen erweitern den Frequenzbereich der Mikrowellen-Monitoring-Systeme R&S®TMS500 (BILD 8):

MW-40	26,5 GHz bis 40 GHz
MW-58	40 GHz bis 58 GHz
MW-75	58 GHz bis 75 GHz
MW-90	75 GHz bis 90 GHz
MW-110	90 GHz bis 110 GHz



BILD 5 Tragbarer Empfänger R&S®PR100 mit den Antennen R&S®HE300.



Modul 9 kHz bis 20 MHz.



Modul 20 MHz bis 200 MHz.



Modul 200 MHz bis 500 MHz.



Modul 500 MHz bis 7500 MHz.

Kundenspezifische Frequenzerweiterungen bis 300 GHz sind auf Anfrage möglich.

Durch den Einsatz der Konverter bleibt das Monitoring-System R&S®TMS500 in seinem Frequenzbereich von 9 kHz bis 26,5 GHz unverändert, es kann auch nachträglich durch den Zukauf von Konvertern erweitert werden. Dabei ist es nicht notwendig, dass sich die jeweiligen Frequenzbereiche nahtlos aneinanderfügen.

Einbindung in übergeordnete Messsysteme und in Systeme zur Frequenzvergabe

Die Mikrowellen-Monitoring-Systeme von Rohde&Schwarz können als Einzelsysteme unabhängig betrieben werden. Des Weiteren fügen sich diese Systeme durch die Verwendung der Software R&S®ARGUS auch nahtlos in bestehende Spektrum-Monitoring-Systeme ein. Mit R&S®ARGUS lassen sie sich auch in Spektrum-Management-Systeme einbinden, so dass z.B. die universellen Monitoring-Systeme R&S®UMS1xx dort zur automatischen Überwachung des Frequenzspektrums oder zur Ermittlung der Bandbelegung einsetzbar sind.

BILD 8 Mikrowellen-Konverter R&S®MW-40.



Ausblick

Ergänzend zu diesem Artikel sind weitere geplant, die speziell den Frequenzbereich 3 GHz bis 300 GHz behandeln:

- Wellenausbreitung und Messmöglichkeiten,
- Professioneller Systemaufbau,
- Zusammenwirken von Spektrum-Management und Spektrum-Monitoring.

Michael Braun



BILD 6 Monitoring-System
R&S®UMS100
(100 kHz bis 6 GHz).

BILD 7 Monitoring-System
R&S®UMS180
(10 MHz bis 18 GHz).

BILD 9 Das transportable Monitoring-System R&S®TMS500.



Monitoring-Systeme R&S[®]UMS100: perfekte Ergänzung für landesweite Netze

Wieder ein Land, das ein flächendeckendes automatisches System von Rohde & Schwarz zur ITU-konformen Überwachung des Frequenzspektrums bekommt: Weißrussland. Als Besonderheit werden dort zahlreiche zusätzliche Monitoring-Systeme R&S[®]UMS100 eingesetzt, die in Randgebieten und in entlegenen Arealen die Hauptstationen hervorragend ergänzen.

Monitoring-Systeme R&S[®]UMS100 – autark und doch fest eingebunden

Die Firma SENCOM Systems Ltd. baut derzeit für die weißrussische zivile Regulierungsbehörde BelGIE ein landesweites System zur Überwachung des Frequenzspektrums auf, das komplett von Rohde & Schwarz geliefert wird. Übergeordnete bemannte und unbemannte (Haupt-)Radiomonitoring- und Peilstationen sorgen für eine weitgehend flächendeckende Funküberwachung in Gebieten mit hohem Funkaufkommen sowie in wichtigen Sektoren wie den Grenzgebieten. Ergänzt werden sie durch ein Netz aus mehr als fünfzig unbemannten Monitoring-Systemen des Typs R&S[®]UMS100* von Rohde & Schwarz, das bis Ende 2009 fertiggestellt sein wird. Diese autarken Subsysteme, die außerhalb des Abdeckungsbereichs der Hauptstationen aufgestellt sind, z.B. in den Verwaltungsbezirken in Randgebieten oder in anderen entlegenen Arealen, lösen folgende Aufgaben:

- **Systematische Überwachung und Messung grundlegender Parameter elektromagnetischer Strahlung:** Frequenzstandards und -abweichung, Feldstärke, Bandbreite, Auslastung des Funkfrequenzspektrums usw. im Frequenzbereich 100 kHz bis 6 GHz. Die Systeme arbeiten rund um die Uhr im automatischen oder interaktiven Messmodus;
- **EMV-Messungen:** Erkennen von Störstrahlungen, Identifizieren des Verhaltens und der Ursache von Störquellen;
- **Identifizieren von AM- und FM-Tonsignalen,** z.B. von Radio- und Fernsehsendern (entsprechend den Empfehlungen der ITU).

Die Monitoring-Systeme R&S[®]UMS100 werden auch in allen Hauptstationen in den Verwaltungsbezirkszentralen eingesetzt. Dort arbeiten sie meist im Scan-Betrieb und überwachen große Frequenzbereiche. Entdecken sie eine Störemission, so leiten sie die Information an einen Peiler weiter, der die Ausstrahlung lokalisieren kann.

Montage und Steuerung der R&S[®]UMS100

Beim Einsatz in den Hauptstationen finden die R&S[®]UMS100 meist am gemeinsamen Antennenmast unterhalb der Peil- und Monitoring-Antennen und des Rotors Platz. Bei abgesetztem Betrieb werden sie häufig an Masten oder Türmen von Basisstationen der Mobilfunkbetreiber befestigt. Auf Dächern von Hochhäusern dient ein Stativ als Befestigung (BILD 1 bis 3). Zum Schutz vor Überspannung sind alle Turm-, Mast- und Stativkonstruktionen sowie das Gehäuse der Systeme geerdet.

Die in dünner besiedelten Regionen oder in Grenzgebieten abgesetzten betriebenen Subsysteme sind hierarchisch den Hauptstationen der entsprechenden Verwaltungsbezirke untergeordnet. Zudem besteht die Möglichkeit, jedes Subsystem direkt von einem speziellen Arbeitsplatz in der Radiomonitoring-Zentrale Minsk-Priluki aus zu steuern.

BILD 1 In Hauptstationen integrierte Monitoring-Systeme R&S[®]UMS100 werden am gemeinsamen Antennenmast unterhalb der Peil- und Monitoring-Antennen und des Rotors befestigt.



* Monitoring-System R&S[®]UMS100: Eine neue Generation autarker Funküberwachungssysteme. Neues von Rohde & Schwarz (2006) Nr. 191, S. 46–49.

Fernsteuerung der Subsysteme

Ferngesteuert werden die entlegenen Monitoring-Subsysteme R&S®UMS100 über verschiedene drahtgebundene und drahtlose Datenübertragungskanäle. Bevorzugt im Einsatz sind Breitbandkommunikations-Standards wie G.SHDSL oder CDMA2000® 1xEV-DO. Die Modems sind via LAN-Schnittstelle (Ethernet 10/100Base-T) über ein abgeschirmtes Kabel an die R&S®UMS100 angeschlossen und bieten eine durchschnittliche Datenübertragungsrate von 128 kbit/s (CDMA2000® 1xEV-DO) bis 512 kbit/s (xDSL) – genügend Bandbreite also, um die Übertragungszeit der Messergebnisse und Befehle zur Steuerung der Systeme auf ein Minimum zu reduzieren.

Die Ausrüstung für die Datenübertragung per Funk wird am Mast in einem kompakten klimageregelten Gehäuse unterhalb des R&S®UMS100-Hauptmoduls angebracht. Darin befindet sich auch ein einfacher GSM-Controller, der es ermöglicht, die Stromversorgung des drahtlosen Modems und der Monitoring-Systeme R&S®UMS100 ferngesteuert per SMS-Befehl ein- und auszuschalten (cold reboot).

In Gebieten mit unzureichender Versorgung mit dem Mobilfunkstandard CDMA2000® 1xEV-DO und fehlender Möglichkeit, eine Verbindungsleitung zu legen, wird das GSM-Modem mit einer Datenübertragungsrate von 9,6 kbit/s verwendet. Trotz der niedrigen Datenrate des GSM-Kanals ermöglicht das Modem das Ausgeben von Befehlen für automatische Messungen, den Empfang von verarbeiteten und komprimierten Messergebnissen. Gegenwärtig werden Versuche durchgeführt, die abgesetzt betriebenen R&S®UMS100-Subsysteme mit Hilfe der Breitbandtechnik Long Range Radio Ethernet anzuschließen.

BILD 2 In diesem Beispiel ist ein Monitoring-System R&S®UMS100 am Mast eines Mobilfunkbetreibers montiert.



Unterbrechungsfreie Spannungsversorgung (USV)

Die unbemannten Monitoring-Systeme R&S®UMS100 – deren Leistungsaufnahme unter 100 W liegt – sind zusammen mit den Datenübertragungsanlagen an die konventionelle Wechselspannungsversorgung angeschlossen und verfügen zusätzlich über eine USV. Sie gewährleistet:

- den Schutz der Geräte vor Spannungsschwankungen und Störungen im externen Stromnetz und
- die Fortsetzung der automatischen Funküberwachung ohne Unterbrechung bei Ausfall der Hauptstromversorgung für mindestens zwei Stunden.

Automatischer oder interaktiver Messmodus

Als Messmodi stehen der automatische und der interaktive Betrieb zur Verfügung. Die Monitoring-Systeme R&S®UMS100 werden überwiegend im automatischen Messmodus eingesetzt. Ein Operator in der Zentrale stellt die Messaufgabe zusammen und leitet sie an die gewünschte Station, die sie automatisch bearbeitet und die Ergebnisse an den Steuerrechner sendet. Dieser Modus ermöglicht die ununterbrochene Funküberwachung großer Gebiete mit großer Effektivität bei einem Minimum an Ressourcen.

Der automatische Modus (BILD 4) erweist sich als besonders nützlich zum Auffinden illegal betriebener Sender. Aber auch zum Entdecken von Signalparametern, die von den Nominalwerten abweichen, ist er bestens geeignet, da in diesem Modus gemessene Signalparameter mit den Bezugsdaten, die in Form von Schwellenwerten oder Grenzwertlinien vorgegeben sind, verglichen werden. Das System überträgt automatisch ein Warnsignal an die Steuerzentrale und startet eine vertiefte Analyse des Funksignals.

BILD 3 Mit einem Stativ sind die Monitoring-Systeme R&S®UMS100 auch problemlos auf dem Flachdach eines Hochhauses aufgestellt.



Der interaktive Modus ermöglicht das direkte Messen der Signalparameter (BILD 5). Die Ergebnisse werden auf dem Steuer-PC mit einer von der Datenübertragungsrate des Verbindungskanals abhängigen zeitlichen Verzögerung dargestellt. Dabei sind sowohl Frequenzband-Scanning als auch Frequenzaufzeichnung sowie Messungen auf einer festgelegten Frequenz möglich. Dieser Modus dient zur operativen Bewertung des elektromagnetischen Umfelds im Abdeckungsbereich der unbemannten Monitoring-Station und zum Messen der Signalparameter wie Pegel, Nominalwert und Abweichung der Trägerfrequenz sowie der Bandbreite des Signals. Um der zivilen Regulierungsbehörde das Identifizieren der zu analysierenden Funksignale nach ITU-Empfehlungen zu ermöglichen, können demodulierte AM- und FM-Signale, z.B. von Rundfunk- und Fernsehsendern, dank der integrierten Audiokompressionsverfahren auch bei schmalbandigen GSM-Verbindungen live an die Zentrale übertragen werden.

Fazit

Die Erfahrungen beim Einsatz der Monitoring-Systeme R&S®UMS100 von Rohde & Schwarz beim Aufbau des landesweiten automatischen Systems zur Überwachung des Frequenzspektrums in Weißrussland haben gezeigt, dass die Systeme mit ihrer Vielseitigkeit und universellen Einsetzbarkeit hervorragend die übergeordneten Radiomonitoring-System ergänzen können. Sie übernehmen alle erforderlichen Messungen in den Gebieten, die außerhalb des Abdeckungsbereichs der Hauptstationen liegen.

D. E. Kazakov; E. P. Medvedev;
M. E. Medvedev; V. A. Oleshkevich
(SENCOM Systems Ltd.)

BILD 4 Automatischer Messmodus: zeitsynchrone Wiedergabe aller gespeicherten Messdaten..

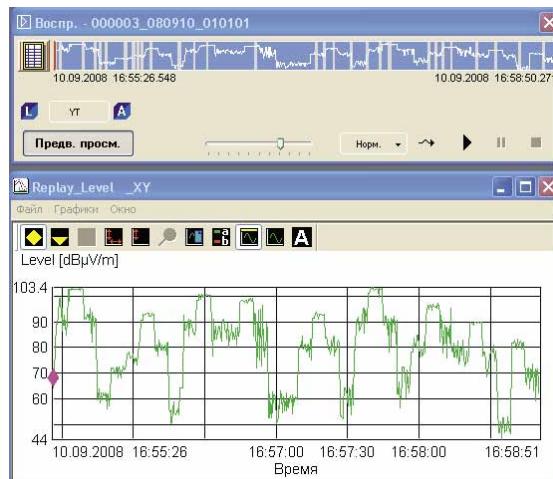
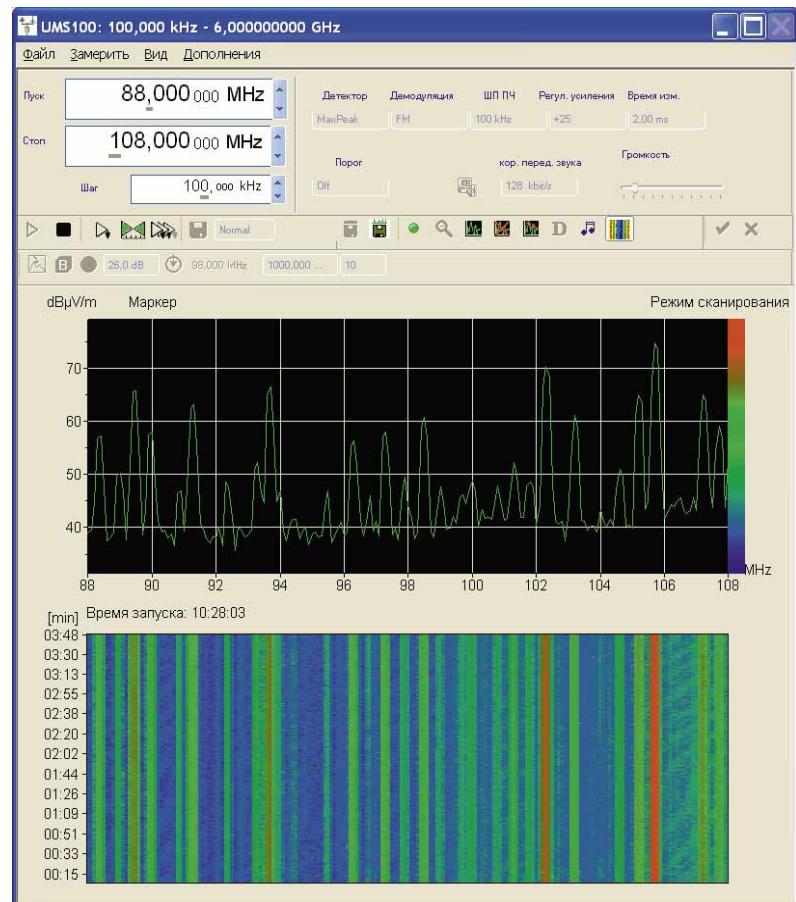


BILD 5 Interaktiver Messmodus: UKW-Spektrum mit Wasserfalldiagramm.



Komfortable Signalanalyse auf Symbol- und Bitstrom-Ebene

Eine der wichtigsten Aufgaben der Funkerfassung ist es, Emissionen möglichst genau zu kategorisieren, um sie einzelnen oder Gruppen von Nutzern zuordnen zu können. Dazu müssen Kanalcodierungen und Protokolle erkannt und verarbeitet werden. Rohde & Schwarz entwickelte dafür die Bitstromanalyse-Software R&S®CA250, ein leistungsstarker Helfer – auch bei neuen und unbekannten Verfahren.

Für knifflige Fälle: Bitstromanalyse

Moderne Funkerfassungssysteme unterstützen die Anwender – teils vollautomatisch – beim gesamten Prozess der Funküberwachung. Rohde & Schwarz offeriert dafür ein lückenloses Programm: vom Empfang über Detektion, Peilung, Klassifikation und Demodulation bis zur Decodierung, vom innovativen tragbaren Empfänger bis hin zum vollautomatischen Funküberwachungssystem.

Die automatische Verarbeitung von Symbolströmen stößt jedoch an ihre Grenzen, wenn teilweise oder gänzlich unbekannte Funkverfahren zum Einsatz kommen. In diesem Fall sind erfahrene und sachkundige Anwender gefragt. Leistungsstarke Offline-Werkzeuge wie die neue Bitstromanalyse-Software R&S®CA250 unterstützen mit umfassenden

Funktionen bei der Analyse, Bearbeitung und Decodierung aufgezeichnete unbekannter Bitströme. BILD 1 zeigt eine mögliche Systemkonfiguration.

Der erste Schritt bei einer Bitstromanalyse ist es, das demodulierte Datensegment zu sichten. Dazu stellt die Software R&S®CA250 die vom Demodulator gelieferte Information zur Qualität der Daten dar, so dass sich der Anwender bei der Analyse auf einen Bereich mit geringer Bitfehlerrate konzentrieren und schneller zu besseren Analyseergebnissen kommen kann (BILD 2). Außerdem vermitteln die vielfältigen Darstellungsmöglichkeiten für Bitströme einen guten Überblick über die Komplexität und Struktur des zu analysierenden Bitstroms. Das geht so weit, dass bei geeigneter visueller Aufbereitung im Bitstrom sogar regelmäßige Strukturen wie Präambeln erkennbar sind (BILD 3).

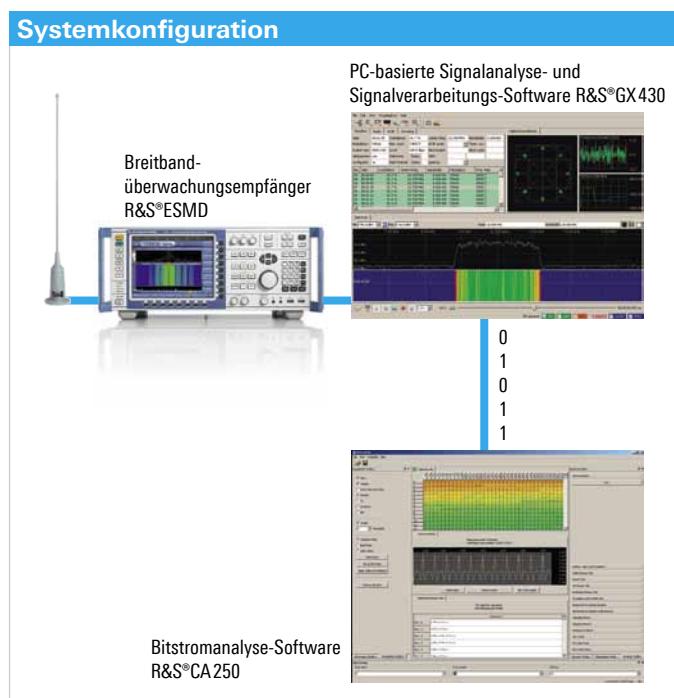
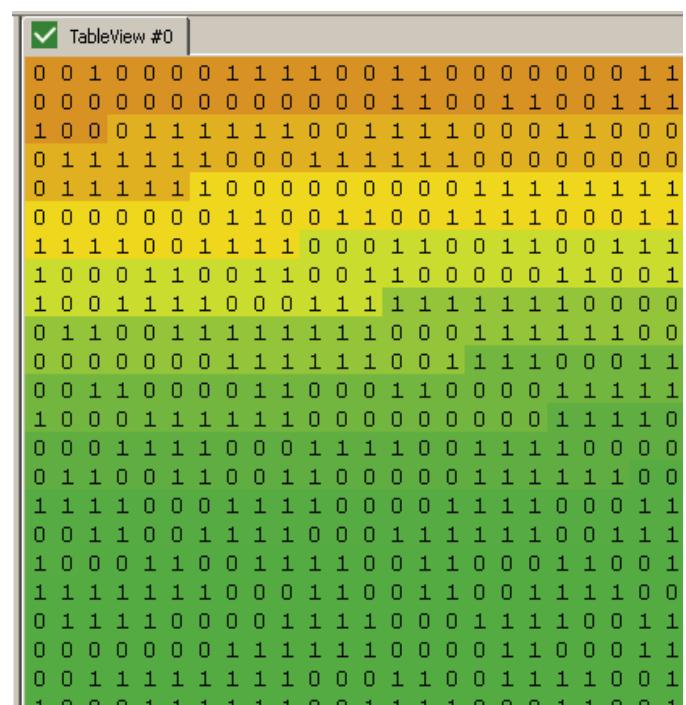


BILD 1 Beispiel für eine Systemkonfiguration, mit der der Anwender Signale bis auf Bitstromebene analysieren kann.



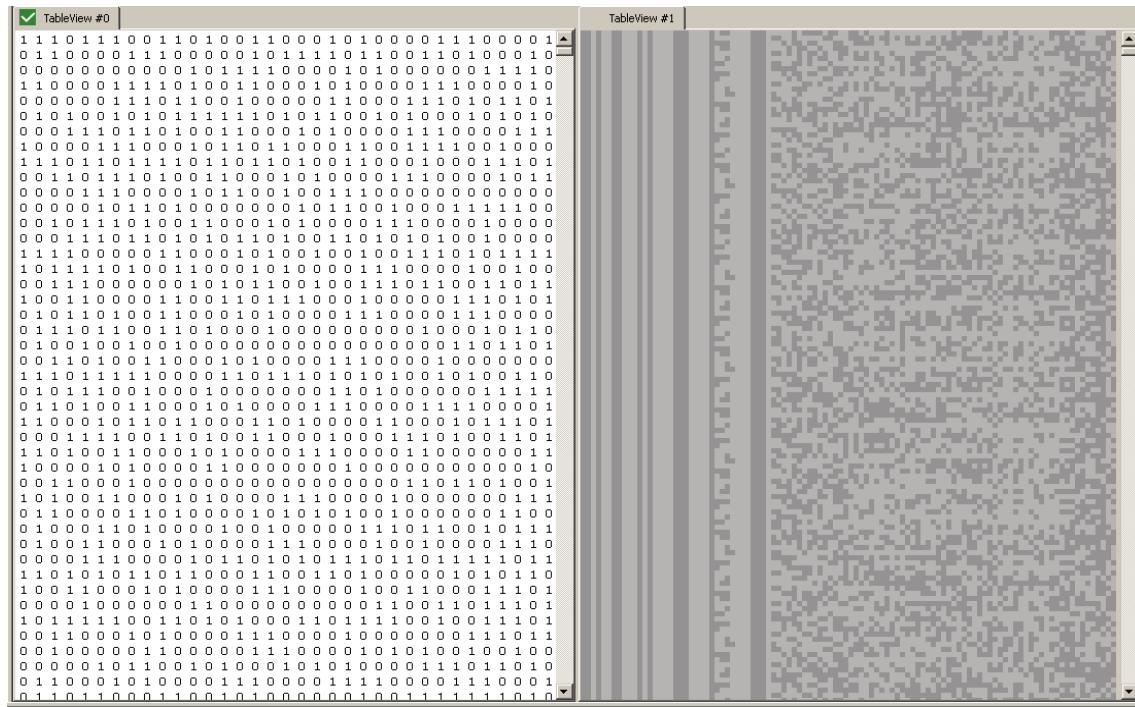
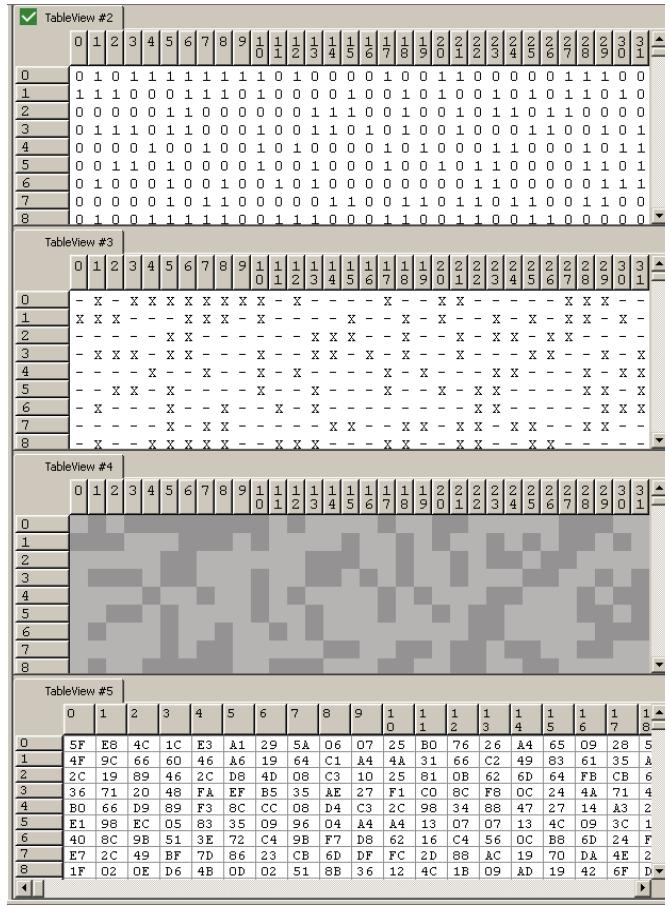


BILD 3 Beide Darstellungen zeigen den gleichen Bitstrom. Dank der speziellen Aufbereitung durch die Software R&S®CA250 kann man in der rechten Hälfte jedoch leicht die Rahmenstruktur erkennen.

BILD 4 Verschiedene Darstellungsmöglichkeiten erleichtern das Erkennen von Strukturmerkmalen.



Trickreich: Bearbeiten von Rahmenstrukturen

Insgesamt stehen mehrere Darstellungsformen zur Verfügung, um Strukturmerkmale besser erkennen zu können (BILD 4). Für alle Darstellungen können optional Gitternetzlinien und Zeilen- bzw. Spaltenbeschriftungen zugeschaltet werden.

Diese erste Sichtung kann natürlich keine fundierte technische Analyse ersetzen, sie vermittelt lediglich eine grobe Vorstellung über die Struktur und Komplexität des Datenstroms.

Für die umfassende Analyse von Rahmenstrukturen stehen folgende Algorithmen zur Verfügung:

- Auto- und Kreuzkorrelation
- Tsallis-Entropie-Analyse
- Maurer-Test
- Chi-Quadrat-Analyse
- Konfigurierbare Mustersuche (mit Analyse von Periodizitäten gefundener Muster)

Basierend auf den Erkenntnissen der Strukturanalyse kann der Inhalt des Rahmens extrahiert werden. Auch dafür bietet die Software R&S®CA250 alle erforderlichen Werkzeuge wie Demultiplexer und Multiplexer sowie intuitiv bedienbare Mittel zum Löschen von Anteilen, die keine Dateninhalte repräsentieren.

Herausforderung: Analyse von Kanalcodierungen

Eine weitere große Herausforderung bei der Bitstromanalyse ist das Erkennen und Bearbeiten von Kanalcodierungen. Viele dieser Verfahren wie beispielsweise Faltungs- oder Blockcodes treten oft als sogenannte nicht-systematische Codierungen auf. Im Gegensatz zu systematischen Kanalcodierungen, bei denen die Nutzdaten klar von der Prüfsumme abgegrenzt sind, ist bei nicht-systematischen Codierungen diese Zuordnung nicht mehr durchführbar, weil die Nutzdaten mit ihren Prüfsummen verrechnet sind.

Während bei systematischen Codes die Nutzdaten auch ohne Decodieren durch einfaches Abtrennen der Prüfsumme erkennbar sind, muss bei nicht-systematischen Codes stets decodiert werden. Dementsprechend wichtig sind Algorithmen zum automatischen Erkennen der Kanalcodierung, um den passenden Decoder anwenden zu können. Die Software R&S®CA250 erkennt automatisch Faltungs-, Reed-Solomon-, BCH- und Hamming- sowie CRC-Codes.

Über die Art der Kanalcodierung hinaus liefert der automatische Algorithmus im Beispiel der Faltungscodeanalyse auch die Coderate, die Generatorpolynome und eventuelle Punktierungsmuster (BILD 5). Selbstverständlich hat die Software R&S®CA250 zu jedem Analysealgorithmus auch den passenden Decoder. Und die im Zusammenhang mit Kanalcodierungen häufig verwendeten Interleaver deckt sie mit einem breiten Spektrum verschiedener Typen ab.

Ein weiterer Mechanismus, der häufig Anwendung in der Datenübertragung findet, ist das Scrambling, bei dem die Datenfolge mit einer Pseudo-Zufallsfolge überlagert wird. Diese Pseudo-Zufallsfolgen, die meist mit linearen rückgekoppelten Schieberegistern erzeugt werden, erleichtern die Taktrückgewinnung und sorgen für ein gleichmäßigeres Spektrum. Auf den ersten Blick erscheinen solche Bitströme wie Zufallsfolgen. Dank effizienter Algorithmen kann die Software R&S®CA250 die verwendeten Scramblerpolynome automatisch erkennen. Nach erfolgreicher Identifizierung des verwendeten Scramblers gewährleisten passende Descrambler die Fortsetzung des Analyseprozesses.

Umfangreich: Werkzeuge zur Quellendecodierung

Der Anwendungsbereich der Software R&S®CA250 erstreckt sich nicht allein auf die Kanaldecodierung, sondern beinhaltet auch die Analyse der Quellencodierungen. Zur Darstellung der ursprünglichen Nachricht in Text- oder Audioform leistet eine umfangreiche Palette an Werkzeugen Hilfestellung. Textdaten können mittels ASCII-, ITA-Alphabet-Code, Huffmann-Code und zahlreichen anderen Verfahren decodiert werden.

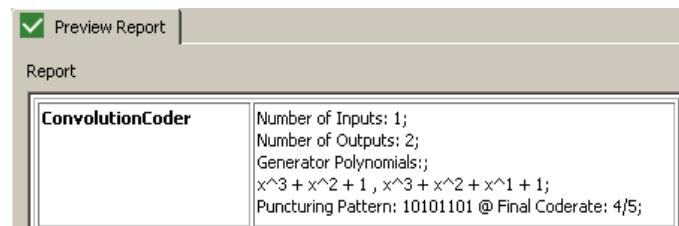


BILD 5 Der automatische Algorithmus liefert z. B. bei Faltungscodes auch die Coderate, die Generatorpolynome und eventuelle Punktierungsmuster.

Zur Rückgewinnung digital übertragener Sprache stehen folgende Codecs zur Verfügung:

- A-law / μ -law (nach ITU G.711)
- ADPCM (nach ITU G.726)
- LD-CELP (nach ITU G.728)
- CVSD (nach STANAG 4209)
- LPC-10 (nach STANAG 4198)
- MELP (nach MIL-STD-3005)

Erweiterbar: Skript- und Programmierschnittstellen

Da moderne Übertragungsverfahren üblicherweise mehrere Kanalcodierungsmechanismen ineinander verschachteln, bedarf es zu einer erfolgreichen Aufklärung vieler Analyse- und Decodierschritte. Der Anwender muss sich diese Abfolgen jedoch nicht merken, denn die Software R&S®CA250 protokolliert lückenlos alle Operationen sowie deren Parameter, sodass er sich ganz auf die Analyse der jeweiligen Kanalcodierungsschicht konzentrieren kann.

Um wiederkehrende Analyseaufgaben automatisiert abzuarbeiten, bietet die R&S®CA250 eine Skript-Schnittstelle, die auf der Skriptsprache Python basiert. Damit können Abfolgen von Analyseaufgaben – insbesondere iterativer Art – einfach und schnell eingegeben werden. Eine klar strukturierte C++-Programmierschnittstelle erlaubt es dem Anwender, selbst entwickelte Algorithmen und Decoder unkompliziert in die Software R&S®CA250 zu integrieren.

Fazit

Mit den weltweit einzigartigen Analysemöglichkeiten, der Vielzahl an Decodern und der intuitiven Bedienbarkeit ist die Bitstromanalyse-Software R&S®CA250 ein unverzichtbares Werkzeug in der Funkerfassung, da sie dem Anwender hilft, auch bei stark belegtem Frequenzspektrum den Überblick zu behalten.

Jörg Biedermann



Premiere für Rohde & Schwarz-Messestand

Zur Münchener Elektronikfachmesse electronica hat Rohde & Schwarz sein neues Mesekonzept der Öffentlichkeit präsentiert. Das modulare Standsystem wurde mit dem Ziel entwickelt, kostengünstig, flexibel und funktional zu sein. Die Produkte werden in übersichtlicher, applikationsorientierter Weise präsentiert und Highlights hervorgehoben.

Neue Farben, klare Formen und viel Licht für den neuen Messestand.

Rodenstock beauftragt Rohde & Schwarz

Das Rohde & Schwarz-Werk in Teisnach hat einen Großauftrag von Rodenstock erhalten. Das Werk konstruiert und fertigt das Service-Terminal ImpressionIST® Avantgarde des größten deutschen Brillenherstellers. Das Gerät liefert Augenoptikern genaueste Messdaten, um Kunden dank individuell angepasster Brillengläser maximalen Komfort zu bieten. Die Auslieferung ist bis Ende 2009 geplant.

Rohde & Schwarz China kooperiert mit Signalion

Rohde & Schwarz hat mit Signalion ein Vertriebsabkommen für deren LTE-Endgerätesimulator geschlossen. Der Simulator dient zum Testen von LTE-Basisstationen in China, auch eNodeB (eNB) genannt. Im Rahmen des Abkommens ist Rohde & Schwarz China ebenfalls verantwortlich für den technischen Support sowie für die Wartung und Instandsetzung des Signalion-Simulators vor Ort. Diese Kooperation soll die LTE-Technologie-Entwicklung in China voranbringen.

Rohde & Schwarz hat die ersten Testlösungen für LTE-FDD- und TD-LTE-Signalerzeugung und -analyse geliefert. Darüber hinaus war Rohde & Schwarz der erste Hersteller, der LTE-Protokolltestlösungen für die Entwicklung von mobilen Endgeräten angeboten hat.

Rohde & Schwarz entwickelt SDR-Grundgerät für die Bundeswehr

Das Bundesamt für Informationsmanagement und Informationstechnik der Bundeswehr hat Rohde & Schwarz mit der Entwicklung eines SDR-Grundgeräts (SDR: Software Defined Radio) für die streitkräftegemeinsame, verbundfähige Funkgeräteausstattung (SVFuA) beauftragt. Die SVFuA ist die Basis für die künftigen, softwaredefinierten Funkgerätegenerationen der Bundeswehr. Ziel des Projekts ist neben der Entwicklung des Grundgeräts auch der Nachweis, dass es in Serie gefertigt werden kann. Die SVFuA beinhaltet die Schlüsseltechnologie für die Führungsfähigkeit moderner Streitkräfte. Dieses System wird einen entscheidenden Beitrag zum Einsatz der Bundeswehr in einem streitkräftegemeinsamen, interoperablen Informationsverbund leisten.



Bei der Vertragsunterzeichnung (von links): Brigadier General Klaus Veit, Vizepräsident IT-Amt der Bundeswehr, Herbert Rewitzer, Leiter des Geschäftsbereichs Funkkommunikationssysteme bei Rohde & Schwarz; Wulf Sellmer, IT-Amt der Bundeswehr.

Neuer Managing Director bei Rohde&Schwarz Japan

Seit 1. Januar 2009 steht die Niederlassung Japan unter neuer Leitung von Managing Director Nobuhiro Kasai. Der Neueinsteiger bei Rohde&Schwarz löst damit Akihiro Yoshimura ab, der zum 1. April 2009 in den Ruhestand ging. Er führte bis Anfang Januar gemeinsam mit Günther Loll die Geschäfte. Rohde&Schwarz Japan besteht seit 2003 als eigenständige Niederlassung. Seither ist der Marktanteil und die Markenbekanntheit stetig gestiegen.



Nobuhiro Kasai leitet seit dem 1. Januar 2009 die Rohde&Schwarz-Niederlassung in Japan.

Kommunikationssysteme für die Königlich-Niederländische Marine

Rohde&Schwarz wurde von der Dutch Defence Materiel Organisation (DMO) beauftragt, vier integrierte interne und externe Kommunikationssysteme zu liefern. Diese sind für die neu gebauten Patrouillenboote der Königlich-Niederländischen Marine bestimmt. Jedes System besteht aus einem integrierten Funkintercomsystem (IRIS), einem Modem und Krypto-Subsystem sowie jeweils einem MF- / HF- bzw. VHF- / UHF-Sender- und -Empfängersystem.

HF-Funkgeräteserie erhält Zertifizierung der IAC in Moskau

Die Funkgeräte der R&S®Serie 2000 wurden von der russischen Zulassungsbehörde Interstate Aviation Committee (IAC), Moskau, für den terrestrischen Flugsicherungsbetrieb im Kurzwellenbereich erprobt und zertifiziert. Dies gilt für alle Leistungsklassen 150 W, 500 W und 1000 W und die damit verbundenen Sende- / Empfangsanlagen. Zertifiziert wurden auch die Antennenanpassgeräte, die Fernbedieneinheit und die Bedieneinheit für abgesetzten Sende- / Empfangsbetrieb (split-site controller). Damit dürfen die Geräte auf zivilen Flughäfen, zum Beispiel zur Überwachung und Kontrolle der Flugrouten u.a. in arktischen Regionen, eingesetzt werden.

Memorandum of Understanding mit KT Freetel

Rohde&Schwarz System&Communication Asia in Singapur hat eine Vereinbarung mit KT Freetel (KTF), Koreas größtem 3G-Betreiber, unterzeichnet. Ziel dieser engen Zusammenarbeit ist es, die IOT-Testspezifikation (IOT: InterOperability Testing) zu definieren. Die IOT-Spezifikation ist Basis für die Technologie und die Applikationen der nächsten Mobilfunk-Generation in Korea. Rohde&Schwarz will dabei eine Schnittstelle zwischen Protokolltester und den Testfällen von KT Freetel entwickeln. KT Freetel ist dann verantwortlich für die Validierung aller finalen Releases für die entsprechenden IOT-Testszenarien.

Mobile Air Traffic Control Tower für Australien

Rohde&Schwarz (Australia) Pty Ltd und das Ground Telecommunications Equipment Systems Program Office (GTESPO) haben einen Vertrag unterzeichnet. Darin ist die Lieferung von drei transportablen Flugsicherungs-Tower für den Flugbetrieb der australischen Luftwaffe vereinbart. Die Tower stehen für den lokalen wie auch internationalen „Out-of-area“-Einsatz bei Naturkatastrophen oder anderen humanitären Hilfsaktionen bereit.

Der Air Traffic Control Tower R&S®MX400 für die australische Luftwaffe.



Unwiderstehlich – TV-Senderfamilie R&S®SCx8000

Ultra-kompakt, energieeffizient, vielfältig konfigurierbar und wirtschaftlich auf der ganzen Linie überzeugend: In den neuen UHF-TV-Sendern R&S®SCx8000 hat Rohde & Schwarz alle Merkmale versammelt, die ein Netzbetreiber schätzt – und bei keinem anderen Sender dieser Leistungsklasse findet:

- Kompakteste und energieeffizienteste Sender ihrer Klasse (DVB-T bis 600 W, ATSC bis 900 W, ATV bis 1,4 kW)
- Innovative Redundanzkonzepte für höchste Betriebssicherheit bei kleinstem Aufwand
- Multistandardfähig, für DVB-T, DVB-H, ATSC, ATSC Mobile DTV, MediaFLOT™ und ATV, einfache Umschaltung von ATV nach DTV
- Ideal für Outdoor-Applikationen

Die Sender R&S®SCx8000 bieten qualitativ alles, wofür der Name Rohde & Schwarz steht. Und auch für den Preis gilt: unwiderstehlich.

www.rohde-schwarz.com/ad/scx8000



Driving Efficiency in Broadcasting