

NEUES

197/08



ROHDE & SCHWARZ



Garantiert verschwiegen:

Kryptogerät mit einer der sichersten heute verfügbaren Sprachverschlüsselungen für Mobiltelefone

ALLGEMEINE MESSTECHNIK

Schnellster und genauester Mittelklasse-Signalanalysator mit 40 MHz Analysebandbreite

EMV / FELDSTÄRKE

Für kleine Budgets: Störmessempfänger und zugleich vollwertiger Spektrumanalysator

FUNKÜBERWACHUNG / -ORTUNG

Präziser Funkpeiler mit umfangreichen Mess- und Analysefunktionen

Impressum

Herausgeber: Rohde&Schwarz GmbH&Co. KG
Mühldorfstraße 15 · 81671 München
Postfach 801469 · 81614 München
Support-Center: Tel. (018 05) 12 42 42
E-Mail: customersupport@rohde-schwarz.com
Fax (089) 41 29-137 77

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

Fotos: Rohde&Schwarz

Printed in Germany

48. Jahrgang; Auflage 80 000 (deutsch, englisch, französisch,
spanisch 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 5214.0682.71

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.

Titelthema

Rohde&Schwarz gehört zu den weltweit führenden Anbietern von Hochsicherheits-Kryptografie-Lösungen. Die kryptografischen Verfahren der Produktfamilie TopSec entsprechen höchsten Sicherheitsanforderungen und haben sich in allen Einsatzfällen zur vertrau-



lichen Kommunikation bewährt. Dies gilt sowohl für sichere Video-, Daten- und Fax-Kommunikation als auch für sichere Sprachkommunikation. Das neue TopSec Mobile, das flexibelste und kompakteste heute zur Verfügung stehende Sprachverschlüsselungsgerät für die Mobilkommunikation, kann über eine Bluetooth®-Schnittstelle mit handelsüblichen Mobiltelefonen verbunden werden und ermöglicht so eine weltweit verfügbare, abhörsichere Kommunikation (Seite 56).

Inhalt



Der Universal Radio Network Analyzer R&S®TSMW ist ein Hochleistungs-Mobilfunk-Scanner zum Optimieren aller gängigen Mobilfunknetze (S. 6).

WIRELESS-TECHNOLOGIEN

Versorgungs-Messsysteme

Mobilfunk-Scanner mit zwei Empfangszügen und digitaler I/Q-Datenschnittstelle **6**

Erste umfassende Drive-Test-Lösung für WiMAX-Mobilfunknetze **9**

Messzellen

Frühzeitiges Verifizieren der Luftschnittstelle von Mobilfunk-Endgeräten **12**

Funkmessplätze

Vielseitige und präzise Signale für die Fertigung mobiler Endgeräte **15**

ALLGEMEINE MESSTECHNIK

Signalanalytoren

Schnellster und genauester Mittelklasse-Signalanalysator **18**



In nahezu allen Eigenschaften ist der Signalanalysator R&S®FSV etablierten Geräten seiner Klasse überlegen und bietet als einziger Analysebandbreiten bis 40 MHz – und einen Touchscreen (S. 18).

Signalgeneratoren

Neue Funktionen für den Mikrowellen-Signalgenerator R&S®SMF100A **24**

Testsysteme

Schalt- und Steuerplattform R&S®OSP: vielseitiger durch neue Erweiterungen **27**

Audioanalytoren

Schnittstellenkarte für modernste Datenformate zum Audioanalysator R&S®UPV **30**



Der neue EMV-Messempfänger R&S®ESL vereint zwei Geräte in einem: Er misst EMV-Störungen nach dem neuesten Stand der Normung und ist zudem ein vollwertiger Spektralanalysator für vielfältige Laboranwendungen – das ideale Gerät für kleine Budgets (S. 40).

EMV / FELDSTÄRKE

Referenz

Auf modernstem Stand: EMV-Testzentrum der Bundeswehr... **34**

Messempfänger

Kostengünstiger EMV-Messempfänger für das Entwicklungslabor **40**



Der digitale Video-Signalgenerator R&S®DVSG bietet die derzeit größte Vielfalt an Schnittstellen und Testsignalen in nur einem Gerät. Er generiert sowohl analoge als auch digitale Video- und Audiosignale und enthält einen MPEG-2-Transportstrom-Recorder und -Player (S. 46).

RUNDFUNK

Signalgeneratoren

Digitaler Video-Signalgenerator für den Test moderner Anzeigegeräte..... **46**

Fernsehsender

Prompt am Markt:
Fernsehsender für den brasilianischen Standard ISDB-T_b..... **50**

Hörfunksender

Kleinleistungssender R&S®SLA8000 – das Energiebündel für DAB / T-DMB .. **53**



Der kompakte Kleinleistungssender R&S®SLA8000 ist ideal für die Optimierung von DAB- und T-DMB-Netzen (S. 53).

SICHERE KOMMUNIKATION

Eine der sichersten verfügbaren Sprachverschlüsselungen für Mobiltelefone **56**

FUNKÜBERWACHUNG / -ORTUNG

Peiler

Digitaler Funkpeiler DDF®255 mit Mess- und Analysefunktionen **64**



Der Clou am digitalen Funkpeiler DDF®255: Er ist ein präziser Funkpeiler nach dem Prinzip des korrelativen Interferometers, der auch über umfangreiche leistungsfähige Mess- und Analysefunktionen verfügt (S. 64).

WEITERE RUBRIKEN

Impressum **2**
Kurznachrichten..... **71**

Mobilfunk-Scanner mit zwei Empfangszügen und digitaler I/Q-Datenschnittstelle

Der neue Universal Radio Network Analyzer R&S®TSMW ist ein Hochleistungs-Mobilfunk-Scanner zum Optimieren aller gängigen Mobilfunknetze. Er wurde speziell für Einsätze entwickelt, bei denen digitale Basisbanddaten schnell erfasst und analysiert werden müssen. Seine beiden hochempfindlichen Empfangszüge für beliebige Eingangsfrequenzen zwischen 30 MHz und 6 GHz sind Garant für höchste Leistungsfähigkeit.



Kompakte, zukunftssichere Plattform für mobile Basisbandmessungen

Der neue Universal Radio Network Analyzer R&S®TSMW (BILD 1) ist eine vielseitig und leistungsfähige Plattform zum Messen digitaler Basisbanddaten über die Luftschnittstelle im mobilen Einsatz. Neben der Anwendung als Mobilfunk-Scanner, gemeinsam mit der Mess-Software R&S®ROMES, kann der R&S®TSMW mit einer leistungsfähigen digitalen I/Q-Datenschnittstelle zum direkten Messen von Basisbanddaten ausgestattet werden (Option R&S®TSMW-K1). Damit eröffnet sich ein ganzes Spektrum an anwenderspezifischen Einsatzmöglichkeiten in der Messtechnik.

Angesteuert wird der Scanner via Gigabit-Ethernet von einem Host-PC mit Windows XP®. Die digitale I/Q-Datenschnittstelle ist als universelle und leistungsfähige Software-Schnittstelle durch eine C++-DLL realisiert. Einfache Funktionen ermöglichen beispielsweise das Starten parametrisierter Messungen oder das Abholen von Messdaten in verschiedenen Formaten. Zusätzlich beinhaltet die Option auch ein gleichwertiges MATLAB™-Interface. Damit eröffnen sich fast unbegrenzte Möglichkeiten zum Analysieren der gemessenen Basisbanddaten oder auch zum schnellen und einfachen Entwickeln von Signalverarbeitungsalgorithmen, die dann ohne nennenswerten Aufwand zum Erzielen höherer Performance nach C++ portiert werden können. Ein anderes Anwendungsgebiet sind Messungen zum Kalibrieren von Tools für die Funknetzplanung.

Eine Übersichtstabelle mit den verschiedenen Mobilfunk-Scannern von Rohde&Schwarz befindet sich auf Seite 9. Dort wird auch in einem weiteren Artikel eine komplette Testlösung für WiMAX vorgestellt: der R&S®TSMW zusammen mit der Software R&S®ROMES.

Kern des R&S®TSMW ist ein FPGA-Board, das über eine Compact-Flash-Karte konfiguriert wird. Diese zukunftssichere SDR-Technologie (Software Defined Radio) ermöglicht eine Vielzahl von Anwendungen und sichert dieser vielseitigen Plattform die Basis für Weiterentwicklungen.

Zwei unabhängige Empfängerkanäle mit je 20 MHz Bandbreite

Auf der HF-Seite ist der R&S®TSMW mit zwei hochempfindliche Empfangszügen mit jeweils 20 MHz Bandbreite und einer Vorselektion ausgestattet. Damit sind sowohl unabhängige Messungen auf verschiedenen Mittenfrequenzen als auch synchronisierte Messungen auf der gleichen Mittenfrequenz möglich. Die integrierte Vorselektion bietet ausreichend Schutz vor Intermodulationsprodukten und gewährleistet mit Vorverstärker und Eichleitung einen weiten Eingangspegelbereich. So erreicht der R&S®TSMW beispielsweise bei 3,5 GHz Mittenfrequenz in der höchsten Empfindlichkeitsstufe eine Rauschzahl von typ. 7 dB, kann aber auch bei sehr hohen Eingangsepegeln arbeiten.

Zeit- und frequenzsynchrone Messungen auch aus MATLAB™

Die Stärken des R&S®TSMW liegen nicht nur in seiner ausgezeichneten HF-Performance, sondern auch in der Vielseitigkeit, mit der die Messungen ausgeführt, getriggert und gefiltert werden können. Neben der Möglichkeit, die Empfänger intern über den eingebauten GPS-Empfänger bzw. extern frequenzsynchron zu einer 10-MHz-Quelle zu betreiben, kann er auch zeitsynchrone Messungen durchführen. Über interne I/Q-Takt-Zähler werden die gemessenen Basisbanddaten mit einem Zeitstempel versehen. Ist ein periodisch auftretendes Signal wie beispielsweise ein WiMAX-Downlink-Burst einmal erfasst und der Startzeitpunkt des Bursts sowie die Periodendauer ermittelt, kann einer der nächsten Downlink-Bursts taktgenau erfasst werden, indem man einfach eine Messung an dessen Startzeitpunkt auslöst. Solche Messungen sind selbst aus einer sonst kaum echtzeitfähigen Umgebung wie

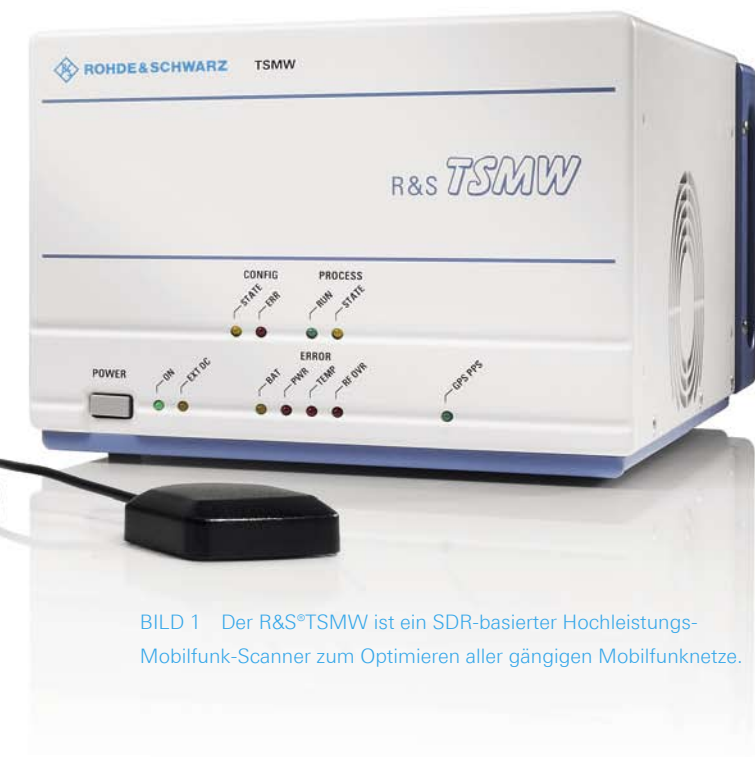


BILD 1 Der R&S®TSMW ist ein SDR-basierter Hochleistungs-Mobilfunk-Scanner zum Optimieren aller gängigen Mobilfunknetze.

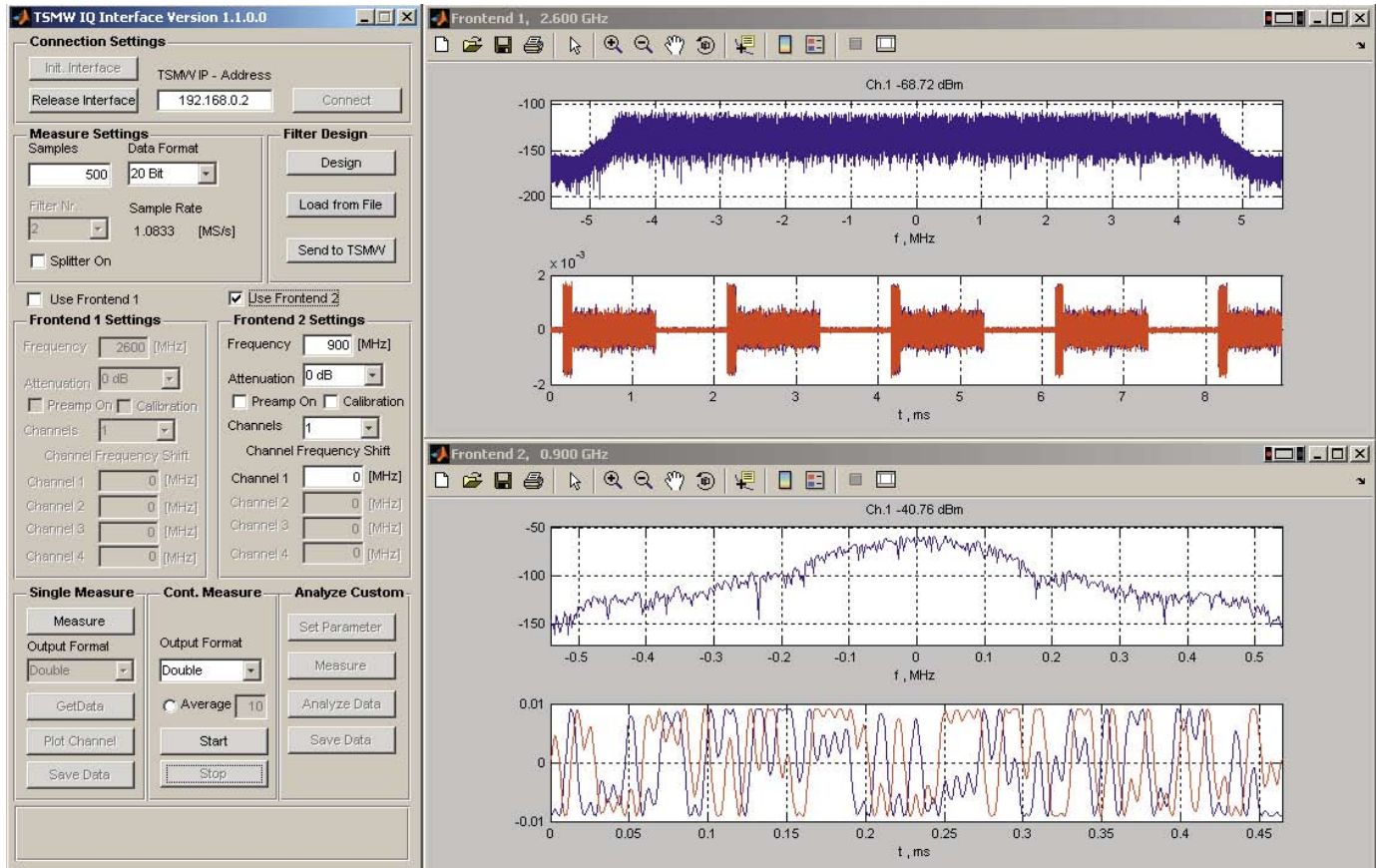


BILD 2 Beispiel-Applikation in MATLAB™ für die I/Q-Datenschnittstelle zum R&S®TSMW: Messung eines 10-MHz-WiMAX-Signals bei einer Abtast-rate von 11,2 Msamples/s mit Empfänger 1 sowie eines GSM-Signals bei 1,0833 Msamples/s mit Empfänger 2 (jeweils mit entsprechender Filterung und Abtastratenreduktion).

MATLAB™ möglich. Falls für den Start einer Messung auf dem steuernden Host-PC keine exakte Zeitinformation vorhanden ist und stattdessen ein Triggerimpuls am Trigger-Eingang des R&S®TSMW anliegt, kann dieser Impuls direkt aus MATLAB™ oder über die entsprechende C++-Funktion eine Messung anstoßen.

Große Streaming-Bandbreite durch Gigabit-Ethernet und Datenkompression

Zum Minimieren der Übertragungsraten und um auch mit einem Notebook hohe Messraten zu erzielen, sind die Messdaten vor der Übertragung zum Host-PC in Blöcke von wahlweise $2 \times 8 / 12 / 16 / 20$ bit pro komplexem I/Q-Abtastwert komprimierbar. Damit sind Messungen alternativ für maximalen Dynamikbereich oder für maximale Messrate konfigurierbar. Letzteres ist besonders für Anwendungen wichtig, bei denen I/Q-Daten über mehrere Minuten oder sogar Stunden aufgezeichnet werden müssen. Bei einer Abtastrate von beispielsweise 5 Msamples/s und 2×8 bit pro Abtastwert fallen somit nur etwa 80 Mbit/s an Messdaten an, ein Wert, den eine Gigabit-Ethernet-Schnittstelle noch gut bewältigen kann.

GPS-Empfänger mit hoher Empfindlichkeit

Im R&S®TSMW ist ein hochempfindlicher GPS-Empfänger eingebaut, der ebenfalls einfach über die C++-Schnittstelle oder über MATLAB™ angesprochen werden kann. Außer zur Bestimmung der Position sind die gewonnenen GPS-Informationen auch zur Frequenz- und Zeitsynchronisation einsetzbar. Die natürliche Abweichung der lokalen Oszillatoren in den Empfängern des R&S®TSMW von denen in den Mobilfunksendern lässt sich damit deutlich reduzieren und vereinfacht und beschleunigt die Synchronisation mit dem Mobilfunknetz.

Kompakte Bauform und flexible Stromversorgung

Trotz der Vielfältigkeit des R&S®TSMW ist es gelungen, das Gerät für mobile Anwendungen kompakt zu gestalten. Der große Eingangsspannungsbereich von 9 V bis 18 V DC erlaubt den Betrieb in Fahrzeugen. Für Batteriebetrieb lässt sich die Gesamtleistungsaufnahme von ca. 70 W deutlich senken: ein optionaler Betriebsmodus aktiviert nur einen der Empfängerzüge.

Dr. Markus Herdin

Erste umfassende Drive-Test-Lösung für WiMAX-Mobilfunknetze

Die ausgefeilte Mess-Software R&S®ROMES ist in allen Mobilfunkstandards zu Hause und kann die Messdaten verschiedenster Sensoren, z. B. von Mobilfunk-Scannern, Test-Mobiltelefonen, Datenkarten und GPS-Empfängern aufnehmen, zusammenführen und auswerten. Zusammen mit dem Universal Radio Network Analyzer R&S®TSMW ist das die erste umfassende Testlösung für den Standard WiMAX auf dem Markt.

Vielseitige Software-Plattform R&S®ROMES

Die Mess-Software R&S®ROMES kann mit entsprechenden Sensoren, z. B. mit WiMAX-Trace-Datenkarten, Netzparameter anzeigen, speichern und auswerten. Sie eröffnet dem Anwender Einblick in den PHY-Layer mit wichtigen Informationen wie RSSI, CINR und der Sendeleistung. Darüber hinaus können Messdaten von bis zu acht Nachbarzellen miteinander verglichen werden. Somit lässt sich überprüfen, ob tatsächlich immer die Basisstation mit der höchsten Empfangsqualität verwendet wird. Bei einem fehlerhaften Zellen-Handover kann es zu einem Verbindungsabbruch kommen. Hier hilft der Layer-3-Decoder der Software, der sowohl Einblick in die MAC- als auch in die IP-Ebene gewährt. Das integrierte Filter hilft, schnell bestimmte Protokollnachrichten zu finden oder z. B. uninteressante Nachrichten auszublenden. Zusammen mit der Coupled-Focus-Funktion in R&S®ROMES können so beliebige Punkte in einer Messfahrt ausgewählt und alle Messergebnisse mit identischem Zeitstempel visualisiert werden. Die Kartendarstellung ermöglicht komfortabel das Selektieren von beispielsweise Messgebieten mit geringer Versorgung. Die Karte präsentiert alle gemessenen Parameter in unterschiedlichen Schichten. Somit ist die (begrenzte) Sicht eines Mobiltelefons oder einer Datenkarte mit der (umfassenden) Sicht des Scanners bequem vergleichbar, was Rückschlüsse auf Anwenderprobleme im Netz zulässt.

Auf die QoS kommt es an

R&S®ROMES kann über die physikalischen Parameter hinaus auch die Netzqualität und die Performance messen. Die Option Data Quality Analyzer (DQA) erzeugt mittels einer Jobliste Datenverkehr (FTP, HTTP, PING, UDP, E-Mail) und ermittelt Parameter wie die effektive Datentransferrate, die Round Trip Time (RTT) oder die Setup Connection Time. Diese Parameter werden in sog. KPIs (Key Performance Indicator) zusammengefasst, das Messergebnis also auf das Wichtigste reduziert. Der DQA misst darüber hinaus den effektiven Datendurchsatz auf Anwendungsebene. Ist dieser geringer als erwartet, deutet das auf eventuellen Optimierungsbedarf hin. Mögliche Ursachen können zum Beispiel ein schlechtes CINR, ein niederwertiges Modulationsverfahren (QPSK statt 64QAM, trotz hohem CINR) oder ein Konfigurationsproblem in der betreffenden Basisstation sein. Mit Hilfe der zahlreichen Views der Mess-Software R&S®ROMES lassen sich alle diese Möglichkeiten optimal überprüfen.

	R&S®TSML-x	R&S®TSMU	R&S®TSMQ	R&S®TSMW
Frequenzbereich	80 MHz bis 3 GHz 80 MHz bis 6 GHz (R&S®TSML-CW)	80 MHz bis 3 GHz	80 MHz bis 3 GHz	30 MHz bis 6 GHz
Standard	GSM, WCDMA, CDMA2000®, EVDO, CW, Spektrum	GSM, WCDMA, CDMA2000®, EVDO, CW, Spektrum	GSM, WCDMA, CDMA2000®, EVDO, CW, Spektrum	WiMAX, digitale I/Q-Datenschnittstelle
Eigenschaften	Jeweils ein Standard	Alle Standards, jeweils einer	Alle Standards gleichzeitig (Ausnahme CW)	Alle Standards gleichzeitig

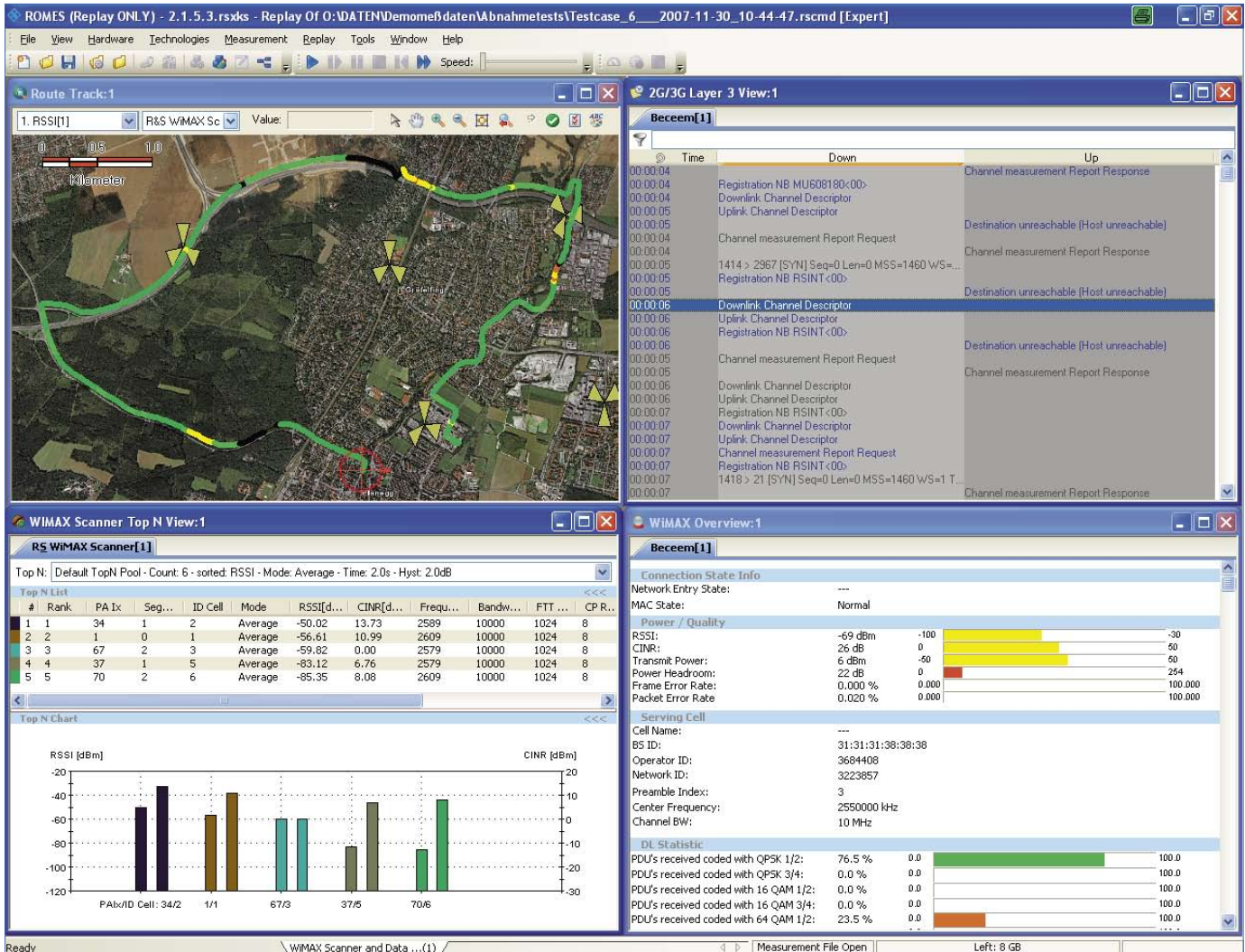
Die verschiedenen Mobilfunk-Scanner von Rohde & Schwarz im Vergleich

Detektieren, was Mobiltelefone nicht „sehen“

Ein besonders leistungsfähiges Duo für WiMAX-Messungen ist die Mess-Software R&S®ROMES zusammen mit dem Mobile Radio Network Analyzer R&S®TSMW (siehe auch Seite 6). Die WiMAX-Scanner-Option R&S®TSMW-K28 ermöglicht die detaillierte Analyse dessen, was tatsächlich auf der Luftschnittstelle passiert. Während ein Mobiltelefon Nachbarschaftsinformationen normalerweise nur aus den Broadcast-Kanälen der aktiven Basisstation erfährt, gibt es diese Beschränkung für den Scanner nicht. Er detektiert jedes tatsächlich vorhandene WiMAX-Signal mit einer Empfindlichkeit, die deutlich unter dem Rauschpegel liegt. Damit lässt sich nicht nur die Nachbarschaftsinformation überprüfen, er identifiziert auch als Störer wirkende Signale von entfernten Basisstationen. Die Bandbreite von 20 MHz der beiden Empfangszüge im R&S®TSMW bieten die Möglichkeit, mit allen gängigen WiMAX-Bandbreiten zu arbeiten.

Der Scanner detektiert neben den Grundparametern wie FFT-Größe, Cyclic-Prefix-Länge und Frame-Rate auch die Preamble ID und die ID Cell sowie die verwendeten Segmente im WiMAX-Signal und berechnet gleichzeitig RSSI und CINR, basierend auf der Preamble. Damit erhält man auf komfortable Weise einen Überblick über die tatsächliche Situation auf der Luftschnittstelle. Fehlkonfigurationen im Netz, beispielsweise doppelt verwendete Preamble-IDs auf der selben Mittenfrequenz in benachbarten Zellen, unterschiedliche Cyclic-Prefix-Längen oder unerwartet schlechte CINR-Werte trotz hohen RSSI, werden damit sofort erkannt.

BILD 1 Auswerten von WiMAX-Datenkarten mit der Mess-Software R&S®ROMES. Rechts oben MAC- und IP-Nachrichten, rechts unten WiMAX-Parameter-Übersicht und WiMAX-Scanner-Daten (links unten). Der Aufzeichnung der Route wird für die Zuordnung der Messwerte genutzt.



Hohe Empfindlichkeit bei großer Störfestigkeit

Empfindlichkeit, Messdynamik und Scangeschwindigkeit sind die Schlüsselparameter eines Mobilfunkscanners – Disziplinen, in denen der R&S®TSMW hervorragend abschneidet. Durch eine Rauschzahl von typ. 7 dB bei beispielsweise 3,5 GHz ist für hohe Empfindlichkeit gesorgt. Dabei muss aber nicht auf hohe Störfestigkeit verzichtet werden. Die integrierte Vorselektion dämpft Störer außerhalb des Empfangsbandes ausreichend und schützt vor ungewollten Intermodulationsprodukten.

Um eine hohe Scangeschwindigkeit zu erreichen, wurde der R&S®TSMW mit zwei leistungsfähigen Empfängern ausgestattet. Dadurch ist gleichzeitiges Scannen und Demodulieren auf verschiedenen Mittenfrequenzen möglich. Durch die geringe Umschaltzeit von <5 ms zwischen verschiedenen Mittenfrequenzen ist sogar das quasi-parallele Empfangen auf beliebig vielen Trägern im gesamten Frequenzbereich von 30 MHz bis 6 GHz möglich. Das sehr gute Phasenrauschen der Empfangszüge im R&S®TSMW, gepaart mit ausgereifter Signalverarbeitung, sorgen dabei für eine konkurrenzlose Messdynamik.

Eine Plattform für alle Technologien

Die WiMAX-Scanner-Option R&S®TSMW-K28 ist der erste für den R&S®TSMW verfügbare Mobilfunkstandard. Grundsätzlich ist der universelle Mobilfunkscanner für alle gängigen Standards konzipiert und kann jeden mit einer Bandbreite bis 20 MHz unterstützen. Dafür ist keine neue Hardware-Konfiguration nötig, denn dank seiner SDR-Architektur lassen sich aktuelle und künftige Standards wie z. B. LTE einfach per Software-Option auf dem Gerät installieren – Zukunftssicherheit ist also garantiert. Dabei ermöglicht der R&S®TSMW durch seine Multiplex-Fähigkeit auch das gleichzeitige Messen von zwei oder mehr Standards ohne wesentlichen Performanceverlust. Einen kleinen aber feinen Vorteil bietet hier auch der integrierte GPS-Empfänger, der sowohl für die Synchronisation über PPS als auch für die Positionsbestimmung der Basisstationen verwendet werden kann.

Rohde&Schwarz bietet mit dem Universal Radio Network Analyzer R&S®TSMW und der universellen Software-Plattform R&S®ROMES für Drive Tests somit als erster eine umfassende Lösung aus einem Guss für den Standard WiMAX an.

Dr. Markus Herdin; Stefan Schindler



Rückseite des Universal Radio Network Analyzers R&S®TSMW.

Die wichtigsten Abkürzungen

CINR	Carrier-to-Interference plus Noise Ratio
MAC	Medium Access Control
RSSI	Receiver Signal Strength Indicator
QoS	Quality Of Service
UDP	User Datagram Protocol

Wann wird ein Testmobiltelefon eingesetzt?

- Wenn der Zugriff auf Messdaten über das Trace-Interface ausreicht
- Bei verbindungsbezogenen Messungen:
 - Datendurchsatzmessungen
 - Verbindungsqualität
 - Soft- und Hard-Handover
 - Sprachqualität
 - Videoqualität
 - Detektion von Gesprächsabbrüchen
 - IP-Protokollanalyse
- Ende-zu-Ende-Test aus Kundensicht

Vorteile von Scannern

- Höhere Messgeschwindigkeit
- Hohe Messdynamik und Messempfindlichkeit
- Unabhängigkeit vom Mobilfunknetz
- Kann fehlende oder falsche Nachbarschaftseinträge aufspüren
- Einsatzbar für mehrere Anwendungen und mehrere Mobilfunknetze
- Messreferenz, da unabhängig von Chipsätzen
- Zukunftssicher, da einfach per Software-Optionen erweiterbar
- Belegt keine Netzressourcen
- Keine Betriebskosten, da keine SIM-Karte erforderlich

Frühzeitiges Verifizieren der Luftschnittstelle von Mobilfunk-Endgeräten

Die kompakte Testkammer R&S®R-Line bietet Mobilfunk-Herstellern die Möglichkeit, die gestrahlten HF-Eigenschaften von Endgeräten schon zu einem frühen Zeitpunkt der Entwicklung zuverlässig zu charakterisieren – und damit unangenehme Überraschungen bei den Zertifizierungsmessungen auszuschließen.

Kleine Absorberkammer für das Labor

Bei der Entwicklung von Mobilfunk-Endgeräten muss für die HF-Eigenschaften ein Optimum zwischen Reduzierung der Störstrahlung (RSE), geringer Spezifischer Absorptionsrate (SAR) und hochwertiger Antennencharakteristik (OTA) gefunden werden. Jeder Abgleich einer dieser Größen wirkt sich auch auf die anderen aus. Die exakte, reproduzierbare Messung von RSE und OTA belegt bisher wertvolle Messzeit in einer Absorberhalle.

Mit der neuen Testkammer R&S®R-Line (BILD 1) sind bereits während der Entwicklung effizient RSE- und OTA-Messungen durchführbar, ohne dass eine große Absorberhalle erforderlich ist. Die Testkammer passt ins Labor und erfordert keine besondere Infrastruktur oder bauliche Maßnahmen. Da sie auf Rollen steht, kann sie auch leicht an unterschiedlichen Orten zum Einsatz kommen. Mit den Abmessungen 1690 mm × 1560 mm × 2130 mm (B × T × H) ist die Kammer auf kompakte Maße optimiert, ohne in den Leistungsmerkmalen unvermeidbare Kompromisse einzugehen.

Messungen in einer Kammer bringen im Vergleich zu Messungen in einer Absorberhalle nur dann den gewünschten Nutzen hinsichtlich eingesparter Zeit, wenn die Ergebnisse ohne Weiteres mit denen in einer Halle vergleichbar sind. Nur so ist sichergestellt, dass es sich bei den Messungen während der Entwicklung nicht nur um Schätzungen handelt, die keine Voraussagen über die Messergebnisse in einer Halle erlauben. Gerade die gute Vergleichbarkeit ist einer der großen Vorteile der R&S®R-Line – und eine Voraussetzung dafür, dass ein Prüfling später erfolgreich zertifiziert werden kann, wenn er die Messungen in der Testkammer bestanden hat.

Neben einer sorgfältig ausgewählten Absorberausstattung verfügt die R&S®R-Line über eine doppelt polarisierte Messantenne für den Frequenzbereich 0,8 GHz bis 18 GHz, eine zirkular polarisierte Kommunikationsantenne bis 6 GHz sowie über einen Drehtisch mit zwei Achsen für die Positionierung des Prüflings in beliebige Orientierungen. Durch die besondere Gestaltung des Drehtischs aus HF-transparentem Material sind die Auswirkungen auf die Gleichförmigkeit des Felds

minimal. Besonders kritisch ist hier die Zone direkt um den Prüfling, da bereits Kunststoffe mit einer Dielektrizitätskonstante >1,5 deutliche Feldverzerrungen und damit Messunsicherheiten zur Folge haben. Deshalb wurde die R&S®R-Line in diesem Bereich besonders auf niedrige Beeinflussung bei ausreichender Stabilität optimiert. Dies gilt sowohl für die Prüflingsaufnahme wie auch für die Lagerung und den Antrieb des Drehtellers (BILD 3). Durch die fernbediente Betätigung der Motoren ist nicht nur eine genaue Positionierung möglich, sondern es können auch automatisierte Messungen durchgeführt und der Messaufwand entsprechend gering gehalten werden.

BILD 1 Die Testkammer R&S®R-Line lässt sich dank ihrer geringen Abmessungen und der Gleitrollen ohne großen Aufwand an unterschiedlichen Orten einsetzen.



Beispiel für die Feldverteilung in der Testkammer R&S®R-Line

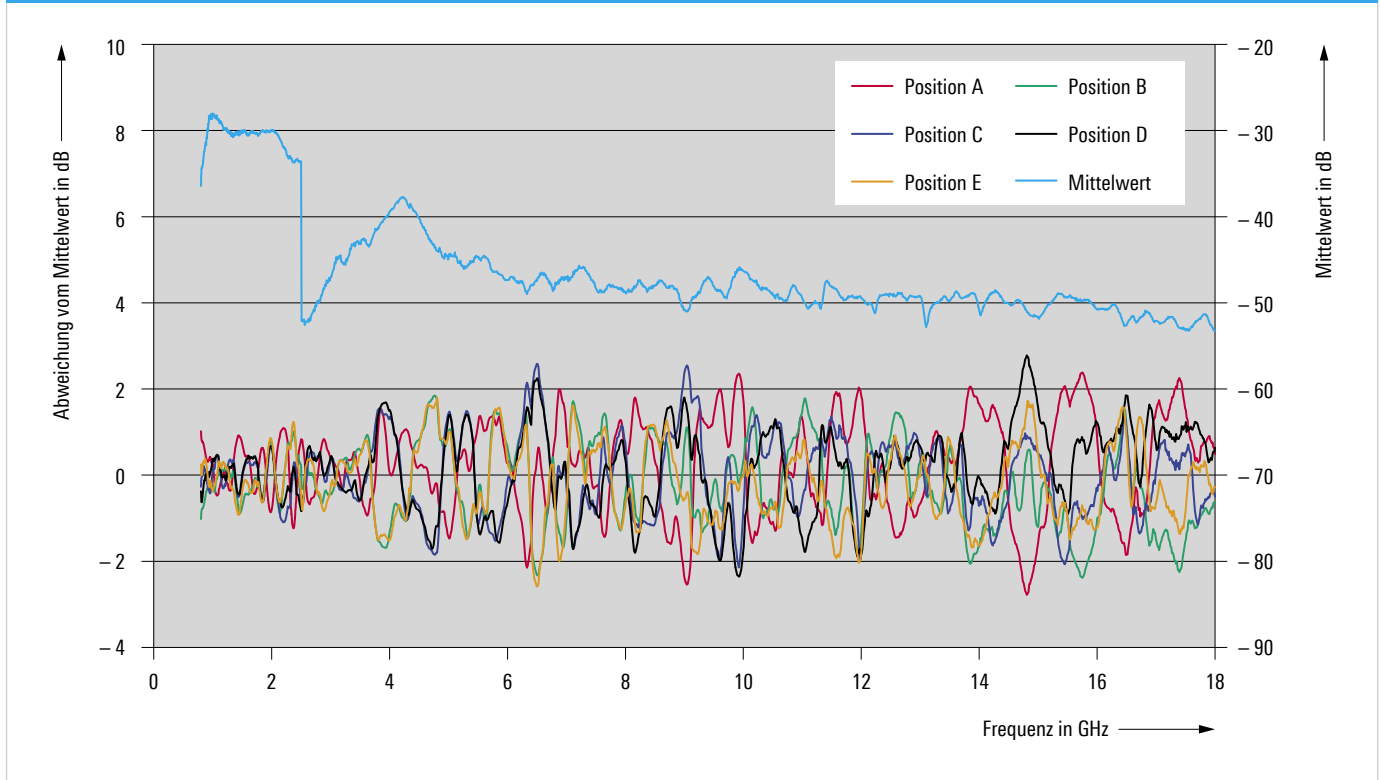


BILD 2 Feldverteilung in der R&S®R-Line. Das Messbeispiel zeigt, wie gleichmäßig das elektromagnetische Feld an fünf Positionen in einer Ebene ist.

Nachweislich gute HF-Eigenschaften

Für den Nachweis der guten HF-Eigenschaften der Kammer wurden zunächst Messungen der Feldverteilung vorgenommen. An Stelle des Prüflings wurde ein Referenzdipol am Messtisch angebracht und mit Signalen aus dem Tracking-Generator eines Spektrumanalysators versorgt. Die Messantenne erfasste das erzeugte Feld in der passenden Polarisation. Die Wiederholung dieser Messungen an verschiedenen Positionen in der Kammer ergibt eine Aussage über die Gleichmäßigkeit der Feldausbreitung.

BILD 2 zeigt ein Beispiel solch einer Messung. Die Referenzantenne wurde jeweils an fünf Positionen platziert: in der Mitte des Prüflingsbereichs sowie an vier Punkten eines waagrechten Quadrats von 20 cm Kantenlänge um diesen Punkt herum. Der mit der Messantenne gemessene Übertragungsverlust wurde ermittelt. Die Grafik stellt bei jeder Frequenz die Abweichung vom jeweiligen Mittelwert dar (Linien in verschiedenen Farben unten, linke Skala). Der Mittelwert (blaue Linie oben, rechte Skala) ergibt sich als die Mitte zwischen maximalem und minimalem Übertragungsverlust und zeigt auch das Frequenzverhalten der Referenzantennen (0,8 GHz bis 2,5 GHz und 2,5 GHz bis 18 GHz), da keine Korrekturen an den Antennenfaktoren vorgenommen wurden.

Störstrahlungsmessungen

Die Messung der Störstrahlung des Prüflings erfordert eine Untersuchung bei hoher Empfindlichkeit. Da gleichzeitig eine Kommunikation mit dem Funkmessplatz (Base Station Emulator BSE) stattfindet, muss der Uplink, also das Signal in Richtung BSE, hinreichend gut unterdrückt werden, um den Empfang der schwachen Störsignale zu ermöglichen. Dazu werden Filter verwendet, die genau die Frequenzen des Uplinks unterdrücken. Nachdem die Prüflinge in der Regel verschiedene Mobilfunkbänder unterstützen, ist für jedes dieser Bänder ein eigenes Filter erforderlich, das über eine Schaltmatrix in den Pfad zwischen Antenne und Vorverstärker geschaltet wird. Das RSE Test System R&S®TS8996 von Rohde&Schwarz enthält alle für diese Messungen benötigten Komponenten und ist deshalb komfortabel mit der Testkammer R&S®R-Line einsetzbar.

RSE-Messungen prüfen, ob und in welcher Richtung ein Prüfling eine Störstrahlung erzeugt, die über dem zulässigen Grenzwert liegt. Er muss deshalb in die verschiedensten Positionen gedreht werden, um von allen Seiten untersucht werden zu können. Zur Erleichterung dieser Messung ist eine automatische Positionierung wünschenswert. In der R&S®R-Line ist dafür ein doppelachsiger Drehtisch

eingebaut (BILD 3). Ein Riemenantrieb bewegt in der Mitte einer Trageplatte einen Drehteller, auf dem der Prüfling befestigt werden kann. Die komplette Trageplatte wird über die Hauptachse in der zweiten Orientierung gedreht.

Die Normen zum Prüfen der RSE sehen Messungen in einer Vollabsorberhalle vor. Solche Hallen sind vielerorts in den Prüflabors der Qualitätssicherung in Verwendung. Für den Einsatz in der Entwicklung erfordern sie jedoch nicht nur hohe Investitionen, sondern auch zu viel Platz. Einfache Lösungen dagegen, z. B. GTEM-Zellen im Mikrowellenbereich, weisen nur eine geringe Messgenauigkeit und Reproduzierbarkeit auf und erlauben deshalb keine zuverlässige Korrelation zu den normgemäßen Messungen in einer Absorberhalle. Die R&S®R-Line zeigt hier überzeugende Qualität: Durch die sorgfältige Wahl der Absorberausstattung weist sie HF-Eigenschaften auf, die hinter denen einer Absorberhalle nicht zurückstehen. Damit können diese Messungen auch in der kompakten Testkammer im Labor gemacht werden und erlauben frühzeitige Verbesserungen während der Entwicklung von Endgeräten.

Messung der Performance

Auch OTA-Messungen werden üblicherweise in Vollabsorberhallen durchgeführt. Zum Nachweis der Halleneignung dient die Messung der „quiet zone“ um den Prüflingsort herum. Wie die guten Eigenschaften der Testkammer in BILD 2 zeigen, lässt sich die R&S®R-Line auch für OTA-Messungen mit dem Testsystem R&S®TS8991 einsetzen. Bei diesen Messungen werden sowohl die gesendete Leistung wie auch die Empfangsempfindlichkeit dreidimensional aufgenommen und daraus die entsprechenden Kennzahlen TRP (Total Radiated Power) und TIS (Total Isotropic Sensitivity) abgeleitet [*].

Fazit

Mit der R&S®R-Line steht eine kompakte Testkammer zur Verfügung, deren Messergebnisse während der Entwicklung eines Mobilfunk-Endgeräts direkt in dessen Design zurückfließen und die somit eine deutliche Zeitersparnis im Entwicklungsprozess bringt. Sie findet leicht im Laborbereich Platz und ist dank ihrer Gleitrollen schnell an unterschiedlichen Orten aufgestellt.

Dr. Christoph von Gagern; Jürgen Kausche

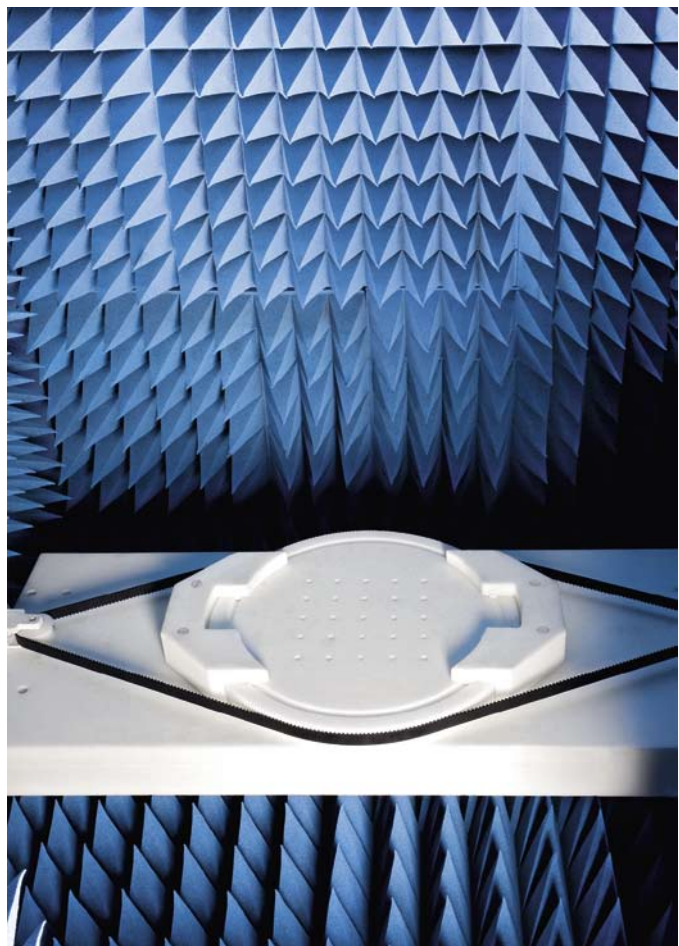


BILD 3 Drehtisch mit zwei Achsen in der Testkammer R&S®R-Line.

Literatur

* OTA Test System R&S®TS8991: Erstes zertifiziertes Testsystem für OTA-Messungen an WLAN-Endgeräten. Neues von Rohde&Schwarz (2007) Nr. 192, S. 12–15.

Vielseitige und präzise Signale für die Fertigung mobiler Endgeräte

Der Wideband Radio Communication Tester R&S®CMW500 erzeugt komplexe Signale höchster Präzision, Schnelligkeit und Flexibilität – Eigenschaften, die in der Produktion mobiler Endgeräte beim Kalibrieren und bei der Qualitätsprüfung von Empfangsteilen von größter Bedeutung sind.

Der Spezialist für die Produktion

Die moderne Produktion mobiler Endgeräte erfordert vielseitige und genaue Signale. Dafür ist der Wideband Radio Communication Tester R&S®CMW500 mit seiner hochpräzisen HF-Baugruppe und der Hardware-Option Basisband-Generatormodul R&S®CMW-B110A bestens ausgestattet. Sein Frequenzbereich bis 3,3 GHz bzw. bis 6 GHz (Option R&S®CMW-KB036) und seine sendeseitige ZF-Bandbreite von 70 MHz lassen kaum Wünsche offen und bieten auch im Hinblick auf zukünftige Mobilfunkstandards ausreichende Reserven. Das Basisband-Generatormodul verfügt über zwei Arbeitsmodi, den *Arbitrary-Waveform-Modus (ARB-Generator)* und den *Echtzeitmodus* für die sog. *Online-Generatoren*.

ARB-Generator

Im ARB-Waveform-Modus arbeitet das Gerät I/Q-Daten ab, die als Waveform-Dateien vorliegen. Auf diese Weise sind beliebige anwendungsspezifische Modulationssignale generierbar. Das Waveform Creation Tool R&S®WinIQSIM2 kann Waveform-Dateien komfortabel und direkt erzeugen. Auch mit kommerziellen Software-Tools wie MATLAB®, Mathcad® oder ADS® lassen sich I/Q-Daten generieren, diese müssen aber anschließend mit Hilfe der R&S®Matlab Transfer Toolbox oder dem R&S®I/Q Wizard in das Waveform-Dateiformat konvertiert werden.

Durch den Einsatz zusammengesetzter (Multisegment)-Waveform-Dateien sind kürzeste Umschaltzeiten zwischen verschiedenen Modulationsarten realisierbar. Der ARB-Generator bietet dafür diverse Modi, die das Weiterschalten zwischen den Segmenten entsprechend steuern. In Kombination mit einer frei konfigurierbaren Frequenz- / Pegel-Liste (die 2000 Einträge haben kann) bietet der ARB-Generator Lösungen für alle produktionstypischen Anforderungen, z. B. für den schnellen Abgleich des Empfängers mobiler Endgeräte über vordefinierte Testsequenzen unter Einsatz des modernen Abgleichkonzepts R&S®Smart Alignment. Das Weiterschalten der Frequenz- / Pegel-Liste kann dabei auf verschiedene Weise erfolgen, z. B. zeitgesteuert (variable Verweilzeit pro Listeneintrag), durch in der Waveform-Datei enthaltene Markersignale oder durch intern generierte Triggersignale anderer Firmware-Applikationen (BILD 1). Ein großzügig dimensionierter Waveform-RAM bietet genügend Speicherkapazität, um auch lange und breitbandige Signale abzuspielen.

Der **Wideband Radio Communication Tester R&S®CMW500** zeigt sich beim Einsatz in der Produktion schnell, präzise und hoch skalierbar. Mit einem Frequenzbereich bis 6 GHz und einer ZF-Bandbreite von 40/70 MHz (Analyser/Generator) ist der Produktionstester auf zukünftige technologische Entwicklungen bestens vorbereitet (siehe Neues von Rohde&Schwarz (2008) Nr. 195, S. 4–9).



Online-Generatoren

Zusätzlich zum ARB-Generator bietet der R&S®CMW500 sog. Online-Generatoren (BILD 2). Das sind Generator-Firmware-Applikationen, die den Echtzeitmodus des Basisband-Generatormoduls verwenden (Software-Optionen R&S®CMW-KGxyz). Die netzspezifischen Signale können online via grafische Bedienoberfläche konfiguriert und zeitnah über einen großen

HF-Frequenz- und Pegelbereich ausgegeben werden. Diese Downlink-Signalquellen zeichnen sich besonders durch ihre einfache Bedienung und hohe Flexibilität aus. Des Weiteren generieren sie komplexe Signale mit hohem Datenaufkommen, ohne dabei an Speichergrenzen zu stoßen. Damit sind sie besonders interessant für die Fertigungsvorbereitung sowie für Regressionstests und die Entwicklung im Labor.

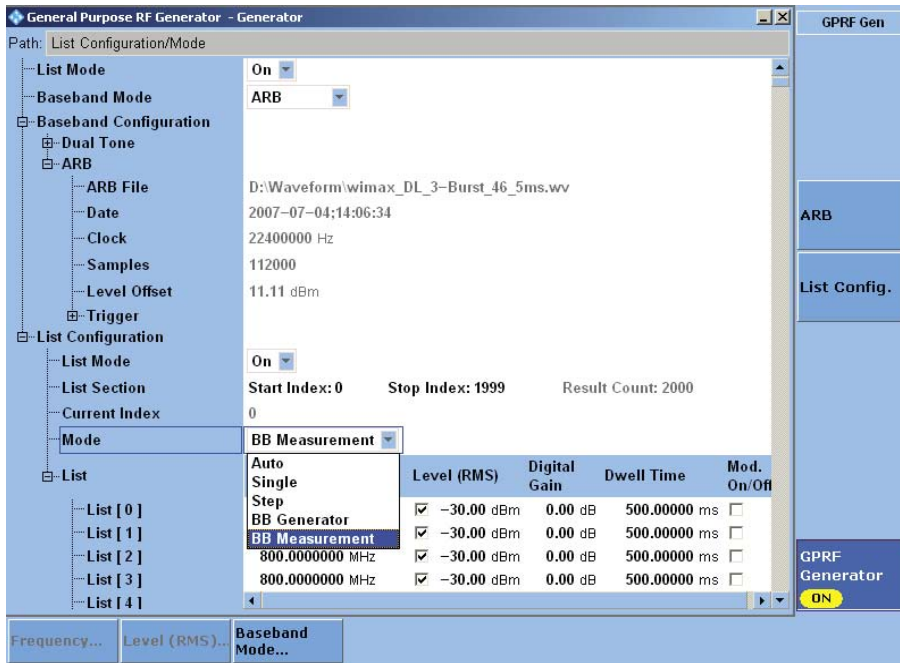


BILD 1 Der ARB-Generator stellt verschiedene Modi zur Verfügung, um die frei konfigurierbare Frequenz- / Pegel-Liste anzusteuern.

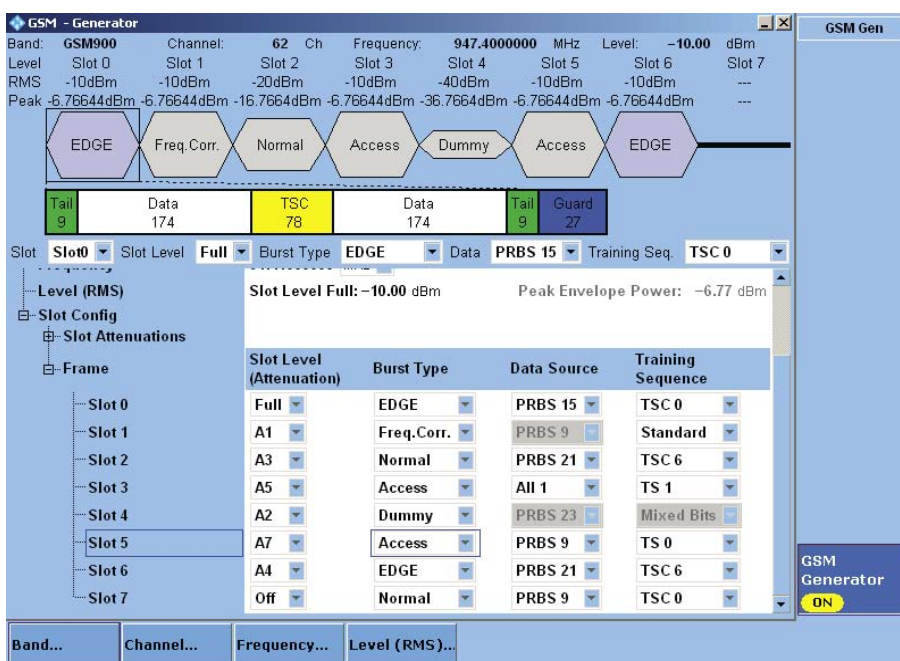


BILD 2 Die grafische Visualisierung der Zeitschlitzstruktur des Online-Generators für GSM/GPRS/EDGE erleichtert den Überblick über die Einstellungen.

Derzeit sind Online-Generatoren für GSM/GPRS/EDGE (Option R&S®CMW-KG200) und 3GPP FDD (Option R&S®CMW-KG400/401) verfügbar (BILD 3), weitere werden folgen.

Torsten Bilz; Daniel Hank

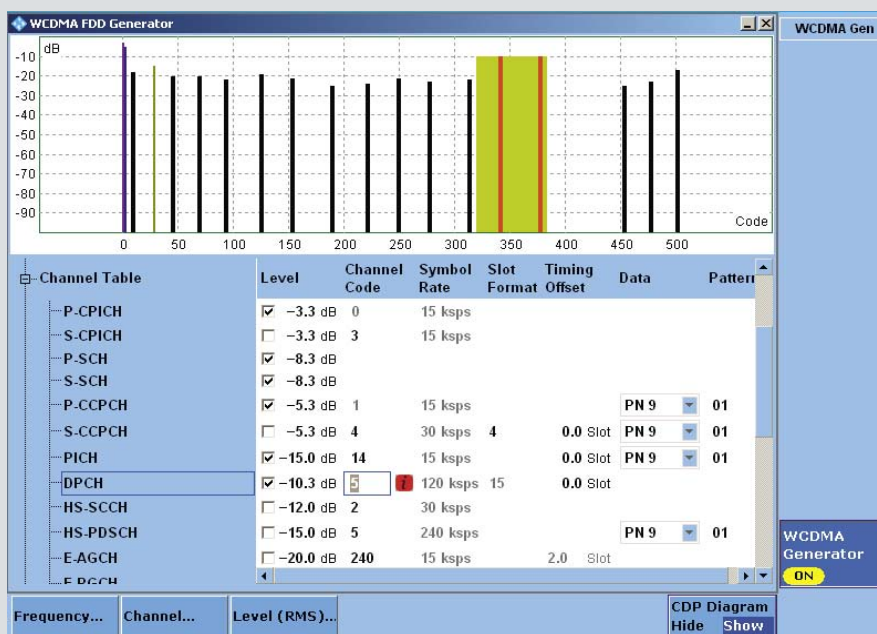
BILD 3 Die Generator-Optionen für den R&S®CMW500 im Überblick.

Optionen	Typenbezeichnung
Hardware	
ARB und Realtime Baseband Generator Module	R&S®CMW-B110A
Optionale Online-Generatoren	
GSM/GPRS/EDGE, Downlink	R&S®CMW-KG200
WCDMA, Downlink	R&S®CMW-KG400
WCDMA HSPA Extension, Downlink	R&S®CMW-KG401
R&S®WinIQSIM2 Waveforms	
GSM/EDGE	R&S®CMW-KW200
WCDMA	R&S®CMW-KW400
WCDMA HSDPA Extension	R&S®CMW-KW401
WCDMA HSUPA Extension	R&S®CMW-KW402
WiMAX (IEEE 802.16)	R&S®CMW-KW700
TD-SCDMA	R&S®CMW-KW750
CDMA2000®	R&S®CMW-KW800
1xEV-DO	R&S®CMW-KW880

Beispiel: Online-Generator für 3GPP FDD (Option R&S®CMW-KG400)

Mit der Software-Option R&S®CMW-KG400 steht der Online-Generator für 3GPP FDD zur Verfügung, der ein Downlink-Signal nach Release 99 der 3GPP-FDD-Spezifikation generiert. Er unterstützt die gängigsten physikalischen Kanäle und füllt sie mit Transportkanalinformationen. Unter anderem sind dadurch z. B. die vordefinierten Referenz-Messkanäle nach 3GPP TS 25.101 auswählbar (RMC 12,2 kbit/s, 64 kbit/s, 144 kbit/s, 384 kbit/s), siehe BILD 4.

Der Echtzeitmodus des Basisband-Generator-Moduls ermöglicht es dem 3GPP-FDD-Online-Generator, die Transmit Power Control Bits (TPC) in Echtzeit zu erzeugen und sie in die Control-Information des Dedicated Physical Channels (DPCH) einzuspeisen. Das zu untersuchende Endgerät kann damit über verschiedene Leistungsprofile (u. a. nach 3GPP TS 34.121 5.4.2) gesteuert und per Messung überprüft werden.

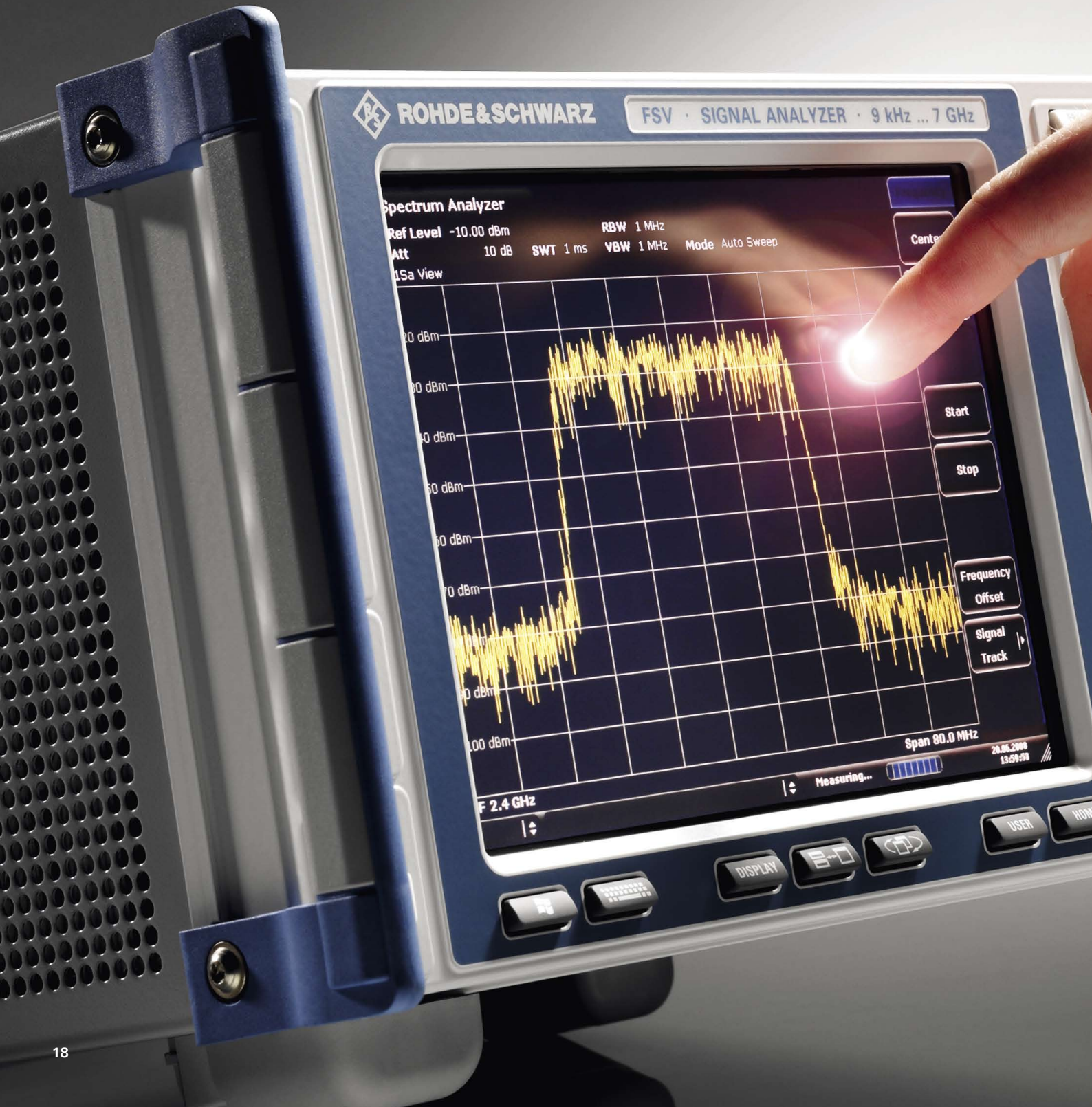


Die Option R&S®CMW-KG401 erweitert den 3GPP-FDD-Online-Generator zu einer Downlink-Signalquelle entsprechend Release 5/6. Dabei stehen für HSDPA fünf nach 3GPP TS 25.101 standardisierte Fixed-Reference-Measurement-Kanäle bereit. HSUPA dagegen wartet mit drei Downlink-Kanälen auf, die flexibel konfiguriert werden können.

BILD 4 Typisches Kanalsetup des 3GPP-Downlink-Generators mit RMC 384 kbit/s und OCNS. Das Code-Domain-Diagramm erleichtert dem Anwender die Konfiguration der Kanaltabelle und deckt Codekonflikte sofort auf.

Schnellster und genauester Mittel

In nahezu allen Eigenschaften ist der R&S®FSV etablierten Geräten seiner Klasse überlegen und bietet als einziger Analysebandbreiten bis 40 MHz – und einen Touchscreen.



klasse-Signalanalysator



BILD 1 Mit seiner Analysebandbreite bis 40 MHz deckt der R&S®FSV drahtlose Standards von 3GPP LTE bis WLAN 802.11n ab. Und dank seines Touchscreens ist er außerordentlich schnell und komfortabel zu bedienen.

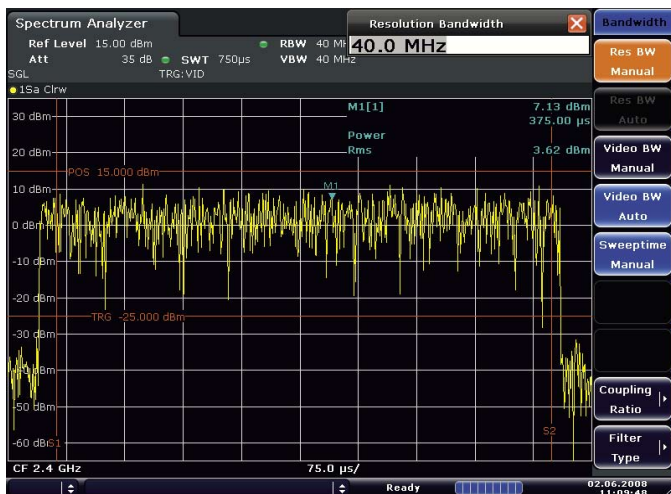
Ein Signalanalysator, der die Mittelklasse neu definiert

Hersteller drahtloser Endgeräte stehen unter starkem Kostendruck und sehen sich gleichzeitig der Forderung nach Innovation ausgesetzt. Als Konsequenzen daraus ergeben sich die Wünsche nach verkürzten Entwicklungszeiten durch vielseitigere und leichter handhabbare Messtechnik sowie die Reduktion von Prüfzeiten in der Produktion durch schnellere Messtechnik. Darüber hinaus erfordert der zunehmende Bandbreitenbedarf moderner Funkstandards immer höhere Analysebandbreiten.

Der neue Signalanalysator R&S®FSV (BILD 1) wurde exakt für diese Anforderungen entwickelt. Er ist der schnellste, genaueste und vielseitigste Mittelklasse-Signalanalysator für den leistungsorientierten, kostenbewussten Anwender in der Entwicklung, der Fertigung, der Installation und dem Service von HF-Systemen. In nahezu allen Eigenschaften den etablierten Geräten dieser Klasse überlegen, verfügt er als einziger über eine Analysebandbreite von 40 MHz. Damit deckt er drahtlose Standards von 3GPP LTE bis hin zu WLAN 802.11n ab. Und sein neuartiges komfortables Bedienkonzept mit Touchscreen erleichtert die Arbeit obendrein.

Den R&S®FSV gibt es in zwei Modellen für den Frequenzbereich 9 kHz bis 3,6 GHz und 9 kHz bis 7 GHz. Modelle für den Mikrowellenbereich werden in naher Zukunft folgen. Der Frequenzbereich der Analysatoren ist nach unten bis 20 Hz erweiterbar. Bei niedrigen Frequenzen arbeitet der R&S®FSV in einem Modus mit direkter A/D-Umsetzung des HF-Signals. Das vermeidet die Verschlechterung der Performance, bedingt durch den LO-Durchschlag und das Phasenrauschen des Lokaloszillators, wie das bei vielen Signal- oder Spektrumanalysatoren der Fall ist.

BILD 2 Die Messung der Burst-Leistung eines breitbandigen WLAN-Signals (802.11n) mit der Time-Domain-Power-Funktion ist dank der Analysebandbreite von 40 MHz kein Problem.



Mit 40 MHz Analysebandbreite alle Standards sicher im Griff

In seiner vollständig digital aufgebauten Signalanalysebaugruppe vereint der R&S®FSV die Funktion eines Signalanalysators und die eines Spektrumanalysators. Sein 128-MHz-D/A-Umsetzer digitalisiert die letzte ZF mit einer Auflösung von 16 bit. Im Gegensatz zu herkömmlichen Analysatoren, deren I/Q-Speicher für nur wenige Msamples reicht, kann der R&S®FSV mit seiner großen I/O-Speichertiefe bis 200 Msamples die Signale selbst bei großen Bandbreiten und entsprechend hohen Sample-Raten über einen längeren Zeitraum aufnehmen.

Seine Standard-Analysebandbreite von 28 MHz deckt nicht nur alle heute gängigen Funkkommunikationsstandards ab, sondern ist auch für Mobile WiMAX und den kommenden Standard LTE einsetzbar. Die optionale Erweiterbarkeit auf 40 MHz Analysebandbreite unterstützt die Analyse von Signalen entsprechend IEEE 802.11n und sichert die Einsetzbarkeit des R&S®FSV in der Entwicklung von Modulen für die Satellitenkommunikation und Satelliten-TV – anspruchsvolle Aufgaben, für die bisher High-End-Geräte erforderlich waren.

Der R&S®FSV bietet Auflösebandbreiten zwischen 1 Hz und 10 MHz, im Zero Span stehen zusätzlich Bandbreiten bis 20 MHz und 28 MHz sowie optional bis 40 MHz zur Verfügung. Beste Voraussetzung also für eine häufig durchzuführende Aufgabe: Das genaue Messen der Leistung breitbandiger Burst-Signale der Standards WLAN oder WiMAX. Eine Kanalleistungsmessung im Standard-Frequenz-Sweep ist schwierig durchzuführen, weil sie im Gate-Modus eine stabile Triggerung erfordert. Mit seinen 20 MHz, 28 MHz oder 40 MHz breiten Filtern kann der R&S®FSV diese Messung im Zero Span durchführen und wird dabei vom internen Video-Trigger synchronisiert. Eine spezielle Time-Domain-Leistungsmessung erlaubt es dem Anwender, genau festzulegen, welcher Teil eines Bursts gemessen werden soll (BILD 2).

Hohe Pegelmessgenauigkeit bis 7 GHz

Mit seiner niedrigen Gesamtpegelmessunsicherheit von 0,3 dB bis 3 GHz und nur 0,4 dB bis 7 GHz sorgt der R&S®FSV für genaue und verlässliche Messergebnisse. Speziell bei Frequenzen zwischen 3 GHz und 7 GHz liegen die Messergebnisse des R&S®FSV näher an der Genauigkeit von Leistungsmessern, als es bei konventionellen Analysatoren der Fall ist, die oft oberhalb von 3 GHz / 3,6 GHz einen Frequenzgang von 1 dB bis 2 dB aufweisen. Der R&S®FSV vereinfacht Messaufbauten in Entwicklung und Fertigung, denn in vielen Fällen können Leistungsmesser entfallen, beispielsweise für die Analyse von Signalen nach WLAN 802.11a im 5,8-GHz-ISM-Band oder von WiMAX-Signalen zwischen 3,4 GHz und 3,8 GHz.

Hohe Geschwindigkeit in allen Disziplinen für eine effiziente Fertigung

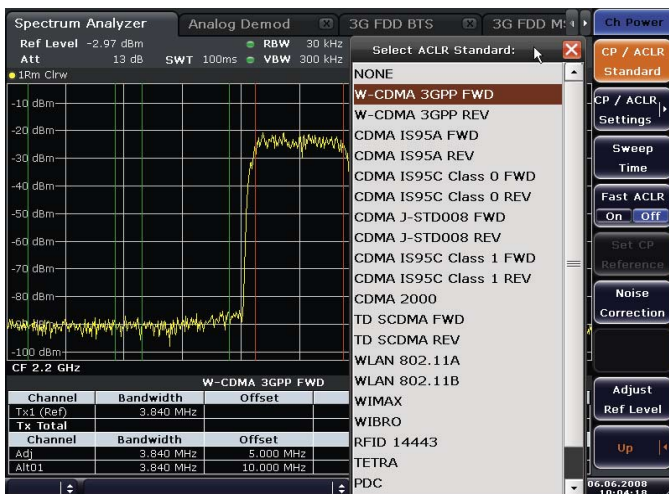
Der R&S®FSV wurde speziell auch auf hohe Messgeschwindigkeit getrimmt. Er reduziert den Testaufwand in der Fertigung erheblich, denn er erledigt einfache Messaufgaben wie auch komplexe Modulationsanalysen schnell, zuverlässig und mit geringer Messunsicherheit.

BILD 3 zeigt die verschiedenen Messgeschwindigkeiten des R&S®FSV. Mit mehr als 500 Sweeps/s im manuellen Betrieb und bis zu 1000 Sweeps/s im Fernsteuerbetrieb ist der R&S®FSV bis zu fünfmal schneller als andere Geräte seiner Klasse. Diese hohe Sweep-Rate ist nicht nur in der Fertigung von großer Bedeutung. Auch wenn – wie es viele Standards vorschreiben – über eine große Anzahl von Messungen gemittelt werden muss, stehen die Messergebnisse in einer deutlich kürzeren Zeit zur Verfügung.

Des Weiteren bietet der R&S®FSV eine Vielzahl an Funktionen, die den Durchsatz erhöhen, indem sie Messabläufe beschleunigen sowie Abgleich und Messzeiten verkürzen:

- Breitband-HF-Leistungsdetektor beschleunigt die automatische PegelEinstellung
- Frequenzlistenbetrieb (LIST MODE): schnelle Messung auf bis zu 300 verschiedenen Frequenzen mit unterschiedlichen Analyatoreinstellungen mit nur einem Fernsteuerbefehl
- Messung unterschiedlicher Leistungspegel im Zeitbereich in einem Durchlauf für besonders schnellen Abgleich (Multi Summary Marker)
- Schnelle ACP-Messung im Zeitbereich mit Kanalfiltern (BILD 5) oder im Frequenzbereich mit FFT-Sweep
- Frequenzzähler mit 0,1 Hz Auflösung bei einer Messzeit von <50 ms

BILD 5 ACP-Messung: eine Vielzahl vordefinierter Standards erleichtert die Einstellung.



Einstellung	Zeit
Sweep-Rate, ferngesteuert, gemittelt über 1000 Sweeps	1000/s
Sweep-Rate, manueller Betrieb	500/s
LIST MODE, Messung des Pegels von Grundwelle und fünf Oberwellen	21 ms
Marker-peak-Suche	1,5 ms
Frequenzwechsel und -abfrage	15 ms
Schnellste Sweep-Zeit (Zero Span)	1 µs
Schnellste Sweep-Zeit (Frequenz-Sweep)	1 ms

BILD 3 Vergleich der verschiedenen Messgeschwindigkeiten des Signalanalyators R&S®FSV.

Einstellung	Aktuelle konventionelle Signalanalyatoren	R&S®FSV
Mit 1 kHz RBW, konventioneller Sweep	10 s	1 s
Mit 1 kHz RBW, FFT-Sweep	200 ms	5,7 ms
Mit 10 Hz Bandbreite, FFT-Sweep	20 s	2,7 s

BILD 4 Sweep-Zeit bei 10 MHz Span.

- Gbit-LAN-Schnittstelle zum schnellen Übertragen großer Datenmengen
- Trigger-Interface zur Synchronisierung mit dem Takt des Fertigungssystems im Frequenzlistenbetrieb

Alle Analysefilter im R&S®FSV sind digital realisiert. Das stellt sicher, dass sie exakt definierte Eigenschaften haben und schneller sind als analoge Ausführungen. Außerdem verkürzt sein optimierter FFT-Sweep mit der großen Erfassungsbandbreite die erforderliche Zeit, um einen bestimmten Frequenzbereich zu durchlaufen. Dies ist vor allem bei der Messung von Nebenausstrahlungen (Spurious emissions) von Bedeutung, bei denen der Analyator in einem großen Frequenzbereich Signale mit niedrigem Pegel messen muss.

Häufig ist eine hohe Empfindlichkeit nur zu erreichen, in dem man schmalbandige Filter verwendet, um den Rauschpegel gering zu halten. Allerdings vergrößert sich die erforderliche Sweep-Zeit bei einer Halbierung der Bandbreite um den Faktor vier, weshalb die Messung von Nebenausstrahlungen sehr viel Zeit erfordert. BILD 4 vergleicht die Sweep-Zeit des R&S®FSV bei einem Span von 10 MHz mit der gegenwärtiger Analyatoren. Ein Vergleich, der zeigt, dass der Anwender seine Aufgaben mit dem R&S®FSV deutlich schneller erledigen kann.

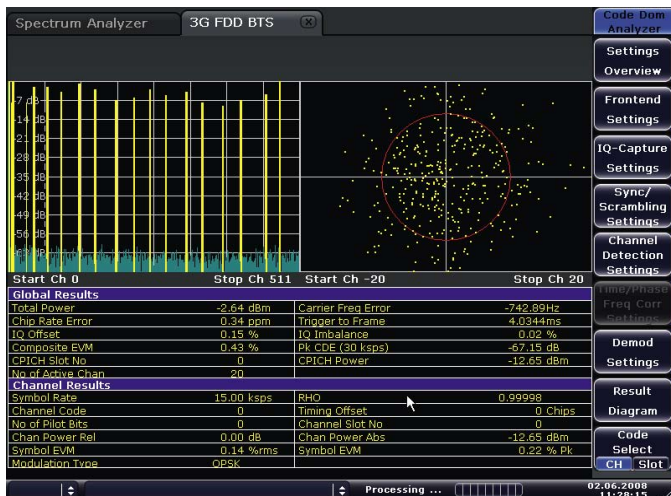
- Modulation AM, FM, ϕ M
- GSM/EDGE
- 3GPP UL / DL (einschl. HSPA)
- WLAN 802.11 a, b, g, j
- WLAN 802.11n
- WiMAX 802.16e
- LTE UL / DL

BILD 6 Die Signalanalysefunktionen im R&S®FSV.

Eine typische Messaufgabe in der Produktion von drahtlosen Endgeräten ist der Abgleich der Ausgangsleistung. Dazu müssen unterschiedlichste Leistungspegel auf einer Frequenz geprüft werden. Der R&S®FSV kann solche Messungen während eines einzigen Sweeps im Fernsteuerbetrieb erledigen.

Ein weiteres Beispiel für eine in der Produktion ständig anfallende Aufgabe ist die Messung der Harmonischen. Im manuellen Betrieb erledigt der R&S®FSV dies komfortabel mit seiner Funktion für Harmonischen-Messungen. Im ferngesteuerten Einsatz sorgt sein Frequenzlistenbetrieb bei diesen und anderen Messungen für kurze Messzeiten. So führt der Analysator in dieser Betriebsart Messungen bei 300 verschiedenen Frequenzen mit einer einzigen Einstellung durch – mit nur einem Fernsteuerbefehl. Der R&S®FSV stellt sich auch sehr schnell auf die verschiedenen Frequenzen ein. Für die Messung des Pegels einer Grundwelle mit fünf Oberwellen benötigt das Gerät nur 21 ms.

BILD 7 Mehrere konfigurierbare Fenster erlauben es dem Anwender, die am meisten benötigten Ergebnisanzeigen passend zu gruppieren. Über Reiter kann blitzschnell zwischen verschiedenen Applikationen oder Betriebsarten umgeschaltet werden.



Zahlreiche Signalanalysefunktionen

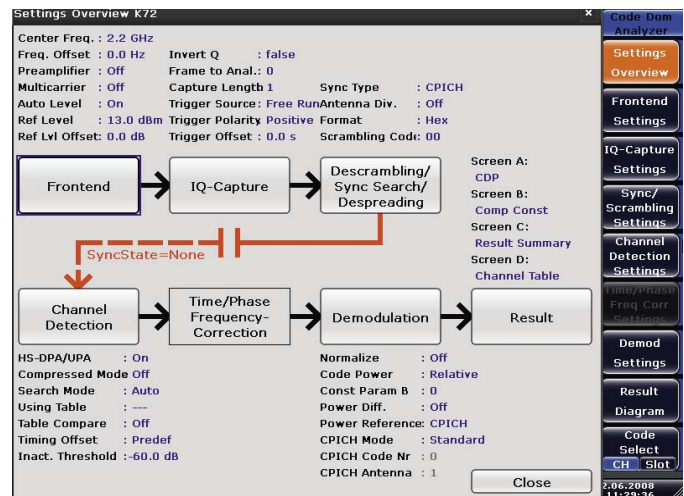
Das Grundgerät stellt alle erforderlichen Funktionen wie die Messung von Kanal- und Nachbarkanalleistung oder Spectrum Emission Mask sowie eine umfangreiche Auswahl an Detektoren zur Verfügung. Ergänzt durch Optionen zur Analyse von GSM/EDGE, 3GPP WCDMA, 3GPP LTE, WiMAX, WLAN ist der R&S®FSV für die Entwicklung im Mobilfunk-Labor prädestiniert (BILD 6). Hier unterstützen auch der analoge Messdemodulator und die Möglichkeit, einen Leistungsmesser der Serie R&S®NRP direkt zu betreiben.

Viele gängige automatische Messroutinen sind bereits im Grundgerät vorhanden, z.B. Nachbarkanalleistungsmessungen für zahlreiche Standards, Messungen der CCDF (Complementary Cumulative Distribution Function), der Störaussendungen, Spectrum-Emission-Mask-Messungen oder Harmonischen-Messungen. Bis zu sechs Messkurven, die alle gleichzeitig aktiv sein können, und bis zu 16 Marker unterstützen die Auswertung der Messergebnisse.

Touchscreen: noch nie war die Bedienung eines Analysators so einfach

Der R&S®FSV ist außerordentlich komfortabel zu bedienen, man braucht weder Maus noch Tastatur, so dass auf diese platzraubende Hardware verzichtet werden kann. Die komfortable und intuitive Bedienung über den Touchscreen mit seiner übersichtlichen Menüführung vereinfacht die Handhabung und reduziert die Einarbeitungszeit. Der Touchscreen beschleunigt die manuelle Bedienung erheblich, da

BILD 8 Um die Einstellungen auch für komplizierteste Messungen zu erleichtern, werden der Signalfluss und die entsprechenden Einstellungen in einer übersichtlichen Tabelle dargestellt. Einfaches Berühren eines Blocks öffnet das zugehörige Einstellmenü.



sich zwischen den verschiedenen Betriebsarten blitzschnell umschalten lässt. Der Anwender muss mit dem Finger lediglich den entsprechenden Reiter auf dem Bildschirm antippen, oder um beispielsweise eine spezielle 3GPP-Applikation aufzurufen, einfach auf einen Block in einem Signalflussdiagramm tippen, wodurch sich eine Menü mit den dazugehörigen Einstellungen öffnet (BILD 7 und 8). Ob Touchscreen, On-Screen-Tastatur oder Hotkeys – das Bedienkonzept ist wegweisend für die Anforderungen an einen modernen Signalanalysator.

Bei Bedarf lässt sich eine Tastatur auf dem Bildschirm einblenden. Alternativ dazu können selbstverständlich alle Funktionen und Messparameter weiterhin mit Tasten und Drehrad oder Maus / Tastatur eingestellt werden. Das große SVGA-Display sorgt in jedem Fall für eine hohe Auflösung und gute Lesbarkeit.

Alle Fragen zu aktuellen Funktionen und den entsprechenden Fernsteuerbefehlen beantwortet die umfassende, kontextsensitive Hilfefunktion, mit der Informationen wesentlich schneller zur Verfügung stehen, als mit gedruckten Handbüchern. Bis zu sechs vorangegangene Bedienschritte können über die UNDO- / REDO-Tasten widerrufen werden. Dies ermöglicht es, Bedienfehler rückgängig zu machen oder zwischen zwei Zuständen schnell umzuschalten. Eine wertvolle Hilfe beim Einstellen des Analysators sind die AUTO-SET-Funktionen, mit denen sich Einstellungen per Knopfdruck automatisch an das jeweilige Messsignal anpassen lassen.

Umstieg auf die neue Analysatorgeneration leicht gemacht

Ob Fernsteuerprogramme in einer Fertigungslinie, Platzbedarf in Gerätegestellen oder die manuelle Bedienung im Entwicklungslabor – Dank der Kompatibilität zu früheren Gerätefamilien und des ausgeprägten „Familienkonzepts“ ist ein Umstieg auf die neue Generation sehr einfach und sichert Investitionen in Software, Systemdesign und Ausbildung.

Der Fernsteuerbefehlssatz des R&S®FSV ist in der Betriebsart Spektrumanalyse und in den meisten Applikationen kompatibel zu dem der Spektrumanalysatoren R&S®FSP oder R&S®FSU. Somit können die Fernsteuerprogramme beim Umstieg auf diese neue Generation von Signalanalyatoren ohne neue Entwicklungskosten weiterhin verwendet werden.

Fazit

Mit seiner Fülle maßgeschneiderter Applikationen für alle gängigen Funkstandards bietet der R&S®FSV ein einzigartiges Preis/Leistungs-Verhältnis und steigert die Effektivität in der Entwicklung, beim Charakterisieren von Baugruppen und in der Produktion. Dank seiner hervorragenden HF-Eigenschaften (siehe Kurzdaten) positioniert sich das Gerät an die Spitze der Mittelklasse-Analysatoren. Und mit seiner Analysebandbreite bis 40 MHz, seinen Analysefähigkeiten und seiner Geschwindigkeit nähert er sich High-End-Analysatoren und übertrifft sie in manchen Punkten sogar.

Herbert Schmitt

Kurzdaten R&S®FSV3 / R&S®FSV7

Frequenzbereich

R&S®FSV3	9 kHz (20 Hz) bis 3,6 GHz
R&S®FSV7	9 kHz (20 Hz) bis 7 GHz

Auflösung / Bandbreiten

Auflösebandbreiten

Standard-Sweep	1 Hz bis 10 MHz
Standard-Sweep, Zero Span	1 Hz bis 10 MHz, 20 MHz, 28 MHz, optional 40 MHz
FFT-Sweep	1 Hz bis 300 kHz
Kanalfilter	100 Hz bis 5 MHz
EMI-Filter	200 Hz, 9 kHz, 120 kHz, 1 MHz
Videofilter	1 Hz bis 10 MHz, 20 MHz, 28 MHz, 40 MHz
Signalanalysebandbreite	28 MHz
mit Option R&S®FSV-B70	40 MHz

Eigenrauschanzeige

(1 Hz Bandbreite)

1 GHz	-152 dBm, typ. -155 dBm
3 GHz	-150 dBm, typ. -153 dBm
7 GHz	-146 dBm, typ. -149 dBm

Intermodulation

Intercept-Punkt 3. Ordnung	
f < 3,6 GHz	+13 dBm, typ. +16 dBm
3,6 GHz bis 7 GHz	+15 dBm, typ. +18 dBm

Phasenrauschen

(1 GHz Trägerfrequenz)

10 kHz Abstand vom Träger	-106 dBc (1 Hz), typ. -110 dBc (1 Hz)
100 kHz Abstand vom Träger	-115 dBc (1 Hz)
1 MHz Abstand vom Träger	-134 dBc (1 Hz)

Gesamtmessunsicherheit

3,6 GHz	0,3 dB
7 GHz	0,4 dB

Neue Funktionen für den Mikrowellen-Signalgenerator R&S®SMF100A

Zwei neue Optionen für den Mikrowellen-Signalgenerator R&S®SMF100A verstärken die konkurrenzlose Position dieses Geräts. Während die Option Puls Train R&S®SMF-K27 erstmalig frei konfigurierbare Puls-szenarios ermöglicht, erschließt die Option Power Analysis R&S®SMF-K28 Applikationen, die bisher Netzwerkanalysatoren und Spitzenleistungsanalysatoren vorbehalten waren.

Option Puls Train R&S®SMF-K27

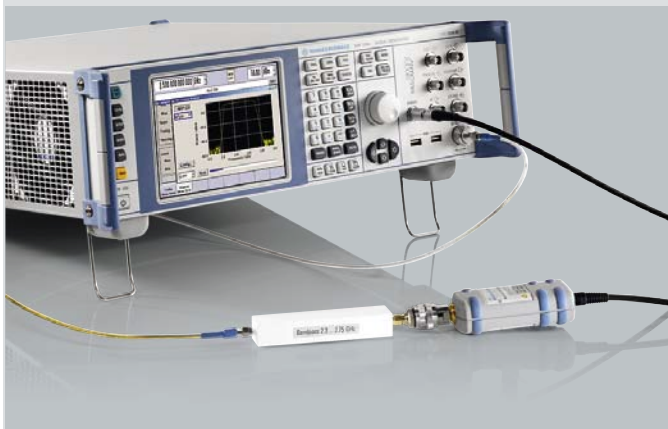
Signalgeneratoren können traditionell Einzel- und Doppelpulse erzeugen, wobei Dauer und Abstand zwischen den Pulsen wählbar sind. Seit einiger Zeit steigt allerdings die Nachfrage – überwiegend aus dem Bereich Aerospace&Defense (Radar) – zur Simulation aufwendigerer Szenarios, z. B.

- „Verjitterte“ Pulsdauer und / oder -abstände
- Ansteigende Pulsdauer und / oder -abstände
- Unterschiedliche Pulssequenzen, z. B. 100 Pulse mit 10 ns, gefolgt von 200 Pulsen mit 20 ns Dauer

Zur Simulation dieser anspruchsvollen Signale finden bisher ARB-basierte Vektorsignalgeneratoren Anwendung, die allerdings folgende Nachteile haben:

- Hoher Preis (sehr aufwendige Hardware)
- Geringe Dynamik (also die Trägerunterdrückung in den Pulspausen)
- Reduzierte Flankensteilheit (aufgrund der begrenzten Abtastrate)

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).



Die neue Option Puls Train R&S®SMF-K27 kombiniert die Vorteile traditioneller Pulsmodulatoren mit der Flexibilität speicherbasierter Lösungen, indem das Ansteuersignal des Modulators frei definiert werden kann. Die exzellenten Eigenschaften des Pulsmodulators R&S®SMF-K3 im Generator bleiben dabei erhalten:

- Pulsdauer und -pausen wählbar zwischen 5 ns und 5 ms
- Anstiegszeit <10 ns
- On/Off Ratio >80 dB

Mehr als 2000 Einzelpulse sind zu einer Pulssequenz zusammenstellbar, wobei jeder Einzelpuls auch mehrfach wiederholt ausgegeben werden kann. Die Sequenz ist dabei einfach in Tabellenform editierbar. BILD 1 zeigt ein Beispiel für ein Signal, das aus zwei Bursts von jeweils zehn Einzelpulsen besteht. Das Signal kann vor der Ausgabe auch als Grafik begutachtet werden (BILD 2).

Neben der manuellen Eingabe in obiger Form können auch Listen aus Excel oder in textbasierter Form importiert werden. So lassen sich selbst ausgefallene Wünsche – z. B. nach „verjitterten“ Pulsbreiten über bestimmte Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen – erfüllen, ohne dass die Bedienoberfläche des Signalgenerators überladen würde.

Während des Pulses wird meist ein unmoduliertes Signal (CW) gesendet. Die Flexibilität des Mikrowellen-Signalgenerators R&S®SMF100A erlaubt es allerdings, die Pulsmodulation auch mit anderen Modulationen und Betriebsarten zu kombinieren. Von besonderer Bedeutung ist hier die Kombination der Pulssequenz mit einer zu den Flanken des Pulsmodulators synchronisierten FM-Modulation. Wählt man ein LF-Signal in Sägezahn-Form, so werden innerhalb der aktiven Pulszeit sogenannte „Chirps“ gesendet, d. h. das Trägersignal überstreicht schnell einen vorgegebenen Frequenzbereich.

Option Power Analysis R&S®SMF-K28

Bereits seit längerer Zeit können die Leistungsmessköpfe R&S®NRP-Zx an den Signalgeneratoren R&S®SMU200A, R&S®SMA100A, R&S®SMF100A, R&S®SMB100A und R&S®AMU200A betrieben werden, sei es, um den Frequenzgang des Messaufbaus zu korrigieren oder zur Leistungsmessung.

Mit der neuen Option Power Analysis R&S®SMF-K28 kann der Signalgenerator R&S®SMF100A zusammen mit einem Leistungsmesskopf jetzt Aufgaben übernehmen, für die bisher skalare Netzwerk- oder Pulsanalysatoren eingesetzt wurden. Kunden, die nicht die maximale Performance oder Flexibilität benötigen und bereits aus anderen Gründen einen R&S®SMF100A einsetzen, erhalten hiermit eine preiswerte Alternative zu diesen Geräten.

Messung von Frequenzgängen

Dazu wird das Messobjekt, beispielsweise ein Filter oder Verstärker, eingangsseitig am HF-Ausgang des Signalgenerators angeschlossen. Der Leistungsmesskopf nimmt das Ausgangssignal des Messobjekts auf und meldet den Leistungswert an den Signalgenerator (BILD 3). „Sweept“ dieser nun über den gewünschten Messbereich, so repräsentieren die Folge der Messwerte den Frequenzgang des Messobjekts.

Die Messkurve kann mit bis zu vier Markern ausgemessen und als Grafik oder Excel-Datei gespeichert werden. Um die Bildschirmfläche des R&S®SMF100A bei jeder Messaufgabe optimal nutzen zu können, lässt sich die Fensteraufteilung in mehreren Stufen variieren. BILD 4 zeigt ein Beispiel für die Darstellung mit Einstelldialogfeld.

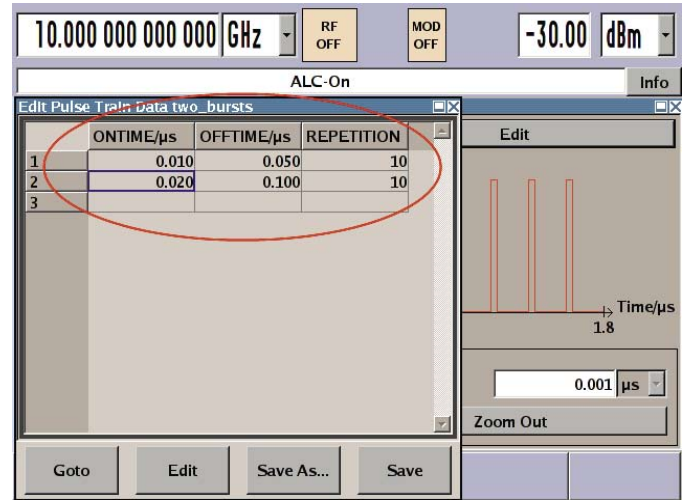


BILD 1 Eingabe einer Pulssequenz.

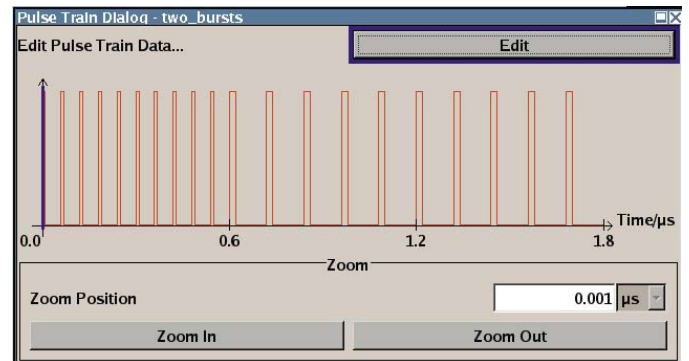
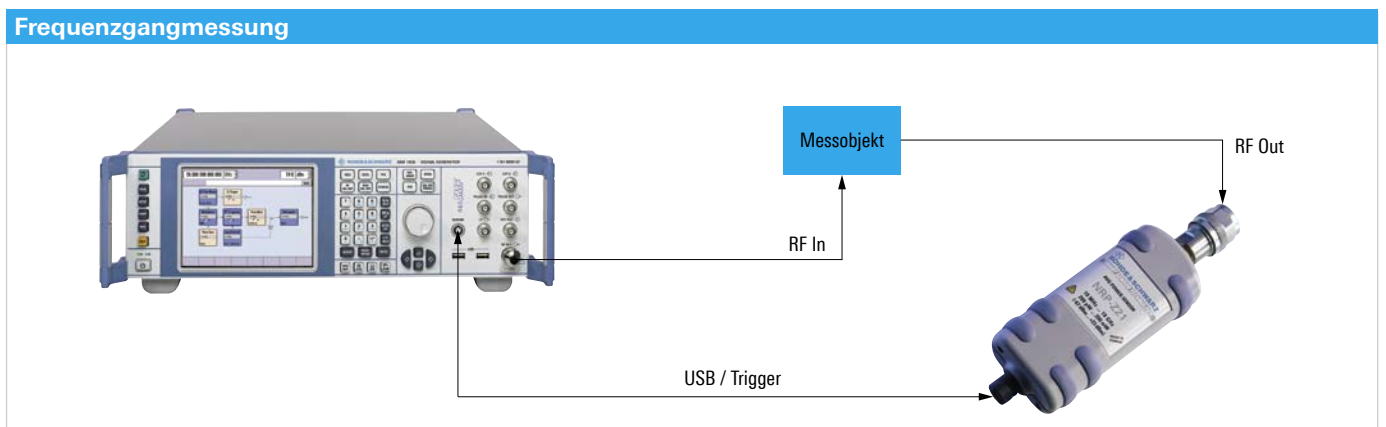


BILD 2 Vorschau auf die Hüllkurve der Pulssequenz aus BILD 1.

BILD 3 Messaufbau mit der Option Power Analysis R&S®SMF-K28 zur Messung von Frequenzgängen mit dem Leistungsmesskopf R&S®NRP-Z21.



Die Anzahl der Messpunkte und die Pegelgenauigkeit ist in mehreren Stufen einstellbar. Messzeit und Dynamik hängen vom verwendeten Messkopf ab. Ideal für den R&S®SMF100A ist der R&S®NRP-Z21, der bei einer Sweep-Zeit von ca. zwei Sekunden eine Pegelgenauigkeit von besser als 0,1 dB bei einem Pegel von -40 dBm ermöglicht.

Messung der Kompression

Alternativ kann auch ein Messobjekt, z. B. ein Verstärker, bezüglich seines Kompressionsverhaltens charakterisiert werden. Der Messaufbau ist identisch, anstelle der Frequenz wird der Pegel des Signalgenerators gesweept.

Messung der HF-Hüllkurve

Misst man die Leistungsmesswerte in schneller Folge, so sieht man die Einhüllende des Messsignals. Prädestiniert für die Hüllkurvenmessung ist der Leistungssensor R&S®NRP-Z81, mit dem sich auch Pulse mit nur 150 ns Dauer hochauflösend darstellen lassen (BILD 5).

Fazit

Durch die neuen Optionen Puls Train R&S®SMF-K27 und Power Analysis R&S®SMF-K28 wird der Mikrowellengenerator R&S®SMF100A um Messfunktionen erweitert, die kein Mitbewerber bieten kann. Beide Optionen sind in Kürze auch für den Signalgenerator R&S®SMA100A erhältlich.

Thomas Braunstorfinger

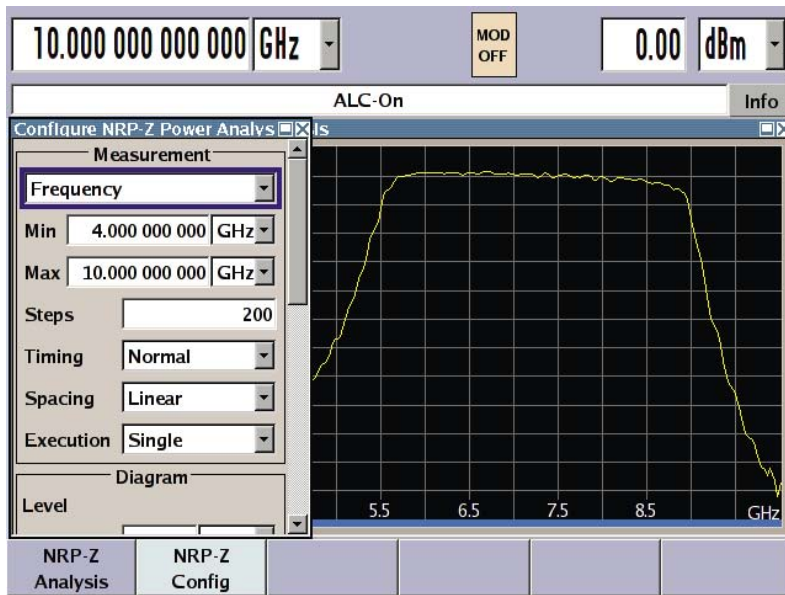


BILD 4 Messung des Frequenzgangs eines Bandpasses.

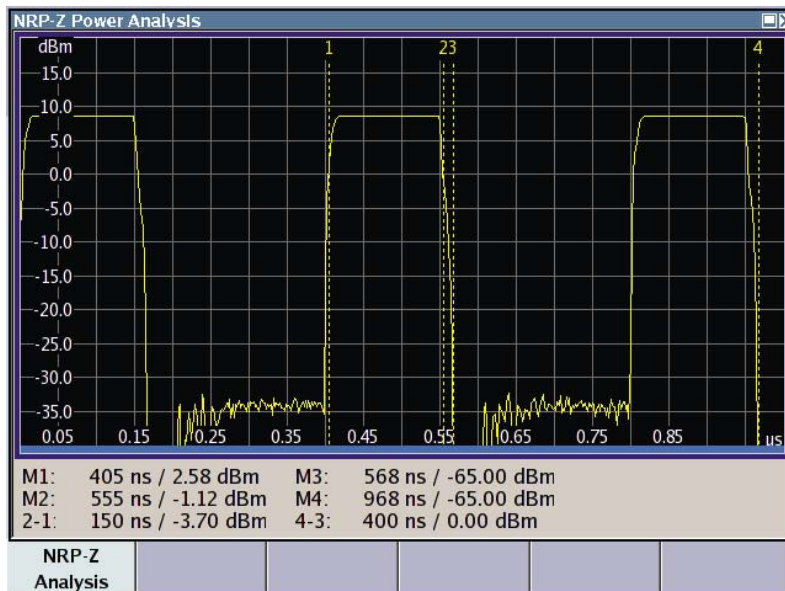


BILD 5 Messung einer HF-Hüllkurve mit dem Leistungsmesskopf R&S®NRP-Z81 bei hoher Auflösung.

Schalt- und Steuerplattform R&S®OSP: vielseitiger durch neue Erweiterungen

Das neue Grundgerät R&S®OSP130 zur modularen Schalt- und Steuerplattform R&S®OSP mit zusätzlichem Bedienfeld und Display erlaubt das manuelle Bedienen der Schalt- und Steuermodule direkt am Gerät. Zusätzliche Module und neue Funktionen der Software erweitern die Einsatzmöglichkeiten der Plattform wesentlich.

Das neue Grundgerät R&S®OSP130

Die Produktfamilie, bestehend aus dem R&S®OSP120 und dem Erweiterungsgerät R&S®OSP150 (siehe Kasten rechts), ist um das Grundgerät R&S®OSP130 mit Bedienfeld und Display ergänzt worden (BILD 1 und 4). Das neue Gerät erlaubt das direkte manuelle Bedienen des R&S®OSP130 und der angeschlossenen Erweiterungsgeräte R&S®OSP150, ohne dass eine Netzanbindung bzw. ein PC erforderlich sind – ein Vorteil besonders für Laboraufbauten und bei manuell zu bedienenden Systemen.

Die einzelnen Geräte der Plattform sowie deren Module mit den Relais bzw. Ein- / Ausgängen werden über die Cursor- und Funktionstasten angewählt. Die Schaltzustände der gewählten Relais und digitalen Ein- / Ausgänge sind per Tastendruck änderbar. Das Display zeigt den jeweiligen Schaltzustand nach der Schaltrückmeldung an (BILD 2), so dass der Anwender sicher sein kann, dass die gewünschte Umschaltung auch erfolgt ist.

Bei komplizierten Schaltungen bietet es sich an, die erforderlichen Schaltzustände als Pfad zu speichern, der dann mittels Cursor-Tasten angewählt und per „OK“ aktiviert werden kann. So lassen sich mit einem Tastendruck beliebig viele Relais der Plattform zuverlässig und reproduzierbar schalten. Eine Fehlbedienung wird dadurch auf ein Minimum reduziert und

Schnell und einfach gestalten sich HF-Schalt- und Steueraufgaben mit der modularen Geräteplattform R&S®OSP (siehe Neues von Rohde&Schwarz (2008) Nr. 195, S. 28–31). Das Grundgerät R&S®OSP120 (unten) und das Erweiterungsgerät R&S®OSP150 (oben) wurden nun ergänzt durch ein Grundgerät mit Display und Bedienfeld sowie durch neue Module.



Fehlmessungen durch falsches Verschalten sowie Beschädigungen von Geräten vermieden. Die neue grafische Bedienoberfläche des R&S®OSP130 ist beim R&S®OSP120 auch über die DVI-Schnittstelle verfügbar, so dass sich dieses Grundgerät über externe USB-Tastatur, Maus und Monitor manuell steuern lässt.

BILD 1 Das neue Grundgerät R&S®OSP130 ist über die Frontplatte bedienbar und zeigt die Schaltzustände am Display.



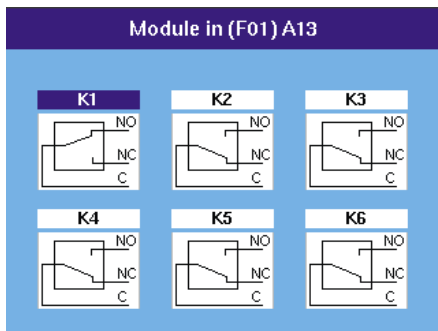


BILD 2 Konfiguration des SPDT-Schaltmoduls R&S®OSP-B101.

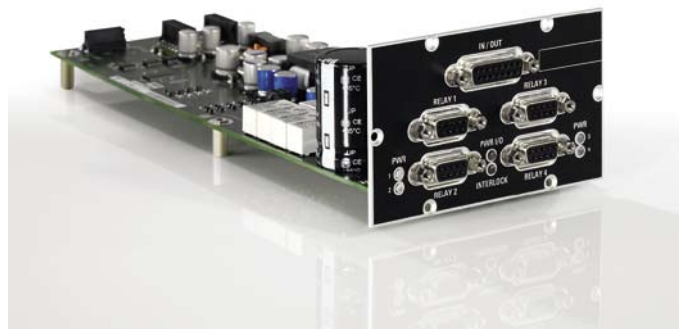


BILD 3 Relaisreibermodul R&S®OSP-B104.

Universelle Software-Einbindung

Jedes Grundgerät der Plattform lässt sich über die Ethernet-Schnittstelle unter Nutzung des Bedienprogramms oder aus Anwenderprogrammen heraus steuern. Für Letztere steht eine VXI-11-kompatible Software-Schnittstelle für das direkte Ansteuern der Plattform aus C, LabWindows/CVI, VXI P&P und IVI-COM unter Verwendung des SCPI-Befehlssatzes zur Verfügung. Verschiedene Programmierbeispiele sowie ein „Virtual Instrument“ für Nutzer von LabView vereinfachen dem Anwender das Einbinden der Geräte erheblich.

Neue Module erweitern den Funktionsumfang

Die Module R&S®OSP-B101 und R&S®OSP-B102 mit koaxialen Schaltrelais bis 18 GHz sowie das digitale Ein- / Ausgabe-modul R&S®OSP-B103 wurden um folgende universelle Module ergänzt:

Das **Modul R&S®OSP-B111** mit sechs koaxialen Umschaltrelais (SPDT) und das **Modul R&S®OSP-B112** mit zwei koaxialen Trommelrelais (SP6T) für die Frequenzbereiche 0 Hz bis 40 GHz, z. B. für Schaltaufgaben in der Radartechnik.

Das **HF-Schaltmodul R&S®OSP-B107** mit sechs Halbleiterrelais ist für Anforderungen mit sehr großer Anzahl von Schaltzyklen und kurzen Schaltzeiten vorgesehen. Der Frequenzbereich reicht von 0 Hz bis 6 GHz.

Neue **Relaisreibermodule R&S®OSP-B104** (BILD 3) für das Ansteuern bis zu vier externer HF-Leistungsrelais. Zwei Kanäle je Treiber erlauben den Anschluss von Transferrelais mit Rückmeldefunktion. Zusätzlich enthält das Modul vier digitale Eingangskanäle und fünf Open-Drain-Ausgangskanäle sowie eine Interlock-Schleife. Diese Ein- / Ausgänge sind z. B. zum Steuern von Geräten und zum Überwachen der Türen von Absorberkammern einsetzbar.

Das **Modul R&S®OSP-B106** (BILD 5) ist mit je drei HF-Umschaltrelais (SPDT) mit N- und BNC-Buchsen bestückt. Die Kombination verschiedener Relaisypen in einem Modul ermöglicht einerseits das leistungslose Schalten von Schaltungspfadern für HF-Signale von 0 Hz bis 12,4 GHz und andererseits das Schalten von Gleichspannungen (60 W, 2 A) sowie von HF-Signalen zwischen 0 Hz und 900 MHz.

Einen Überblick über alle Module zur Offenen Schalt- und Steuerplattform R&S®OSP zeigt BILD 6.

BILD 4 Rückseite des neuen Grundgeräts R&S®OSP130, das in diesem Beispiel mit drei Modulen ausgestattet ist.





BILD 5 HF-Umschaltrelaismodul R&S°OSP-B106.

Fazit

Die Erweiterung der Offenen Schalt- und Steuerplattform R&S°OSP mit dem manuell bedienbaren Grundgerät R&S°OSP 130 und den neuen Modulen vervollständigt das Produktportfolio. In Verbindung mit der neuen Firmware vergrößert sich das Einsatzspektrum und vereinfacht sich die Systemintegration der Plattform.

Gert Heuer

Anschlüsse	Modul	Symbol	Eigenschaften
	R&S°OSP-B101 HF-Schaltmodul (1505.5101.02)		6 x HF-Umschaltrelais (SPDT), 0 Hz bis 18 GHz
	R&S°OSP-B102 HF-Schaltmodul (1505.5201.02)		2 x HF-Trommelrelais (SP6T), 0 Hz bis 18 GHz
	R&S°OSP-B111 HF-Schaltmodul (1505.4605.02)		6 x HF-Umschaltrelais (SPDT), 0 Hz bis 40 GHz
	R&S°OSP-B112 HF-Schaltmodul (1505.4611.02)		2 x HF-Trommelrelais (SP6T), 0 Hz bis 40 GHz
	R&S°OSP-B107 HF-Schaltmodul (1505.5901.02)		6 x HF-Halbleiterrelais (SPDT), 0 Hz bis 6 GHz
	R&S°OSP-B106 HF-Schaltmodul (1505.5601.02)		3 x SPDT (N), 0 Hz bis 12 GHz, (700 W bis 200 W); 3 x SPDT (BNC), 0 Hz bis 900 MHz, (20 W bis 60 W), DC: 60 W, 2 A
	R&S°OSP-B103 Digitales E/A-Modul (1505.5301.02)		16 x digitale Eingänge (LV-CMOS, TTL); 16 x digitale Ausgänge (open drain)
	R&S°OSP-B104 Relaisreiber- modul (1505.5301.02)		Ansteuerung von 4 externen Leistungs- relais, digitale Ein- /Ausgänge

BILD 6 Die Module zur Offenen Schalt- und Steuerplattform R&S°OSP im Überblick.

Schnittstellenkarte für modernste Datenformate zum Audioanalysator R&S®UPV

Moderne Schaltkreise für Mehrkanal-Tonsysteme oder in Anwendungen für den Mobilfunk sowie in Bluetooth®-Komponenten verwenden neue Datenformate für die Übertragung von Audioinhalten. Der Spitzenklasse-Audioanalysator R&S®UPV ist bestens darauf eingestellt: Mit der neuen seriellen Schnittstellenkarte R&S®UPV-B42 kann er praktisch alle vorkommenden Audiodatenformate adaptieren.

Steigende Vielfalt bei digitalen Audioschnittstellen

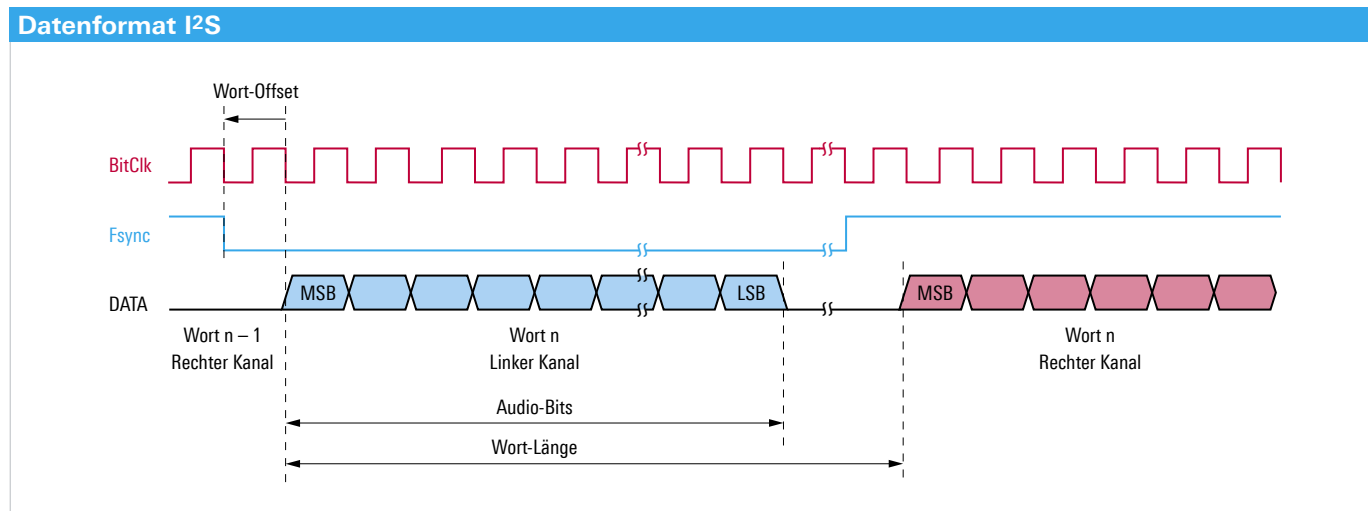
Digitale Audiogeräte werden heute wie selbstverständlich über genormte Schnittstellen miteinander verbunden. Im professionellen Tonstudiobereich ist das AES/EBU-Format in Verwendung, Geräte für den Consumer-Bereich sind mit elektrischen oder optischen Schnittstellen nach dem S/P-DIF-Standard ausgestattet.

Blickt man jedoch ins Innere solcher Audiogeräte, auf die Zusammenschaltung der einzelnen Baugruppen und Bausteine, so finden sich meist andere, serielle Datenschnittstellen. Für die zweikanalige, geräteinterne Audiodatenübertragung wird häufig der I²S-Bus (Inter-IC Sound Bus) verwendet, der inzwischen weltweit etabliert ist. Seit geraumer Zeit unterstützt der R&S®UPV dieses Format mit der I²S-Schnittstellenerweiterung R&S®UPV-B41.

Der kompakte Audio Analyzer R&S®UPV meistert alle in der Audiowelt vorkommenden Messungen. Er beherrscht die extremen Anforderungen in der analogen Technik genauso wie die der hoch auflösenden digitalen Medien (siehe auch NEUES von Rohde&Schwarz (2008) Nr. 196, S. 36–38).



BILD 1 Prinzipieller Signalverlauf einer digitalen Audioübertragung im I²S-Format.



Mehrkanalige Anwendungen

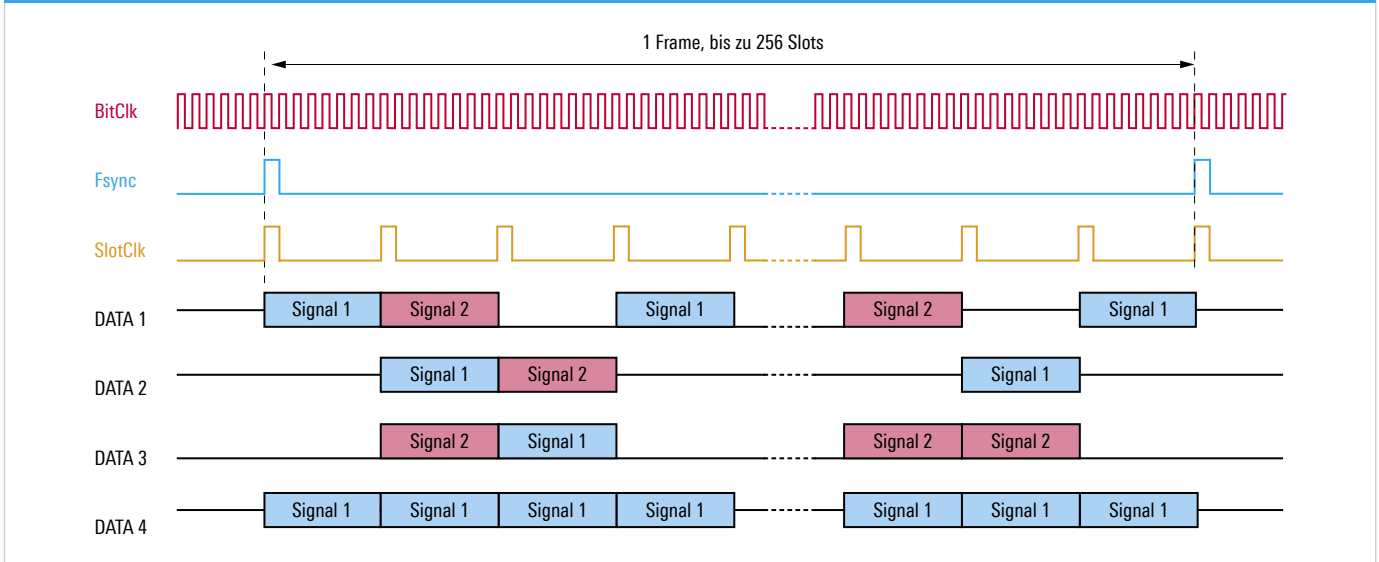


BILD 2 Die Schnittstellenkarte R&S®UPV-B42 kann bis zu 256 Zeitschlitze in bis zu 4 Datenleitungen bedienen.

Doch mit neuen Anwendungen wurden die Grenzen des I²S-Busses erreicht. So führte die Verbreitung der Surround-Sound-Technik zur Entwicklung mehrkanaliger A/D- und D/A-Umsetzer, aber auch Anwendungen im Mobilfunk und die Tonübertragung in Bluetooth®-Komponenten erforderten neue Datenformate für die Übertragung von Audioinhalten.

Die neue Universelle Serielle Schnittstellenkarte (Option R&S®UPV-B42) für den Audioanalysator R&S®UPV trägt dieser Entwicklung Rechnung. Wie alle Optionen der Serie R&S®UPV-B4x wird auch diese Erweiterung in einen der beiden Schächte an der Rückseite des Audioanalysators eingeschoben.

Das Audio-Format I²S – Basis für zahlreiche Weiterentwicklungen

Selbstverständlich unterstützt die neue Schnittstellenkarte R&S®UPV-B42 auch das herkömmliche Audioformat I²S – auf das hier kurz eingegangen wird, weil viele moderne Weiterentwicklungen darauf basieren. Bei diesem Format sind standardmäßig drei Signale definiert: BitClk (Bit Clock), Fsync (Frame Synchronisation) und DATA (BILD 1). Mit jeder Taktperiode des Bit Clocks wird ein Audiodaten-Bit übertragen; DATA ist ein zweikanaliger, gemultiplexer, bit-serieller Datenstrom, Fsync kennzeichnet den Wortanfang im seriellen Datenstrom und unterscheidet den linken und rechten Kanal. Die Audiodaten werden nach dem Prinzip „MSB first“ übertragen, als Zahlenformat kommt das Zweierkomplement zur Anwendung. Gebräuchliche Wortlängen sind 16 bit, 24 bit und 32 bit, die aber auch mit weniger Audio-Bits betrieben

werden können. In der Regel erzeugt der Sendebaustein Takt, Frame-Synchronisation und Daten, in komplexeren Systemen kann der Sendebaustein auch von einem zentralen Systemtakt (Master Clock) synchronisiert werden.

Weiterentwicklungen der seriellen digitalen Audio-datenübertragung erweitern und variieren viele dieser Parameter, arbeiten mit mehr Kanälen, verwenden höhere Taktraten, etc. Die neue Schnittstellenkarte R&S®UPV-B42 bietet Möglichkeiten, die sogar noch über die heutigen Anforderungen hinausgehen.

Mehrkanalige Anwendungen und variable Datenformate

Wandlerbausteine für Mehrkanal-Tonsysteme werden heute mit bis zu acht seriell übertragenen Audio-Kanälen angeboten, im Telekommunikationsbereich gibt es auch höhere Kanalzahlen. Die neue Option R&S®UPV-B42 ist in der Lage, Datenströme mit bis zu 256 im Zeitmultiplex übertragenen Kanälen (Zeitschlitzen) zu generieren bzw. zu analysieren. Dabei sind bis zu vier Datenleitungen mit unterschiedlichen Dateninhalten verwendbar (BILD 2). Die einzelnen Zeitschlitze können individuell mit bis zu zwei unterschiedlichen Test-Signalen oder mit Null-Signalen generiert werden, außerdem lässt sich jeder Kanal in den hochohmigen Zustand („Tristate“) schalten. Der Analysator wertet bis zu acht Audiodatenströme simultan aus, frei wählbar aus allen Datenleitungen bzw. Zeitschlitzen.

Alle bei der digitalen Übertragung verwendeten Signale sind an die jeweilige Applikation anpassbar, BILD 4 zeigt dafür einige Beispiele:

- I BitClk** Ist auf steigende oder fallende Flanken einstellbar.
- I Fsync** Außer der bei I²S üblichen Rechteckform (Fsync ist während der halben Wortlänge „Low“, während der zweiten Hälfte „High“) kann das Signal auch die Länge einer oder mehrerer Taktperioden haben. Beliebige Offsets erlauben es, das Fsync-Signal an jede beliebige Stelle des Frames zu verschieben. Auch hier können die steigenden oder fallenden Flanken verwendet werden.
- I SlotClk** Ähnlich wie Fsync zu jedem Frame ein Signal definiert, ist Slot Clock eine zusätzliche Leitung, die zu jedem Zeitschlitz (Slot) ein Signal erzeugt. Die Einstellmöglichkeiten entsprechen denen beim Fsync-Signal.
- I DATA** Die Datenleitungen können in den Formaten „MSB first“ oder „LSB first“ betrieben werden. Die Länge der Zeitschlitz ist von 8 bit bis 256 bit beliebig einstellbar, sie können mit Audiodatenworten der Länge 8 bit bis 32 bit gefüllt sein. Je nach gewählter Einstellung lassen sich den Audio-

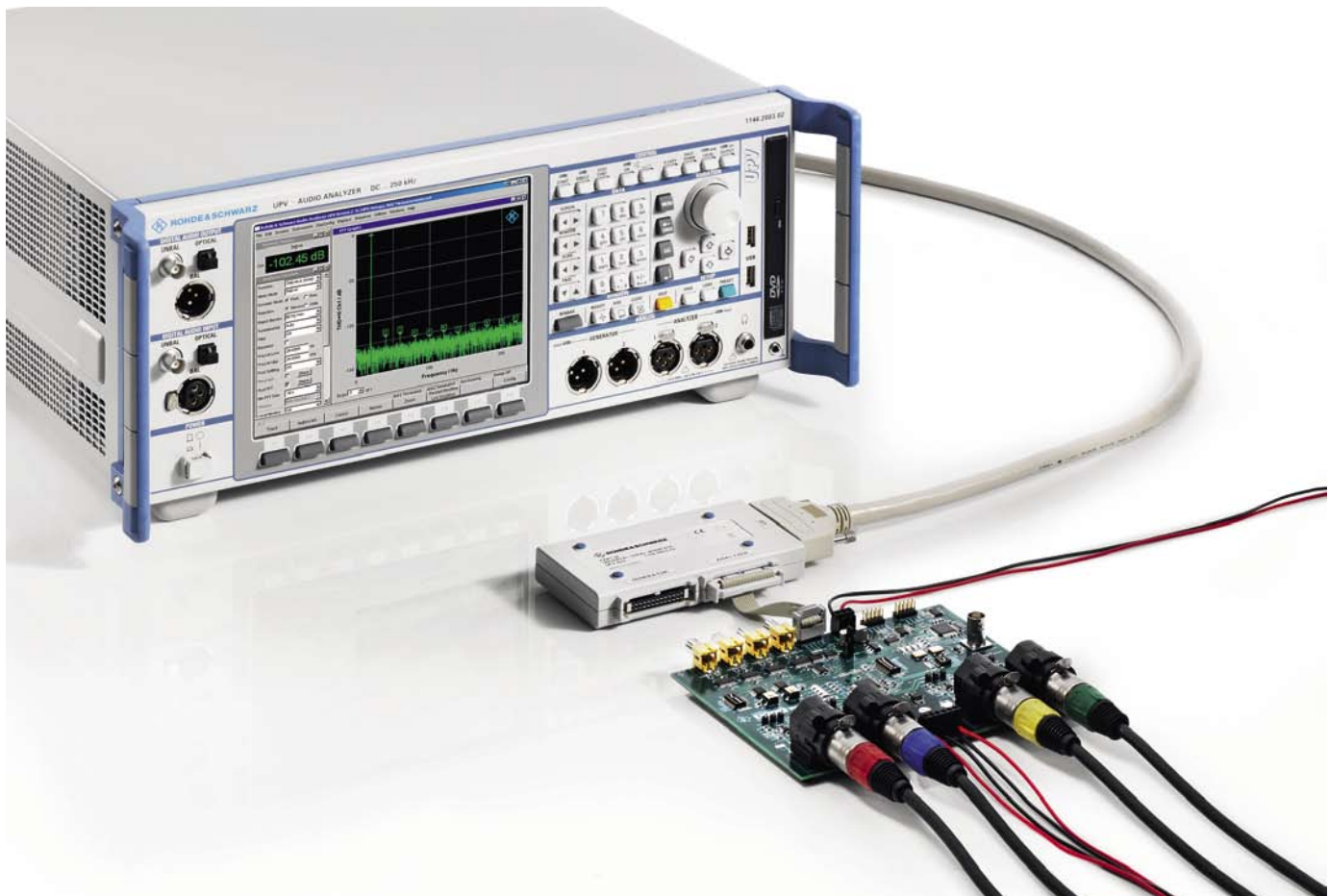
Datenbits sog. „Lead Bits“ ohne Dateninhalt voranstellen, um die Daten beliebig innerhalb des Frames positionieren zu können.

Vielfältige Synchronisationsmöglichkeiten und weitere Features

Generator und Analysator der Schnittstellenkarte lassen sich jeweils mit interner (Master-) oder externer (Slave-) Synchronisation betreiben. Die Synchronisation kann über einen Master Clock, über Fsync oder über Fsync und BitClk erfolgen. Damit ist es möglich, z. B. in komplexeren Systemen den Zentraltakt mit dem Audioanalysator R&S®UPV zu erzeugen oder aber das Messgerät im Slave-Betrieb auf externe Takte zu synchronisieren.

In Spezialanwendungen kann es auch vorkommen, dass das BitClk-Signal nicht kontinuierlich anliegt. Im sog. Gated Clock Mode beherrscht die neue Option R&S®UPV-B42 auch diese

BILD 3 Messung an einer Mehrkanal-Wandlerbaugruppe: Die Probe zur neuen Schnittstellenkarte hilft Reflexionen zu vermeiden, da sie kurze Verbindungen zum Messobjekt erlaubt.



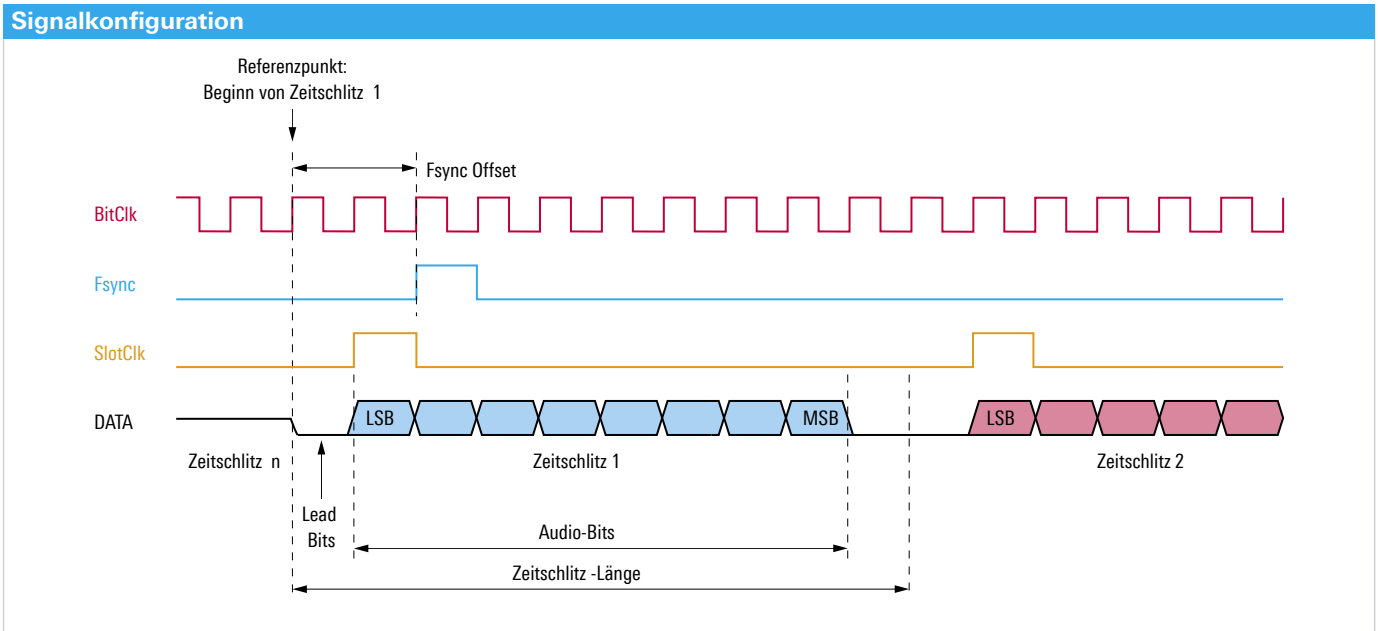


BILD 4 Die Signale für die digitale Datenübertragung können vielfältig eingestellt werden.

Betriebsart sowohl im Generator als auch im Analysator. Zum Prüfen der Jitterempfindlichkeit von Eingangsschaltungen können der Master Clock sowie die Signale Fsync, BitClk und DATA auch verjittert ausgegeben werden.

Aus dem bisher gezeigten ist ersichtlich, dass sich beim Ausnutzen der maximalen Frame- und Datenlängen Taktraten ergeben, die weit in den MHz-Bereich reichen. Aus diesem Grund wurde die Option mit einer Probe ausgestattet, über die kurze und damit reflexionsarme Verbindungen zu den zu untersuchenden Schaltkreisen hergestellt werden können (BILD 3). Alle Logikfamilien von 3,3 V bis hinunter zu 0,9 V sind adaptierbar.

Generator und Analysator auf der Schnittstellenkarte sind unabhängig voneinander konfigurierbar. Damit ist es möglich, auch Bausteine / Baugruppen mit unterschiedlichen Eingangs- und Ausgangsformaten zu untersuchen. Und natürlich arbeiten Generator bzw. Analysator auch mit den anderen Schnittstellen des Audioanalyators R&S®UPV zusammen. Beispielsweise für Messungen an achtkanaligen D/A-Umsetzern lässt sich die neue Option mit der ebenfalls neuen achtkanaligen analogen Eingangskarte R&S®UPV-B48 kombinieren [*].

Die Einstellmöglichkeiten dieser neuen Option zum R&S®UPV sind so zahlreich, dass sie hier nicht umfassend dargestellt werden können. Weitergehende Informationen über die für Spezialanwendungen benötigte Datenformate finden sich im Datenblatt zur R&S®UPV-B42.

Fazit

Mit der neuen Universellen Seriellen Schnittstellenkarte R&S®UPV-B42 stehen digitale Audioschnittstellen zur Verfügung, die extrem vielseitig an beinahe beliebige Audioschaltkreise adaptiert werden können. Bis zu acht digitale Audiosignale sind gleichzeitig messbar. Die Option ist – wie alle Optionen der Serie R&S®UPV-B4x – durch den Anwender selbst nachrüstbar und kann auch in vorhandene Geräte eingebaut werden.

Klaus Schiffner

Literatur

* Audioanalyse in der Produktion: Zeitersparnis durch 16 Messkanäle. Neues von Rohde&Schwarz (2008) Nr. 196, S. 36–38.

Kurzdaten R&S®UPV mit Option R&S®UPV-B42

Ein- / Ausgangsspannungen	für Logikfamilien 0,9 V, 1,2 V, 1,5 V, 1,8 V, 2,5 V, 3,3 V
Datenformat	linear PCM, A-law, μ -law
Frame-Synchronisationsfrequenz	0,85 kHz bis 400 kHz
Anzahl Zeitschlitz pro Frame	1 bis 256
Frame-Synchronisationsflanke	steigend oder fallend
Zeitschlitz-Länge	8 bit bis 256 bit
Audio-Bits	8 bit bis 32 bit
Bit-Reihenfolge	MSB first oder LSB first
Bit-Clock-Flanke	steigend oder fallend
Bit-Clock-Frequenz	bis 55 MHz
Master-Clock-Frequenz	bis 110 MHz

Auf modernstem Stand: EMV-Test

Die Bundeswehr hatte Rohde & Schwarz 1989 beauftragt, ihr EMV-Testzentrum in Greding – eines der größten weltweit – mit der kompletten Messtechnik auszurüsten. Es wurde in den letzten Jahren in enger Zusammenarbeit mit der wehrtechnischen Dienststelle WTD 81 auf den neuesten Stand gebracht. Es besticht durch ein Konzept, das selbst anspruchsvollsten Anforderungen an EMV-Testzentren hervorragend gerecht wird.



BILD 1 Von der Vorstufe abgesetzte Verstärker / Antenneneinheiten erzeugen mit 40 W Leistung bei 40 GHz im Abstand von 1 m Feldstärken zwischen 200 V/m und 300 V/m.

zentrum der Bundeswehr

Trumpf bei EMV-Testzentren: Flexibilität und universelle Einsetzbarkeit

Bei der Entwicklung elektronischer Geräte oder Systeme sind EMV-Tests unabdingbar. Im Gegensatz zu Tests an einzelnen Komponenten können komplexe Systeme wie beispielsweise Fahrzeuge oder Radarsysteme erst zu einem relativ späten Zeitpunkt als komplette Funktionseinheiten auf ihre elektromagnetische Verträglichkeit überprüft werden. Die meisten engen Entwicklungszeitpläne erfordern zudem eine zeitnahe Anpassung der Prüftermine und somit eine wechselnde und kaum planbare Auslastung der Kapazitäten von Testzentren. Auch muss die installierte Prüftechnik möglichst universell für die unterschiedlichsten Prüflinge einsetzbar sein.

Das EMV-Testzentrum der Wehrtechnischen Dienststelle 81 der Bundeswehr in Greding (WTD81) – es zählt zu den größten weltweit – ist ein Musterbeispiel hinsichtlich Flexibilität, Vielseitigkeit und Einsetzbarkeit für vollautomatische Messungen. Rohde&Schwarz hatte es bereits 1989 mit kompletter Messtechnik ausgerüstet, in den letzten Jahren wurde es im Rahmen der Erneuerung und Erweiterung auf den neuesten Stand gebracht.

Ausgeklügeltes Konzept nutzt die Systemressourcen optimal

Die Zeitplanung jedes Entwicklungsprojekts und damit auch die Festlegung der damit einhergehenden EMV-Prüfungen müssen im Laufe einer Entwicklung häufig angepasst werden. Die Entwickler sind ständig mit den Fragen konfrontiert, ob ein Prüfling modifiziert werden muss, ob dies vor Ort durchgeführt werden kann oder ob ein weiterer Testtermin notwendig ist. Oft ist auch die Messdauer und damit die Belegung des Labors nicht genau zu bestimmen. Moderne EMV-Testzentren müssen also dem Spannungsfeld zwischen nicht planbarem, kurzfristigem Bedarf an Testkapazität und effizienter, lückenloser Auslastung gerecht werden.

Diese Vorgaben waren Maßstab bei der Konzeption des EMV-Testzentrums der Wehrtechnischen Dienststelle 81 der Bundeswehr. Für die Messungen stehen eine große und eine kleine Absorberhalle sowie eine Modenverwirbelungskammer zur Verfügung. Jeder Messhalle ist eine Messwarte mit Messempfänger, Signalgenerator, Leistungsmesser, Prüflingsüberwachung und Mess-Software R&S®EMC32 von Rohde&Schwarz fest zugeordnet (BILD 3). In einem

geschirmten zentralen Verstärkerraum stehen für Frequenzen zwischen 9 kHz und 100 MHz Verstärker mit Leistungen von 5 kW und 10 kW, für Frequenzen zwischen 80 MHz und 1 GHz Verstärker mit 2 kW und 5 kW bereit (BILD 2 und 4).

BILD 2 Die Verstärker sind in einem zentralen, abgeschirmten Raum untergebracht und den jeweiligen Messhallen beliebig zuordenbar.



Die erforderliche Leistung ist abhängig vom jeweiligen Test, also z. B. von der Prüfschärfe, dem Messabstand oder von der verwendeten Antenne. Nicht immer ist die maximal mögliche Leistung an allen Messplätzen erforderlich. Deshalb sind die Verstärker den einzelnen Messhallen oder – für Systemtests und -kalibration – den Lastwiderständen frei zuordenbar und gewährleisten effizienten Messbetrieb mit den jeweils geeignetsten Verstärkern. Bei Bedarf steht in jedem Messraum auch die maximale Leistung zur Verfügung. Die vorhandene Redundanz erhöht die Systemverfügbarkeit, so dass der Messbetrieb z. B. auch während Wartungsarbeiten ohne Einschränkungen weiterlaufen kann.

Kompromisslos in puncto Sicherheit

Ein wichtiger Planungsaspekt, der keine Kompromisse zulässt, ist die Sicherheit des Systems. Die Risiken im Umfeld von EMV-Messungen sind bekannt: Ein falsch gestecktes Kabel kann nicht nur die Messung verfälschen, sondern bei hohen HF-Leistungen auch das Messsystem und den Prüfling beschädigen oder im schlimmsten Fall sogar zerstören – z. B. dann, wenn das elektromagnetische Feld versehentlich am falschen Messplatz erzeugt wird.

In Greding sind solche Konfigurationsfehler ausgeschlossen. Dies gewährleisten die fest installierte HF-Verkabelung zusammen mit der automatischen Relais-Umschaltung. Der Status jedes Leistungsrelais wird vor Freigabe des Pfades zurückgemeldet. Auch die Festlegung der Verstärkerzuordnung an einer zentralen Stelle vermeidet jeglichen Konfigurationskonflikt. Dabei wurden im Rahmen eines völlig neu gestalteten Sicherheitskonzepts nicht nur alle Hallentüren in den Sicherheits-Kreis aufgenommen, vielmehr berücksichtigt die Interlock-Meldung auch weitere wichtige Parameter des Testsystems:

BILD 3 Jeder Messhalle ist eine eigene Messwarte mit Messempfänger, Signalgenerator, Leistungsmesser, Prüflingsüberwachung und Mess-Software von Rohde&Schwarz fest zugeordnet.

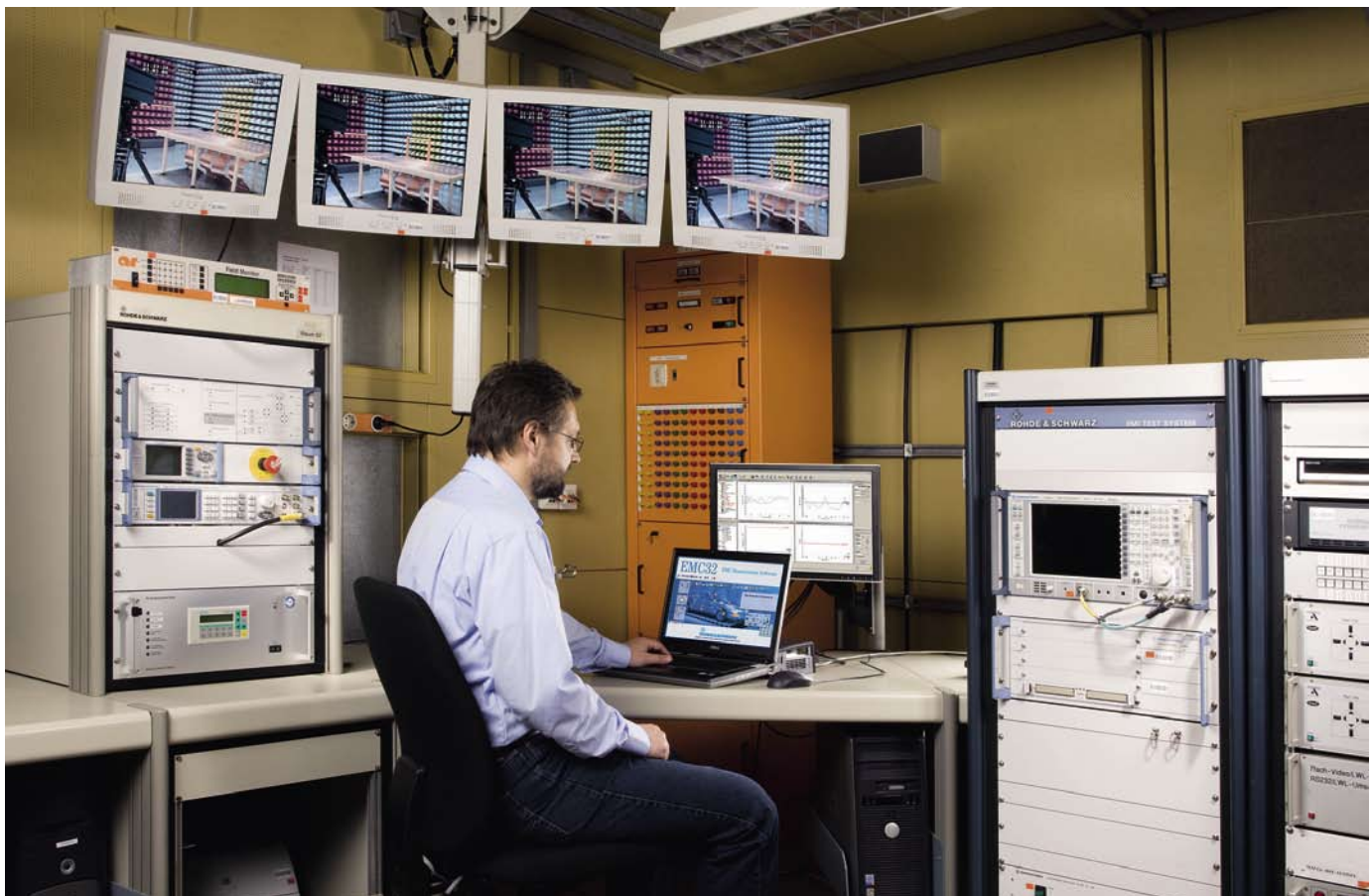




BILD 4 Gestell zum Steuern der Verstärkerumschaltung im Verstärker-
raum und im Hintergrund das dazugehörige HF-Leistungsschaltfeld.

- Druck und Temperatur des Kühlwassers der Verstärker
- Temperatur des Verstärkerraums
- Endstellung der HF-Relais
- Korrektes Einrasten der Antennen in H- und V-Position
- Kühlung des E/H-Generators

Zur Sicherheit des Bedienpersonals tragen nicht nur große Leuchtanzeigen an den Eingangstüren zu den Hallen bei, zusätzlich lässt sich mit einer „Manntaste“ der Sicherheitskreis beim Betreten der Hallen dauerhaft öffnen. Jedem Verstärker ist die jeweilige Sicherheitsschleife des Messplatzes zugeordnet. Damit ist sichergestellt, dass z. B. beim Öffnen einer Hallentür der richtige Verstärker abgeschaltet wird, ohne den Messbetrieb in den anderen Räumen zu beeinträchtigen. Der Bediener erhält die Signalisierung des System- und Sicherheitsstatus direkt an den Arbeitsplatz. Zusätzlich erkennt die Mess-Software R&S®EMC32 von Rohde&Schwarz automatisch die Konfiguration und berücksichtigt sie im Messablauf. Eine detaillierte Anzeige des kompletten

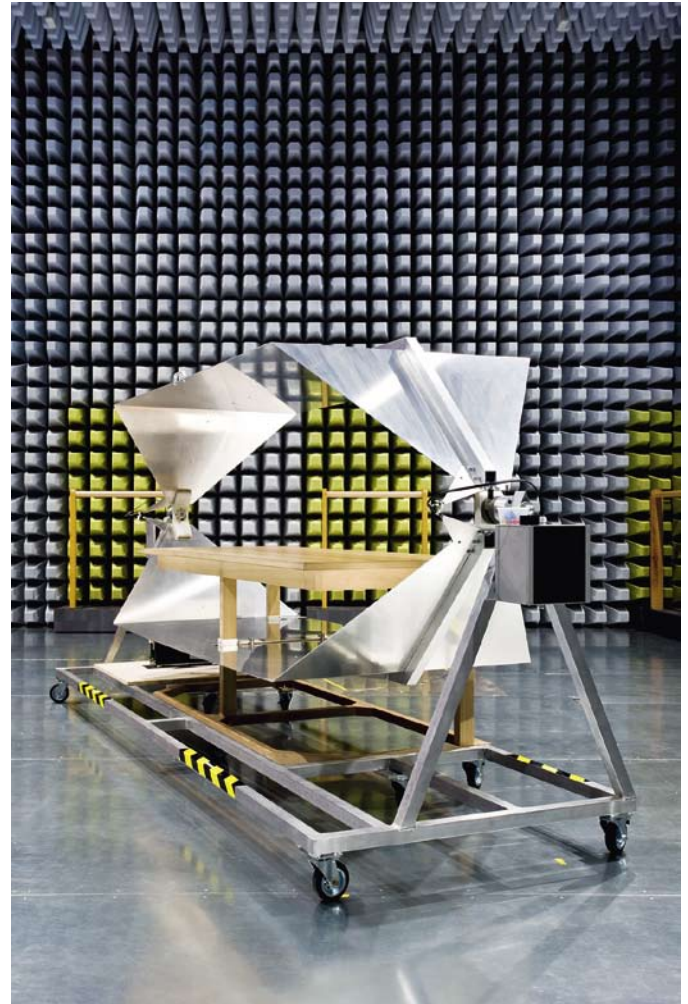


BILD 5 Streifenleitung für den Test von Komponenten. Durch den
abnehmbaren Tisch ist das System auch für geleitete Messungen
einsetzbar.

Systemstatus einschließlich des Zustands jedes einzelnen Sicherheitsschalters erfolgt zentral und erlaubt die schnelle Lokalisierung und Fehlersuche.

Eine weitere wichtige Voraussetzung für die effiziente Nutzung des Messsystems ist die schnelle und flexible Überwachung der Funktion von Prüflingen verschiedenster Art. Wegen der Komplexität vieler Prüflinge stößt ein rein visuelles Monitoring schnell an Grenzen. Hier bietet das EMV-Testsystem in Greding verschiedenste Kommunikationsmöglichkeiten, bis hin zur Überwachung kompletter Fahrzeuge über deren Bussystem. Komplexe Prüflinge sind häufig bereits mit einer eigenen software-basierten Prüfumgebung ausgestattet, über die der Datenaustausch mit der EMV-Software R&S®EMC32 per TCP/IP einfach hergestellt werden kann. In diesen Fällen kann die Software die Störfestigkeit verschiedener Komponenten des Prüflings mit einer einzigen Messung bestimmen.



BILD 6 Der Breitbanddipol R&S®HK5000 von Rohde&Schwarz erzeugt dank seines hohen Wirkungsgrads sehr hohe Feldstärken im Frequenzbereich 20 MHz bis 100 MHz.



BILD 7 Mobile Testsysteme erzeugen bis 18 GHz gepulste und ungepulste Felder mit Stärken bis 600 V/m.

Feldstärken für jeden Bedarf

Durch seine effiziente Felderzeugung erreicht das Testsystem über den gesamten Frequenzbereich von 9 kHz bis 40 GHz lückenlos eine Minimalfeldstärke von 200 V/m und deckt damit alle Prüfschärfen des MIL-STD 461 ab. Dies gilt auch für Tests großer Prüflinge bei den dafür erforderlichen größeren Messentfernungen.

Unterhalb von 20 MHz erfolgt die Felderzeugung geleitet mittels E/H-Generatoren. Die verwendete Streifenleitung (Strip-line) erzeugt außer der elektrischen auch die magnetische Feldkomponente in beiden Polarisierungen, was den Verhältnissen im realen Umfeld entspricht. Durch den abnehmbaren Tisch bei der Streifenleitung für Komponententests ist der Messaufbau auch für geleitete Tests einsetzbar (BILD 5). Oberhalb von 80 MHz stehen gerichtete, leistungsfeste und kompakte LPD-Antennen zur Verfügung (BILD 8). Sowohl die Streifenleitung als auch die LPD-Antennen sind bewährte Komponenten, die seit Jahren eingesetzt werden.

Besonders kritisch ist der Frequenzbereich zwischen 20 MHz und 100 MHz, da es hier aufwendig ist, hohe Feldstärken zu erreichen. Beim EMV-Testzentrum in Greding kommt dafür der speziell entwickelte Breitbanddipol R&S®HK5000 zum Einsatz (BILD 6). Er ist gegenüber den bisher verwendeten, stark verkürzten LPD-Antennen nicht nur deutlich kompakter, sondern benötigt um 50 % weniger Eingangsleistung bzw. erzielt mit bis zu 10 kW Leistung eine deutlich höhere Feldstärke. Damit ist diese Frequenzlücke effizient geschlossen.

Ein zweiter wichtiger Aspekt ist die Felderzeugung im Mikrowellenbereich, vor allem für den Test der Beeinflussung durch Radargeräte im militärischen, aber auch im zivilen Bereich. Zwei mobile EMV-Testsysteme mit Verstärkern von 200 W bzw. 500 W erzeugen bis 18 GHz gepulste und ungepulste Felder mit Stärken bis 600 V/m (BILD 7). Bei 40 GHz ergeben sich jedoch bereits bei kurzen, flexiblen Hohlleitern von 3 m Länge hohe Verluste von 4,5 dB, also 65 % der Leistung. Diese Längen sind aber notwendig, da im Mikrowellenbereich nicht der komplette Prüfling, sondern lediglich seine

kritischen Bereiche bestrahlt werden. Diese können auch an unzugänglicheren Orten, z. B. in einem Fahrzeug, platziert sein. Die Lösung sind von den Vorverstärkern abgesetzte, direkt an der Antenne betriebene Verstärker (BILD 1). Hiermit lassen sich mit 40 W bereits Feldstärken zwischen 200 V/m und 300 V/m in einem Abstand von 1 m erzielen.

Fazit

Das von Rohde&Schwarz in enger Zusammenarbeit mit der Wehrtechnischen Dienststelle 81 der Bundeswehr in Greding erstellte Systemkonzept kombiniert die optimale Nutzung der Systemressourcen und eine effiziente Felderzeugung mit einem hohen Automatisierungsgrad und der Sicherheit durch reproduzierbare Messabläufe. Das realisierte Systemkonzept erfüllt die hohen Anforderungen an ein Testhaus bezüglich Qualität und Flexibilität hervorragend.

Jürgen Kausche; Werner Leimer

Rohde & Schwarz – Weltmarktführer bei EMV-Testlösungen

Rohde&Schwarz liefert den kompletten Bereich an Messausrüstungen aus einer Hand. Jahrzehntelange Erfahrung und ein vollständiges Gerätespektrum schaffen die Voraussetzung, selbst Großsysteme für die Messung von Störbeeinflussung errichten und übergeben zu können – schlüsselfertig. Die Geräte erfüllen sowohl in elektrischer als auch in mechanischer Hinsicht alle internationalen Standards. Zum Portfolio gehören:

- Komplette schlüsselfertige EMV-Testzentren für Messungen der elektromagnetischen Verträglichkeit und Störfestigkeit (EMI und EMS)
- EMI-Messempfänger und Spektrumanalysatoren für Compliance- und Precompliance-Messungen
- Ein umfassendes Paket an Zubehör
- Ausgefeilte EMV-Mess-Software

BILD 8 Kompakte LPD-Antennen erzeugen oberhalb von 80 MHz die für Tests erforderlichen gerichteten elektromagnetischen Felder.



Kostengünstiger EMV-Messempfänger

Der neue EMV-Messempfänger R&S®ESL vereint zwei Geräte in einem: Er misst EMV-Störungen nach dem neuesten Stand der Normung und ist zudem ein vollwertiger Spektrumanalysator für vielfältige Laboranwendungen – das ideale Gerät für kleine Budgets.



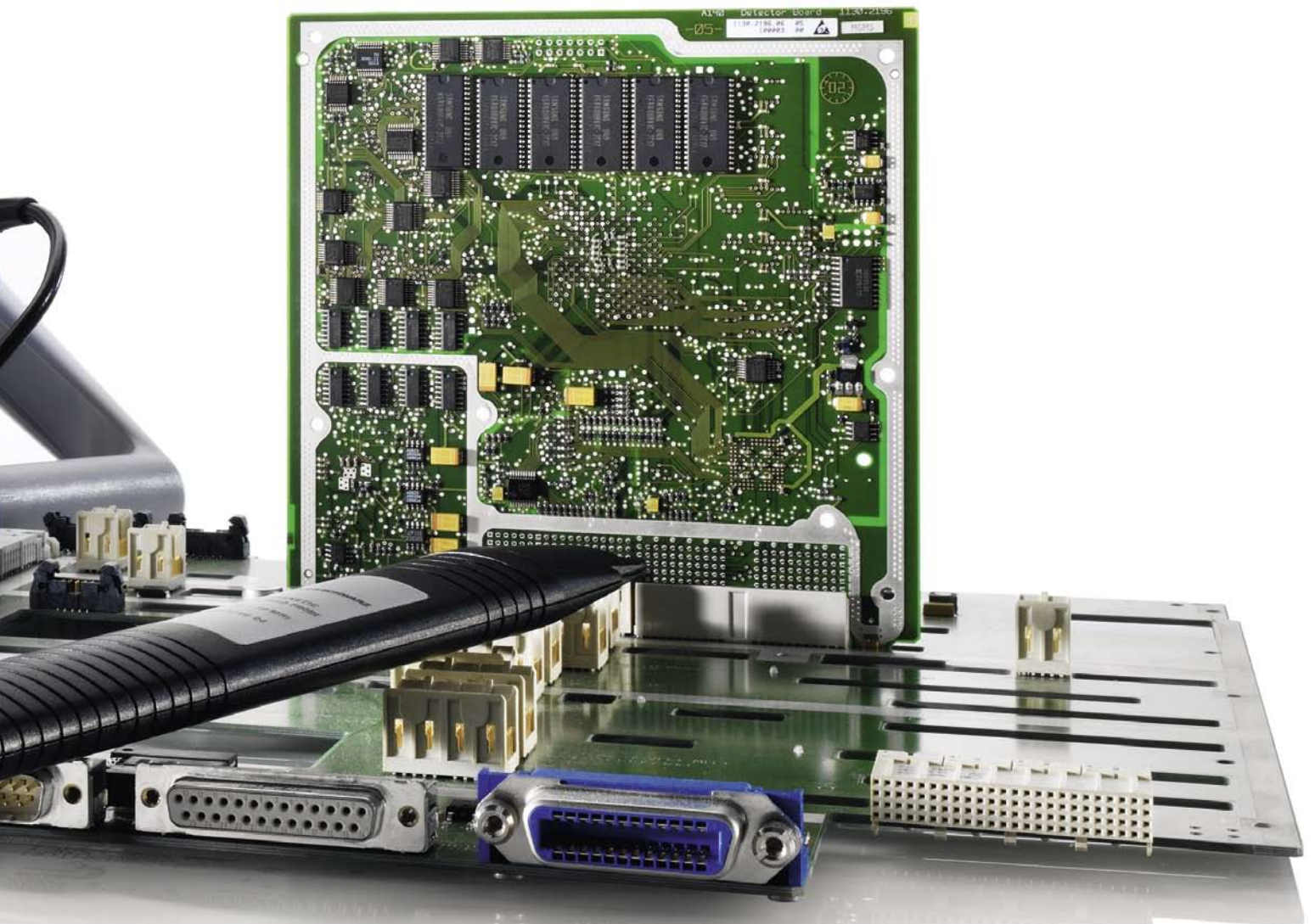
nger für das Entwicklungslabor

Viel Messtechnik für kleine Budgets

Jedes elektrische Gerät – sei es ein PC, ein Haushaltsgerät oder die Steuereinheit für einen PKW – muss auf seine elektromagnetische Verträglichkeit geprüft werden. Die Erfahrung zeigt, dass das frühzeitige Berücksichtigen der EMV-Anforderungen und Kontrollieren der EMV-Maßnahmen in der Entwicklungsphase die Zertifizierung des fertigen Produkts erleichtert und teure Nachentwicklungen vermeidet.

Compliance-Messempfänger wie der R&S®ESU oder der R&S®ESCI sind für Diagnose- oder Übersichtsmessungen oft überdimensioniert und zu kostspielig. In solchen Fällen findet ein preisgünstiges Gerät wie der R&S®ESL (BILD 1) seinen Platz, der neben seiner Funktion als Störmessempfänger auch als vollwertiger Spektrumanalysator einsetzbar ist. BILD 2 zeigt einen Überblick über die verschiedenen Modelle.

BILD 1 Entwicklungsbegleitende Diagnosemessungen mit dem R&S®ESL und Nahfeld-Sondensatz R&S®HZ-14.



Schnell und sicher messen durch automatische Messabläufe

Untersuchungen der Störemissionen eines Prüflings führt der R&S®ESL entweder rein manuell oder mittels teil- oder voll-automatischer Messabläufe durch. Der automatisierte Messablauf garantiert reproduzierbare Ergebnisse, spart erheblich Messzeit und erleichtert den Anwendern, die EMV-Tests nicht regelmäßig durchführen, die Messung. Unabhängig davon, ob die Störspannung, Störleistung oder Störfeldstärke gemessen wird, besteht solch ein automatischer Testablauf aus drei Phasen:

- Einer schnellen Übersichtsmessung mit Peak- (und Average-) Detektor; Grundlage ist die frei programmierbare Scan-Tabelle, die die Frequenzbereiche und Empfängereinstellungen wie Bandbreite und Messzeit festlegt.
- Ermittlung derjenigen Frequenzen, deren Pegelwerte in der Nähe oder oberhalb der vorgegebenen Grenzwerte liegen (Datenreduktion).
- Der automatischen Nachmessung mit den CISPR-Detektoren nur auf diesen kritischen Frequenzen.

Alle Parameter für die Datenreduktion und die Nachmessung auf den kritischen Frequenzen können schnell und übersichtlich in einem Fenster konfiguriert werden (BILD 3).

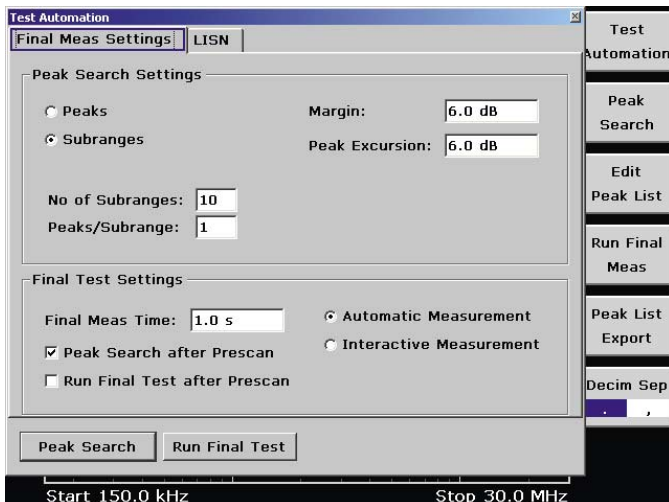


BILD 3 Einstellfenster für Datenreduktion und Nachmessung. Die Nachmessfrequenzen werden entweder für die absoluten Peaks oder als Teilbereichsmaxima (Subrange) automatisch ermittelt. Die relative Größe eines Störpegels (Peak Excursion), sein Abstand zum Grenzwert (Margin) und die maximale Anzahl sind einstellbar (1 bis 500). Die Nachmessung auf den ermittelten Frequenzen läuft dann wahlweise vollautomatisch oder interaktiv ab.

Modell	Frequenzbereich	Mitlaufgenerator
R&S®ESL3, Modell 03	9 kHz bis 3 GHz	–
R&S®ESL3, Modell 13	9 kHz bis 3 GHz	1 MHz bis 3 GHz
R&S®ESL6, Modell 06	9 kHz bis 6 GHz	–
R&S®ESL6, Modell 16	9 kHz bis 6 GHz	1 MHz bis 6 GHz

BILD 2 Die verschiedenen Modelle des R&S®ESL.

Netznachbildungen fernsteuern mit dem R&S®ESL

Die Störspannungsmessung erfasst Störungen, die auf Netzleitungen im unteren Bereich des HF-Spektrums auftreten. Die Koppelinrichtung für diese leitungsgebundenen Störsignale ist meist eine V-Netznachbildung, an die die Netz- und Messsignalleitungen angeschlossen werden. Grenzwerte gibt es z. B. gemäß den CISPR-Produktnormen für den Bereich 9 kHz bzw. 150 kHz bis 30 MHz (BILD 4). Zur Ermittlung der maximalen Störaussendung ist die Messung auf allen Phasen der Netzleitung durchzuführen.

Rohde&Schwarz bietet für diese Messung die 2-Leiter-V-Netznachbildung R&S®ENV216 und die 4-Leiter-V-Netznachbildungen R&S®ESH2-Z5 und R&S®ENV4200 an. Über ein Steuerkabel schaltet der R&S®ESL automatisch die verschiedenen Phasen der Netznachbildung um (BILD 5).

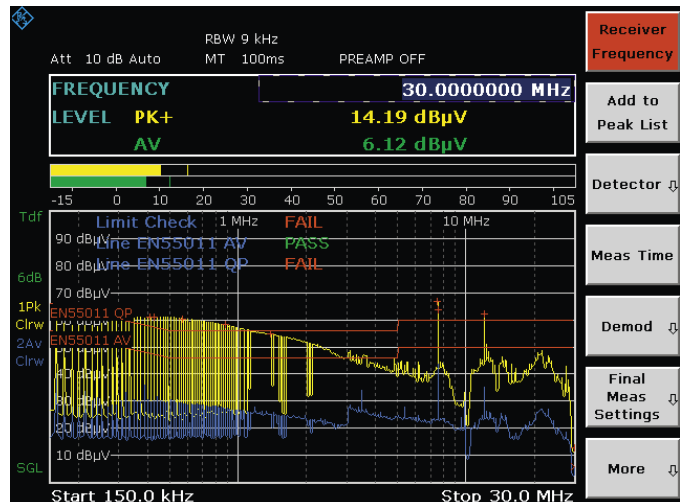


BILD 4 Ergebnis einer Übersichtsmessung der Störspannung mit gleichzeitiger Peak-Bewertung (gelbe Kurve) und Average-Bewertung (blaue Kurve). Die in der Datenreduktion ermittelten kritischen Frequenzen für die Nachmessung sind durch entsprechende Symbole gekennzeichnet. Der R&S®ESL stellt bis zu sechs Messkurven mit unterschiedlichen Bewertungsdetektoren gleichzeitig dar; jede Messkurve hat im Empfängerbetrieb max. 1 Mio. Messpunkte.

In der Nachmessung ermittelt der R&S®ESL die Störpegel auf den ausgewählten Phasen und sucht anschließend das Störmaximum. Überschreitungen der ausgewählten Grenzwertlinien zeigt er in der Ergebnistabelle der Nachmessung an (BILD 6). So führt er eine Störspannungsmessung vollautomatisch durch. Die aktive Übersteuerungserkennung mit Auto-range-Funktion hält den Eingangspegel automatisch im optimalen Bereich und sorgt für stets gültige Messwerte.

Eine Auswahl wichtiger Grenzwerte (LIMIT LINES) für Störspannungen, Störleistungen und Störfeldstärken kommerzieller Standards ist im R&S®ESL bereits enthalten. Neue Grenzwertlinien können in Tabellenform eingegeben und gespeichert werden.

Störfeldstärkemessungen mit dem R&S®ESL

Neben der Störspannungsmessung bei tiefen Frequenzen ist die Messung der Störfeldstärke ab 30 MHz für die meisten Produktstandards die vorgeschriebene Methode zur Beurteilung von Störaussendungen. Während der Entwicklungsphase ist es am einfachsten, EMV-Hotspots auf Baugruppenebene mit Nahfeldsonden aufzuspüren. Die SONDENSÄTZE R&S®HZ-11, R&S®HZ-14 oder R&S®HZ-15 für E- und H-Feldmessungen leisten hier gute Dienste (BILD 1).

Im nächsten Schritt reicht ein R&S®ESL zusammen mit einer Breitbandantenne bereits aus, um auf einem Freifeldmessplatz oder in einer Schirmkammer einen sicheren Überblick über die gestrahlten Störaussendungen des gesamten Messobjekts zu gewinnen. Auto-Ranging und Übersteuerungserkennung führen auch hier zu reproduzierbaren und verlässlichen Ergebnissen. Der R&S®ESL6 deckt mit seinem Frequenzbereich bis 6 GHz die meisten zivilen Normen ab, z. B. die CISPR 22 für Informationstechnische Ausrüstung, die 2005 bis 6 GHz erweitert wurde.

Universeller Spektralanalysator für den täglichen Einsatz im Labor

Der R&S®ESL ist als vollwertiger Spektralanalysator auch für den allgemeinen Einsatz in Labor, Entwicklung oder im Service bestens qualifiziert. Im „Spectrum Mode“ sind Handhabung und Bedienfunktionen identisch mit denen der Analytoren der Familie R&S®FSL. Wie diese bietet der R&S®ESL zahlreiche komplexe Messfunktionen für eine Vielzahl klassischer Analysatoranwendungen. Dazu gehören u. a. vorkonfigurierte wie frei konfigurierbare Messungen der Kanal- und Nachbarkanalleistung, der belegten Bandbreite, Funktionen zur Burstleistungsmessung, Intermodulations- (BILD 7) und Rauschzahlmessungen.

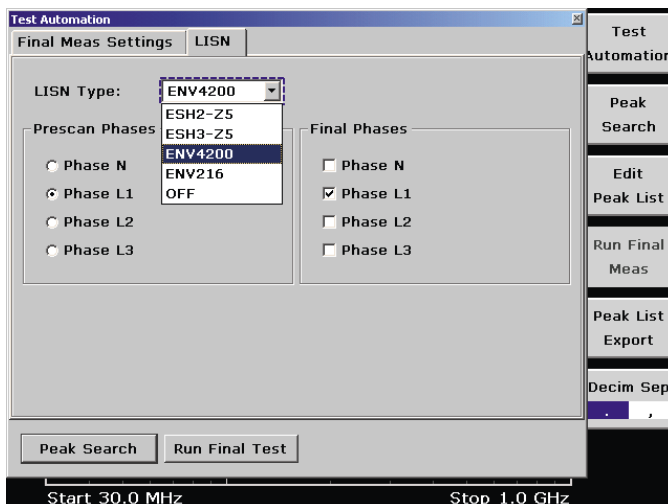


BILD 5 Fenster zur Auswahl der angeschlossenen Netznachbildung von Rohde&Schwarz und zur ferngesteuerten Phasenumschaltung für die automatische Übersichts- und Nachmessung.

Trace/Detector	Frequency	Level dBµV	DeltaLimit
2 Average	162.0000 kHz	46.21 L1 gnd	-9.15 dB
1 Quasi Peak	402.0000 kHz	53.62 L1 gnd	-4.19 dB
1 Quasi Peak	414.0000 kHz	54.14 L1 gnd	-3.43 dB
2 Average	442.0000 kHz	30.06 L1 gnd	-17.0 dB
1 Quasi Peak	482.0000 kHz	53.80 L1 gnd	-2.50 dB
1 Quasi Peak	750.0000 kHz	50.37 L1 gnd	-5.63 dB
2 Average	3.4900 MHz	33.83 L1 gnd	-12.2 dB
1 Quasi Peak	5.2180 MHz	30.43 L1 gnd	-29.6 dB
2 Average	5.2180 MHz	21.55 L1 gnd	-28.5 dB
1 Quasi Peak	6.7460 MHz	26.91 L1 gnd	-33.1 dB
2 Average	6.7460 MHz	19.46 L1 gnd	-30.5 dB
2 Average	8.4740 MHz	11.72 L1 gnd	-38.3 dB
1 Quasi Peak	10.3340 MHz	24.08 L1 gnd	-35.9 dB
2 Average	10.3340 MHz	10.27 L1 gnd	-39.7 dB
1 Quasi Peak	10.3900 MHz	20.46 L1 gnd	-39.5 dB

BILD 6 Endergebnis einer automatischen Störspannungsmessung. Die Nachmessung mit Quasipeak- und Average-Bewertung erfolgt auf den mit der schnellen Übersichtsmessung ermittelten kritischen Frequenzen. Die Phase des Störmaximums und der Abstand zum Grenzwert werden direkt angezeigt.

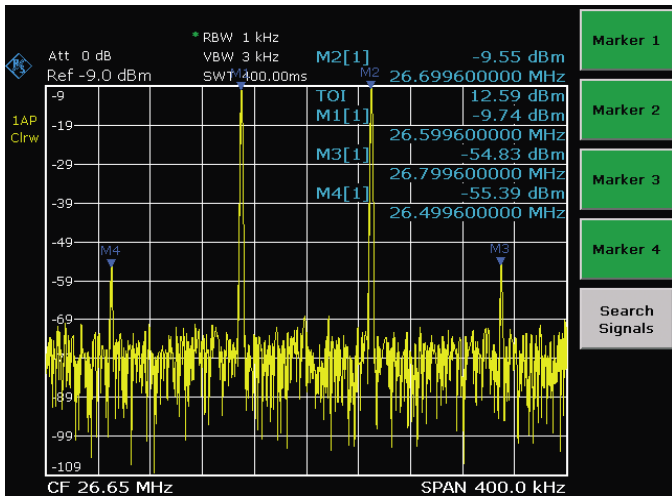


BILD 7 Intermodulationsmessung mit R&S®ESL: Auf Tastendruck lässt sich der Intercept-Punkt 3. Ordnung (IP3) aus dem Spektrum bestimmen. Die Nutzträger werden automatisch erkannt und die Intermodulationsseitenbänder daraus ermittelt. Mit maximal 95 dB bietet der Empfänger einen sehr guten Dynamikbereich. Eine HF-Dämpfungseinstellung in 5-dB-Schritten erleichtert die optimale PegelEinstellung.

Auch im Spektralanalysatorbetrieb sind Übersichtsmessungen des Störemissionsspektrums mit allen verfügbaren Bandbreiten darstellbar. Der Anwender kann zwischen den normenkonformen CISPR-Bandbreiten (einschl. 1-MHz-Impulsbandbreite) und 3-dB-Bandbreiten (10 Hz bis 10 MHz) wählen. Mit dem Umschalten auf logarithmische Skalierung erzeugt die Sweep-Darstellung Messkurven, die mit den gewohnten Messempfängerdiagrammen direkt vergleichbar sind, einschließlich der zugehörigen Grenzwertlinien. Die Anzahl der Messpunkte ist im Analysatorbetrieb über einen weiten Bereich einstellbar (125 bis max. 32001 pro Messkurve).

Die beiden R&S®ESL-Grundmodelle sind auch mit eingebautem Mitlaufgenerator verfügbar, die den vollen Frequenzbereich des jeweiligen Messempfängermodells abdecken. Damit führt der R&S®ESL schnell und einfach Messungen von Frequenzgang und Dämpfung an Filtern oder Kabeln durch. Der n-dB-Marker bestimmt z. B. die 3-dB-Bandbreite eines Bandpassfilters auf Knopfdruck. Mit einer externen VSWR-Messbrücke misst der Empfänger Rückflussdämpfung bzw. Anpassung.

BILD 8 Diagnosemessung mit dem R&S®ESL an ungeschirmten Telekommunikations-Anschlüssen mit Achtdraht-ISN R&S®ENY81 und EMV-Messsoftware R&S®ES-SCAN.



Hochgenaue Leistungsmessungen unterstützt der R&S®ESL mit der Option R&S®FSL-K9. Damit kann der Anwender alle Messköpfe des Leistungsmessers R&S®NRP direkt an den Empfänger anschließen und benötigt keinen separaten Leistungsmesser.

Diagnosemessungen leicht gemacht mit der EMV-Messsoftware R&S®ES-SCAN

Die EMV-Messsoftware R&S®ES-SCAN ist die ideale Ergänzung zum R&S®ESL. Sie ist eine kostengünstige und anwenderfreundliche Windows®-Software, die speziell für entwicklungsbegleitende EMV-Messungen entwickelt wurde (BILD 8). Die Hauptanforderungen der Störemissionsmesstechnik nach zivilen Standards sind hier in einer sehr einfach zu bedienenden Software zusammengefasst:

- Messeinstellung und Speicherung
- Scan- und Sweep-Datenerfassung und -Anzeige
- Automatische Datenreduktion
- Spitzenwert-Ermittlung mit Akzeptanzanalyse
- Anzahl der kritischen Peaks oder Teilbereiche wählbar
- Endmessung mit Worst-Case-Ermittlung (z. B. bei Netznachbildungen mit automatischer Phasenumschaltung)
- Report-Erstellung und Messdatenspeicherung

Fazit

Leistungsstark, kompakt und preisgünstig lässt sich der R&S®ESL vielseitig und mobil in Entwicklungsabteilungen sowie für Vormessungen in EMV-Labors und Testhäusern einsetzen. Dabei unterstützt er den Anwender mit einem vollwertigen Analysatorbetrieb, automatischen Messabläufen und den neuesten Bewertungsdetektoren nach CISPR 16-1-1.

Matthias Keller; Karl-Heinz Weidner

Optionen zum R&S®ESL

- R&S®FSL-B4: Ofenquarzreferenz (OCXO) Alterung 1×10^{-7} /Jahr
- R&S®FSL-B5: Zusätzliche Schnittstellen (Video-Ausgang, ZF-Ausgang, Steuerausgang Rauschquelle, Fernsteuer-Schnittstelle für Netznachbildung, Schnittstelle für R&S®NRP-Leistungsmessköpfe)
- R&S®FSL-B8: Gated-Sweep-Funktion
- R&S®FSL-B10: IEC-Bus-Schnittstelle (GPIB)
- R&S®FSL-B22: HF-Vorverstärker (3/6 GHz)
- R&S®FSL-B30: DC-Stromversorgung 12 V bis 28 V
- R&S®FSL-B32: NiMH-Akkupack

Software / Firmware

- EMV-Messsoftware R&S®ES-SCAN
- Messdemodulatoren für AM, FM, ϕ M
- Leistungsmessung mit R&S®NRP-Leistungsmessköpfen
- Applikations-Firmware für Rauschzahl- und Verstärkungsmessungen

Kurzdaten R&S®ESL3 / R&S®ESL6

Frequenzbereich	R&S®ESL3	9 kHz bis 3 GHz
	R&S®ESL6	9 kHz bis 6 GHz
Auflösebandbreiten (–3 dB)		10 Hz bis 10 MHz; Stufung 1 / 3 / 10 zusätzlich 20 MHz (im Zero-Span und Empfängerbetrieb)
EMI-Bandbreiten (–6 dB)		200 Hz, 9 kHz, 120 kHz, 1 MHz (Impulsbandbreite)
Pegelmessunsicherheit		
10 MHz < f ≤ 3 GHz		<0,5 dB
3 GHz < f ≤ 6 GHz		<0,8 dB
1-dB-Kompressionspunkt		nominal +5 dBm
Impulsfestigkeit		150 V / 10 mWs (10 μ s)
Eigenrauschanzeige (DANL)		
mit Vorverstärker 50 MHz bis 3 GHz		<–152 dBm (1 Hz)
	500 MHz	typ. –162 dBm (1 Hz)



Digitaler Video-Signalgenerator für den Test moderner Anzeigegeräte

Der R&S®DVSG bietet die derzeit größte Vielfalt an Schnittstellen und Testsignalen in nur einem Gerät. Er generiert sowohl analoge als auch digitale Video- und Audiosignale und enthält einen MPEG-2-Transportstrom-Recorder und -Player.

Schnittstellen und Signale selbst für anspruchsvollste Szenarios

Die altbekannte Kathodenstrahlröhre hat weitgehend ausgedient, neue Anzeigetechnologien erobern stürmisch den Markt (siehe Seite 48). Mit dieser Entwicklung gehen neue Schnittstellen und Signale einher – mit dem entsprechenden Bedarf für Tests in der Entwicklung, Fertigung und in der Qualitätssicherung. Genau dafür wurde der neue Digital Video Signal Generator R&S®DVSG entwickelt (BILD 1). Er bietet alle

gängigen analogen und digitalen Video- und Audio-Schnittstellen (BILD 3) sowie Testsignale für SDTV und HDTV zum Prüfen moderner TV-Displays und Beamer. Die gleichzeitige Verfügbarkeit der Signale an allen¹⁾ kompatiblen Schnittstellen vereinfacht die Tests zusätzlich. Der Generator kann als Besonderheit komplexe Bewegtbildsequenzen in hoher Auflösung ausgeben. Dies ist Voraussetzung für den Test wichtiger grundlegender Eigenschaften moderner Anzeigegeräte, speziell dafür entwickelte Testsignale gehören

BILD 1 Der R&S®DVSG ist eine präzise Signalquelle mit allen modernen digitalen Schnittstellen und entsprechenden Testsignalen – auch im HD-Format und mit Bewegtbildsequenzen. Er ist auch als reiner Transportstrom-Player und -Recorder einsetzbar.



Bedienoberfläche

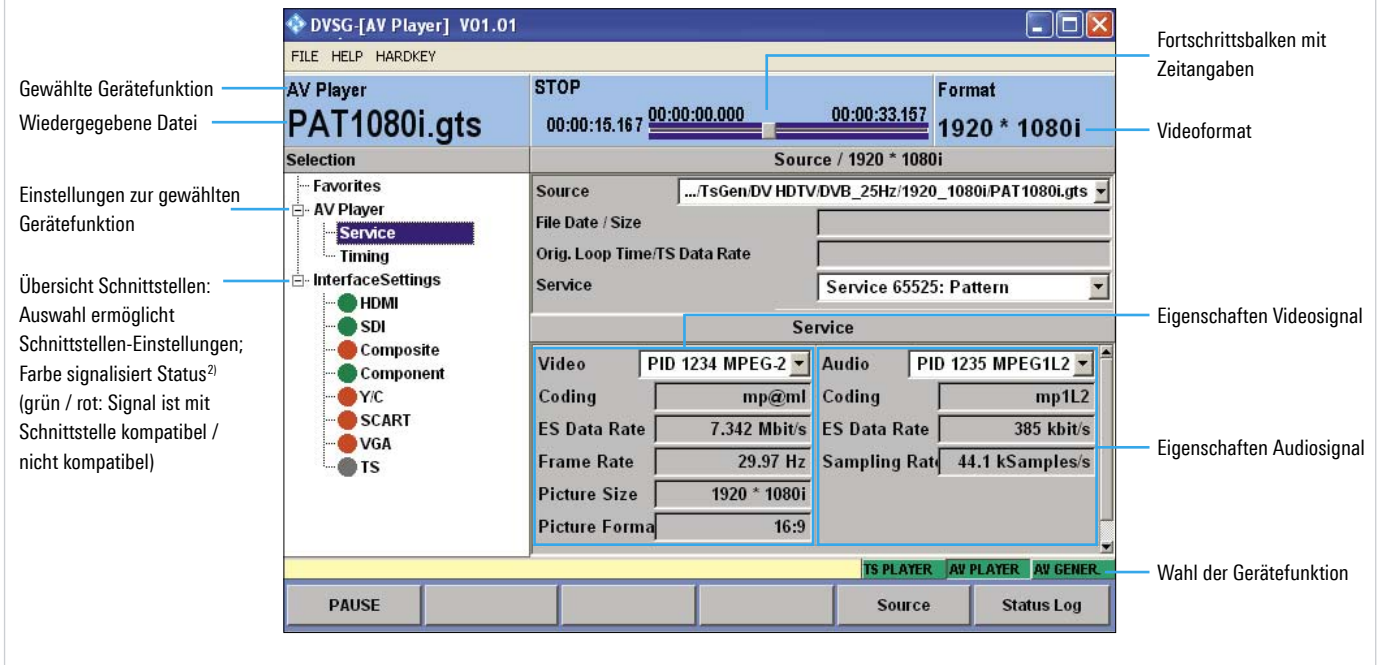


BILD 2 Bedienoberfläche der Option AV Signal Player Option zum R&S®DVSG: Wiedergabe eines Videosignals mit Audioanteil.

daher zum Lieferumfang (BILD 6). So können Formatkonvertierung einschließlich De-Interlacing, Kompensation der Bewegungsunschärfe, Overdrive, Rauschunterdrückung und viele weitere Funktionen einfach und schnell getestet werden.

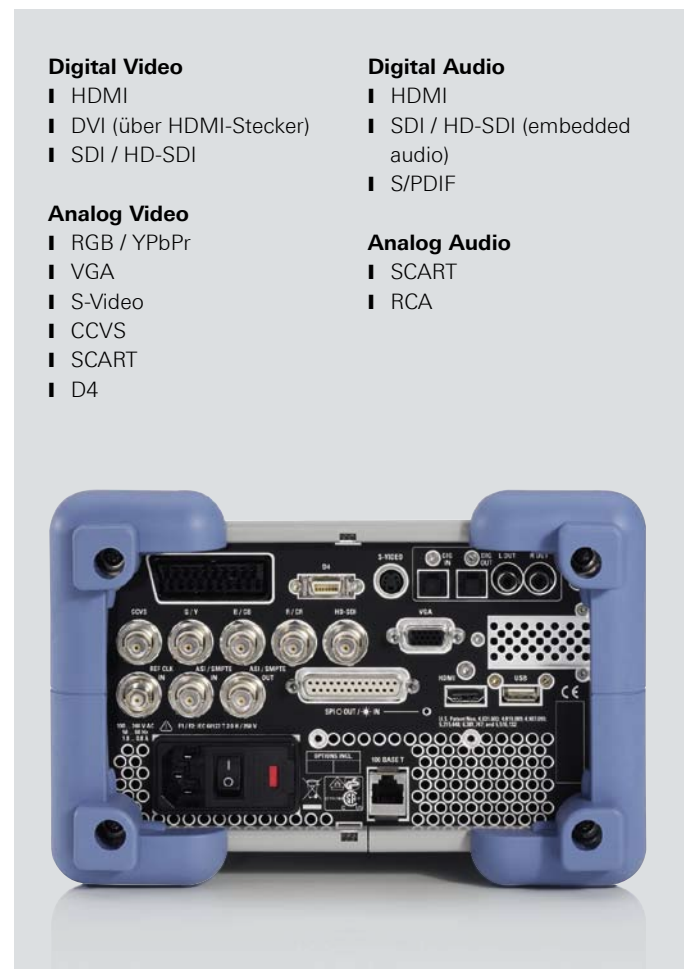
Der R&S®DVSG verfügt über zwei Funktionen zum Erzeugen der Audio- und Videosignale:

- Sequenzielle Ausgabe von im Speicher abgelegten unkomprimierten Bildern in Echtzeit
- Decodierung von in Transportströmen enthaltenen Video- und Audio-Daten (Live-Zuführung oder von Festplatte)

Bei der sequenziellen Ausgabe ist jeder Bildpunkt durch die Vorlage individuell vorgegeben. So können z.B. kontinuierliche Helligkeits- und Farbverläufe ohne Stufen erzeugt werden. Die im Lieferumfang enthaltenen Signale sind frei von Komprimierungsartefakten und für jede Auflösung sorgfältig generiert. Diese Signalsammlung ist außerdem vom Anwender auf einfache Weise individuell erweiterbar. So können beispielsweise beliebige auf einem PC erstellte Bilder im BMP-Format zum Generieren des Videosignals im R&S®DVSG genutzt werden. Die Funktion eignet sich sowohl für den Einsatz in der Entwicklung als auch in der Fertigung.

1) Einzige Ausnahme: Die SCART- und D4-Schnittstelle können nicht gleichzeitig angesteuert werden.
 2) HDTV-Signale können zum Beispiel nicht auf einer Composite-Schnittstelle ausgegeben werden.

BILD 3 Die Schnittstellen am R&S®DVSG.



Neue Anzeigetechnologien erfordern neue Signale und maßgeschneiderte Messtechnik

Die wichtigsten Neuerungen ...

Bisher waren darzustellendes Signal und Anzeigegerät aufeinander abgestimmt. Es wurden pro Sekunde 50 / 59,94 Halbbilder (Europa / USA) mit 576 / 480 aktiven Zeilen pro Vollbild übertragen. Eine Kathodenstrahlröhre erzeugte das Bild. Bei diesen leuchteten die einzelnen Punkte / Zeilen bei Ansteuerung nur einen kurzen Moment auf (deutlich kürzer als die volle Bilddauer von 20 ms), mit der Folge eines leicht wahrnehmbaren Flimmerns des Bildes. Die Schnittstellen der Anzeigegeräte waren für analoge Signale in Standardauflösung ausgelegt.

Inzwischen sind Anzeigegeräte in LCD-, Plasma- oder DLP-Technologie für deutlich höhere Auflösungen (im Konsumbereich bis 1080 p) im Angebot (BILD 4). Die Auflösung ist wie bei Kathodenstrahlröhren fest vorgegeben, sie ist allerdings nicht für alle Anzeigegeräte einheitlich. Zum Erzielen größerer Helligkeit und zum Unterdrücken wahrnehmbarer Zeilenstrukturen ist die Darstellung in der Regel progressiv. Die Anzeige flimmert nicht, da die einzelnen Pixel fast während der gesamten Dauer eines Bildes leuchten. Außer Eingängen für HF-Signale wie DVB-T oder ATSC / 8VSB verfügen die Anzeigegeräte über Schnittstellen zum Anschluss lokaler Signalquellen. Hier findet speziell die HDMI-Schnittstelle immer mehr Verwendung, da sie sowohl Bild als auch Ton gleichzeitig digital in hoher Qualität übertragen kann. Viele Hersteller integrieren zusätzliche Verfahren zur Bildverbesserung. Diese sollen z. B. Rauschen, Blocking und Film-Judder unterdrücken oder Kontrast, Schärfe und Farbe verbessern.

... und ihre Konsequenzen

In neueren Geräten stimmen Bildauflösung und physikalische Auflösung des Anzeigegeräts oft nicht überein, z. B. bei der Darstellung eines SDTV-Signals auf einem modernen LCD-Display. Soll die gesamte Anzeigefläche genutzt werden, muss im Anzeigegerät die Auflösung des empfangenen Signals hochgerechnet (skaliert) werden. Weiterhin sind Interlaced-Formate in progressive Formate umzurechnen. Die Qualität des dargestellten Bildes hängt also von der Güte der Formatkonvertierung im Anzeigegerät ab. Außerdem führt die

Bisherige Technik	Neue Technologien
Bilderzeugung	
Kathodenstrahlröhre (576 / 480 Zeilen interlaced)	Plasma-, LCD- und DLP-Technologie (typ. physikalische Auflösungen TV: 1366 × 768, 1920 × 1080, progressiv)
Schnittstellen	
Nur SDTV: Composite, Komponenten, S-Video, Scart	SDTV und HDTV: Komponenten, DVI, HDMI
Videoformat	
576 / 480 × 720 interlaced	u. a. 1280 × 720 und 1920 × 1080 mit unterschiedlichen Bildwiederholraten, progressiv oder interlaced
Bildverbesserung	
	Unterdrückung von Rauschen, Blocking und Film-Judder; Verbesserung von Kontrast, Schärfe und Farbe u. a.

BILD 4 Die wesentlichen Unterschiede zwischen bisherigen und den neuen Anzeigetechnologien.

Eigenschaft neuerer Anzeigetechnologien, die einzelnen Pixel für fast die gesamte Dauer eines Bildes anzusteuern, bei bewegten Objekten zu einer wahrnehmbaren Bewegungsunschärfe (motion blur, BILD 5). Die Hersteller versuchen, die Bewegungsunschärfe durch spezielle Verfahren wie beispielsweise 100-Hz-Bildwiederholrate mit Zwischenbildberechnung zu unterdrücken. Ein weiterer Effekt ist, dass die einzelnen Anzeigepunkte eine gewisse Schaltzeit brauchen, bis sie ihre volle Leuchtstärke erreichen. Diese Eigenschaft kann mit Overdrive-Technik minimiert werden, bei der ein Anzeigepunkt zunächst „übersteuert“ wird, damit er schneller seinen Sollwert erreicht.

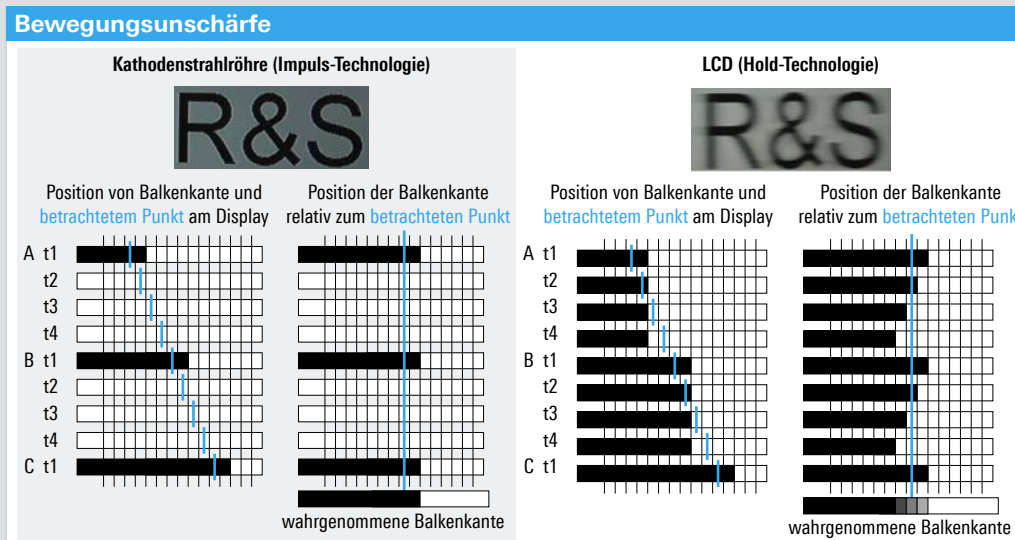


BILD 5 Anzeige bewegter Elemente.

Oberer Teil: Das Foto des horizontal bewegten Schriftzugs „R&S“ zeigt die Bewegungsunschärfe am LCD-Display. Bei dem Kathodenstrahlgerät ist keine Unschärfe erkennbar.

Unterer Teil: Veranschaulichung der Wahrnehmung einer horizontal bewegte Balkenkante zur Erklärung der Bewegungsunschärfe. Für die Veranschaulichung wurden pro Bild (A, B und C) vier Betrachtungszeitpunkte (t1 bis t4) gewählt.

Mit der Funktion zum Decodieren von Transportströmen werden Video- und Audio-Inhalte beliebiger Transportströme wiedergegeben. Die Bedienoberfläche zeigt BILD 2. Diese flexible Funktion ist speziell in der Entwicklung und in der Qualitätssicherung hilfreich, da mit ihr einfach der Umgang des Anzeigergeräts mit komplexen, kritischen oder typischen Szenen, wie sie im Alltag vorkommen, geprüft werden kann. Durch die Nutzung des universellen Transportstrom-Formats kann quasi jede Live-Situation nachgestellt werden. Erforderlich ist lediglich die Aufnahme eines beliebigen Transportstroms mit entsprechenden Signalen, wie man sie mit jedem Recorder machen kann.

Der R&S®DVSG enthält bereits einen eingebauten Transportstrom-Recorder / -Player. Mit nur einem Gerät lassen sich also Transportströme aufnehmen und die enthaltenen Video- und Audio-Inhalte für die Signalerzeugung verwenden. Bei dieser Anwendung kann der im R&S®DVSG enthaltene Decoder zusätzlich zur Kontrolle verwendet werden. Dazu wird ein Programm des Transportstromes über einen am R&S®DVSG angeschlossenen Bildschirm ausgegeben und mit dem vom Prüfling ausgegebenen Bild verglichen. Der Transportstrom-Recorder / -Player ermöglicht den Test von Multiplexern, Decodern und allen weiteren Komponenten zur Transportstromverarbeitung. Zusammen mit einem Modulator, etwa dem R&S®SFE oder R&S®SFE100, bildet der R&S®DVSG ein kompaktes und leistungsstarkes System zum Test von Set-Top-Boxen.

Fazit

Entwicklung und Test moderner Anzeigergeräte stellen neue Anforderungen. Dazu gehören präzise Signalquellen mit allen modernen digitalen Schnittstellen und entsprechende Testsignale – auch im HD-Format und mit Bewegtbildsequenzen. Der neue Digital Video Signal Generator R&S®DVSG von Rohde&Schwarz ist genau auf diese Anforderungen spezialisiert. Er ist aber auch als reiner Transportstrom-Player und -Recorder einsetzbar, eine Anwendung, für die er sich besonders durch umfangreiche Signalbibliotheken und ein sehr gutes Preis/Leistungs-Verhältnis auszeichnet. Zusätzlich zum Einsatz in Entwicklung und Produktion von TV-Displays ist der R&S®DVSG auch bestens für Serviceanwendungen und für Testhäuser sowie im professionellen Studio-Bereich verwendbar.

Thomas Tobergte

BILD 6 Zahlreiche, zum Teil sehr aufwendige Testsequenzen sind bereits im Lieferumfang des Digital Video Signal Generators R&S®DVSG enthalten.

Testsignale



„Opera“ (natürliche Testsequenz)

Hintergrund und Kostüme detailliert mit sich schnell bewegenden Tänzern und fliegenden Speeren. Überprüfung der Darstellung detaillierter Elemente mit und ohne Bewegung.



„Horizontal Moving Color Fields“ (synthetische Testsequenz)

Bereich mit farbigen Elementen bewegt sich mit gleichmäßiger Geschwindigkeit von rechts nach links und zurück. Beurteilung der Intensität der Bewegungunschärfe von Plasma- und LCD-Displays. Beschnitt oder Skalierung des Bildes lassen sich durch die Randelemente beurteilen.



„Horizontal Scrolling Text“ (synthetische Testsequenz)

Unterschiedlich große Texte bewegen sich in unterschiedlichen Geschwindigkeiten von rechts nach links. Geschwindigkeit und Schriftgröße sind auf der linken Seite angegeben. Beurteilung der Lesbarkeit von Text in unterschiedlicher Größe und mit unterschiedlich schneller Bewegung. Beschnitt oder Skalierung des Bildes können durch die Randelemente beurteilt werden.

Prompt am Markt: Fernsehsender für den brasilianischen Standard ISDB-T_B

Die ausgeklügelte Modularität und schnelle Konfigurierbarkeit der Sender von Rohde&Schwarz stellte sich auch bei den Senderfamilien R&S®NV 8300 und R&S®NV 8600 unter Beweis: In kurzer Zeit konnte der neue brasilianische TV-Standard ISDB-T_B implementiert und betriebsfertige Sender nach Brasilien ausgeliefert werden.

Der TV-Sendermarkt – rasant und vielfältig

Die fortschreitende Digitalisierung im Rundfunk bringt eine Auffächerung der TV-Standards mit sich. So hat sich nun auch Brasilien für einen eigenen digitalen TV-Standard entschieden. Unter Federführung der Universität Mackenzie in São Paulo wurde aus dem japanischen digitalen TV-Standard ISDB-T eine modifizierte Version entwickelt, die als ISDB-T_B zugelassen ist (Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial Brazil). Ende 2007 begann die Einführung von ISDB-T_B zunächst in den großen Ballungszentren Brasiliens wie São Paulo und Rio de Janeiro. Mittlerweile wurde der Ausbau auf weitere Regionen ausgedehnt.

Rohde&Schwarz konnte die rasante Entwicklung begleiten, denn mit dem Steuersender R&S®SX800 steht eine leistungsfähige und flexible Plattform zur Verfügung, auf der neue digitale Standards schnell und effizient implementiert werden

können. Und das standardisierte Plattform-Konzept gewährleistet, dass der Steuersender für ISDB-T_B sofort in die TV-Senderfamilien R&S®NX8600 und R&S®NX8300 integriert werden kann. Zudem sicherte sich Rohde&Schwarz mit einem Kooperationsabkommen mit der Universität Mackenzie den direkten Zugang zu den Know-how-Trägern vor Ort. Der Steuersender R&S®SX800 wurde erfolgreich am ISDB-T_B-Referenzsystem der Universität Mackenzie getestet.

Der Standard ISDB-T_B im Detail

Fernseh-, Hörfunk- und Datendienste – und das alles in unterschiedlicher Qualität

ISDB-T_B ist ein Übertragungsstandard für digitalen terrestrischen Rundfunk. Die Änderungen auf Senderebene im Vergleich zum japanischen digitalen TV-Standard betreffen zum großen Teil die Übertragungsmasken und Ausstrahlungskanäle und sind auf das Land Brasilien zugeschnitten.

Im Gegensatz zu anderen digitalen Übertragungsstandards deckt dieser Standard Fernseh-, Hörfunk- und Datendienste ab. Sie alle können unabhängig voneinander und in vielen Kombinationen übertragen werden, der Verbreitung von HDTV, SDTV, Audio und Text steht nichts im Weg. Gleichzeitig können die ausgestrahlten Daten die jeweiligen Programme auch in verminderter Qualität und geringerer Bandbreite für mobile Endgeräte enthalten.

Vor allem diese Möglichkeit des schmalbandigen Empfangs („Partial Reception“), bei dem nur ein Teil der übertragenen Daten empfangen wird, und die damit verbundenen positiven Eigenschaften beim mobilen Empfang, machen ISDB-T_B als Übertragungsstandard so interessant.

Hierarchische Übertragung

Als Quellencodierung dient bei ISDB-T_B das MPEG-2-Verfahren. Für die Modulation kommt, wie bei DVB-T, ein COFDM-Vielträgerverfahren (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex) im 2K-, 4K- und 8K-Modus zum Einsatz. Der



Die universelle Einsetzbarkeit und leichte Konfigurierbarkeit der Sender von Rohde&Schwarz zeigte sich auch bei den [Senderfamilien R&S®NX8600](#) (Neues von Rohde&Schwarz (2007) Nr. 194, S. 37–39) und [R&S®NX8300](#) (Neues von Rohde&Schwarz (2008) Nr. 196, S. 44–45), die in kurzer Zeit für den brasilianischen TV-Standard ISDB-T_B erweitert wurden.

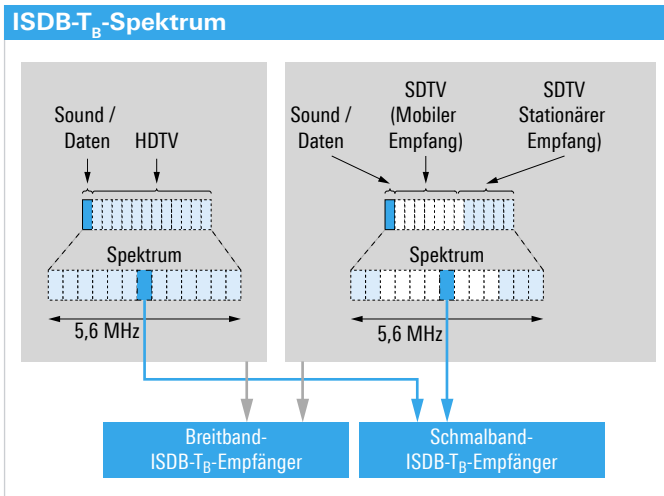


BILD 1 Das ISDB-T_B-Spektrum mit der Möglichkeit zur hierarchischen Übertragung und „Partial Reception“.

6 MHz breite Kanal wird in 13 Teilbänder (Segmente) eingeteilt (BILD 1). Ein Teilband dieses Kanals hat eine Breite von etwa 429 kHz, womit sich eine Nutzbandbreite von etwa 5,57 MHz ergibt und sich das Signal für eine Übertragung im 6-MHz-Kanal eignet. Diese 13 Segmente des OFDM-Spektrums können zu Segmentgruppen zusammengefasst werden, man spricht dann von unterschiedlichen Layern. Diese Layer ermöglichen die hierarchische Übertragung bei ISDB-T_B.

In einem Kanal sind bis zu drei Layer (A, B, C) gleichzeitig übertragbar, jeder kann unterschiedliche Inhalte haben. Für

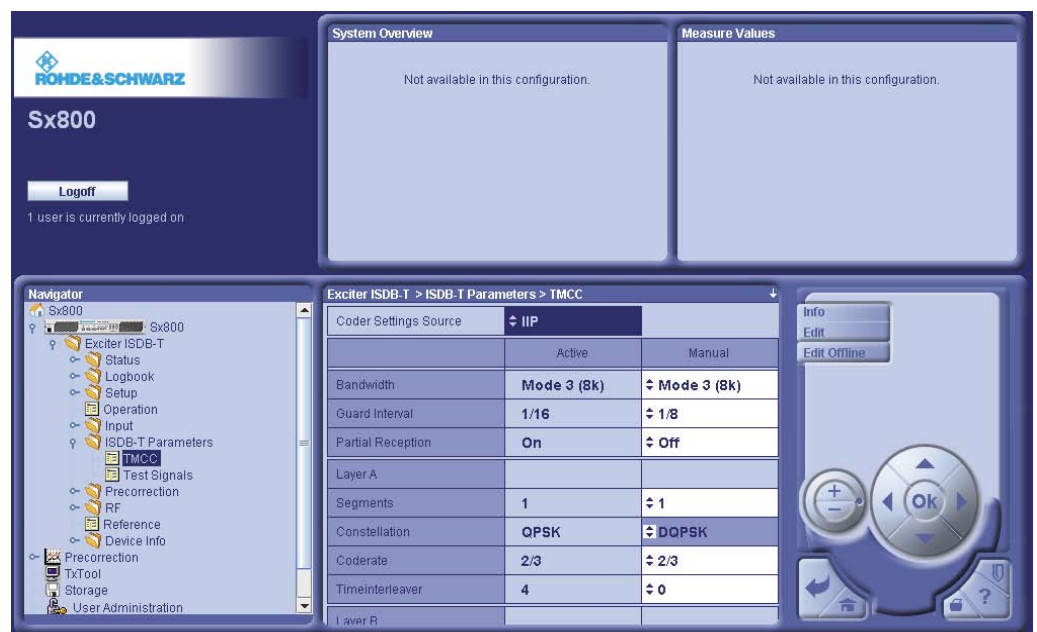
jeden Layer können die Code-Rate des inneren Coders, die Länge des Time Interleaving, die Modulationsart und die Anzahl der Segmente pro Layer gewählt werden (BILD 2). Zur Übertragung in hoher Qualität werden alle 13 Segmente zu einer Segmentgruppe zusammengefasst. Für einen schmalbandigen Empfänger, z. B. für ein mobiles Endgerät, das Programme nur in niedriger Qualität empfangen kann, ist ein Layer mit nur einem Segment vorgesehen. Dieses Segment ist immer in der Mitte des 6-MHz-Kanals angeordnet (BILD 1) und kann durch seine Lage und Breite von etwa 429 kHz leicht empfangen werden. Es ist trotzdem ein vollständiges Empfangssignal.

Der Standard lässt Konfigurationen für jeden Bedarf zu. Ein mögliches Übertragungsszenario für einen 6-MHz-Kanal mit drei Layern (A, B und C) könnte beispielsweise so aussehen: Ein stationärer Fernsehempfänger wird mit einem HDTV-Programm versorgt (Layer C, sieben Segmente), mobile TV-Empfänger im Reisebus erhalten ein Fernsehbild in geringerer Auflösung (Layer B, fünf Segmente) und portable Empfänger im Handyformat erhalten das gleiche Fernsehprogramm mit einer entsprechend niedrigeren Auflösung (Layer A „Partial Reception“, ein Segment). Außerdem können Zusatzinformationen zum laufenden Programm übertragen und vom Zuschauer bei Bedarf abgerufen werden.

Kanalcodierung

Grundsätzlich sind für die Kanalcodierung drei identische Zweige vorhanden. Zuerst durchläuft der Transportstrom den Outer Coder und wird auf diese Weise zu einem fehlergeschützten Datenstrom. Am Ausgang befindet sich ein Splitter,

BILD 2 Die Bedienoberfläche für den Steuersender R&S®SX800.



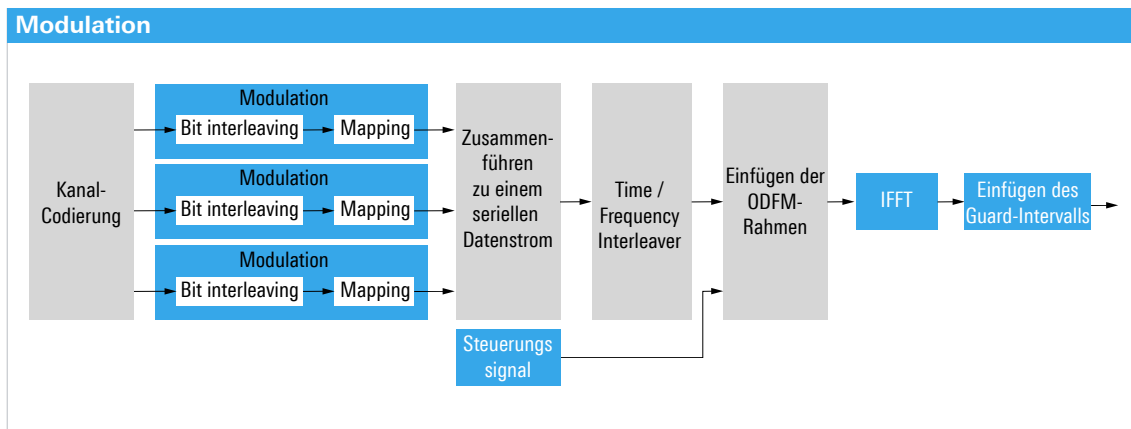


BILD 3 Prinzip der Modulation beim Standard ISDB-T_B.

der an Hand einer Steuerinformation die einzelnen Transportstropmpakete den bis zu drei hierarchischen Layern zuteilt. Die dann folgenden Blöcke Energy Dispersal, Delay Adjustment, Byte-wise Interleaving und Convolutional Coding sind jeweils für alle drei Zweige vorhanden. Im Anschluss an die Kanalcodierung erfolgt die Modulation.

Modulation

Dazu gehören ein bit-weises Interleaving (BILD 3) mit Laufzeitausgleich und das Mapping in das Konstellationsdiagramm der Modulation. Die Konstellation bei ISDB-T_B kann DQPSK, QPSK, 16QAM und 64QAM sein. Nach der Modulation werden die komplexen, gemappten Daten aus jedem der drei Zweige nach einer bestimmten Logik zu einem seriellen Datenstrom zusammengeführt. Anschließend durchlaufen sie Time und Frequency Interleaver, bevor der OFDM-Rahmen gebildet wird. Dem OFDM-Rahmen werden, ähnlich wie bei DVB-T, an unterschiedlichen Positionen im Datenstrom der Pilotträger, der TMCC-Träger (Transmission and Multiplexing Configuration Control) und der AC-Träger (Auxiliary Channel) hinzugefügt.

Die bei OFDM-Verfahren übliche inverse Fouriertransformation IFFT folgt nach der Rahmenbildung. Die Längen der IFFT von 2K, 4K bzw. 8K hängen vom gewählten ISDB-T_B-Modus ab. Zum Schluss werden die OFDM-Symbole um eines der vier verschiedenen wählbaren Guard-Intervalle (1/4, 1/8, 1/16 oder 1/32) verlängert. Ein Überblick über die einzelnen Übertragungsparameter bei ISDB-T_B zeigt BILD 4.

Fazit

Der Standard ISDB-T_B steht für die UHF-TV-Hochleistungssender der Familie R&S®NV8600 (flüssigkeitsgekühlt) und für die UHF-Mittelleistungssenderfamilie R&S®NV8300 (luftgekühlt) zur Verfügung – beides kompakte, energiesparende Sendergenerationen, die sich u. a. durch größte Leistungsdichte auf kleinstem Raum auszeichnen. Rohde&Schwarz gelang es in kurzer Zeit, wichtige Referenzprojekte zu gewinnen, darunter den ersten ISDB-T_B-Sender für TV Justicia und für Rede Vida sowie Sender für Bandeirantes, der zu den größten TV-Netzbetreibern Brasiliens zählt.

Thomas Graf; Jens Stockmann

	Mode 1	Mode 2	Mode 3
Anzahl der Segmente	13		
Bandbreite	5,575 MHz	5,573 MHz	5,572 MHz
Trägerabstand	3,968 kHz	1,984 kHz	0,992 kHz
Anzahl der Träger	1405	2809	5617
Trägermodulation	QPSK, 16QAM, 64QAM, DQPSK		
Symbole pro Rahmen	204		
Symboldauer (eff.)	252 µs	504 µs	1008 µs
Guard Interval	1/4, 1/8, 1/16, 1/32		
IFFT-Länge	2K	4K	8K
Inner Code	Convolutional Code (1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8)		
Outer Code	Reed-Solomon RS (204,188)		

BILD 4 Übertragungsparameter für ISDB-T_B (6-MHz-Kanal).

Kleinleistungssender R&S®SLA 8000 – das Energiebündel für DAB / T-DMB

In den letzten Jahren wurden kontinuierlich DAB- und T-DMB-Netze aufgebaut. Vor allem für die Optimierung dieser Netze werden Sender kleiner Leistung benötigt; dafür bietet Rohde&Schwarz nun eine technisch zukunftsweisende und kompakte Lösung an.

In vielen Ländern im Fokus: die Standards DAB und T-DMB

Seit vor allem Europa von der Zuweisung neuer Frequenzen im Band III durch die RRC06 (Regional Radio Conference 2006) profitiert, verstärken sich dort die Planungen für den Ausbau in verschiedenen Ländern. Dabei stehen DAB und T-DMB gleichermaßen im Fokus. So bedeutende Märkte wie Frankreich und Italien bereiten den Aufbau landesweiter T-DMB- und DAB-Netze vor. Aber auch in Australien, das sich für DAB+ entschied, hat der Netzausbau begonnen. Länder wie Großbritannien, Norwegen, Korea und Deutschland sind bereits einen Schritt weiter. Dort geht es um Zweit- und Dritt- abdeckung sowie um das Optimieren vorhandener Netze.

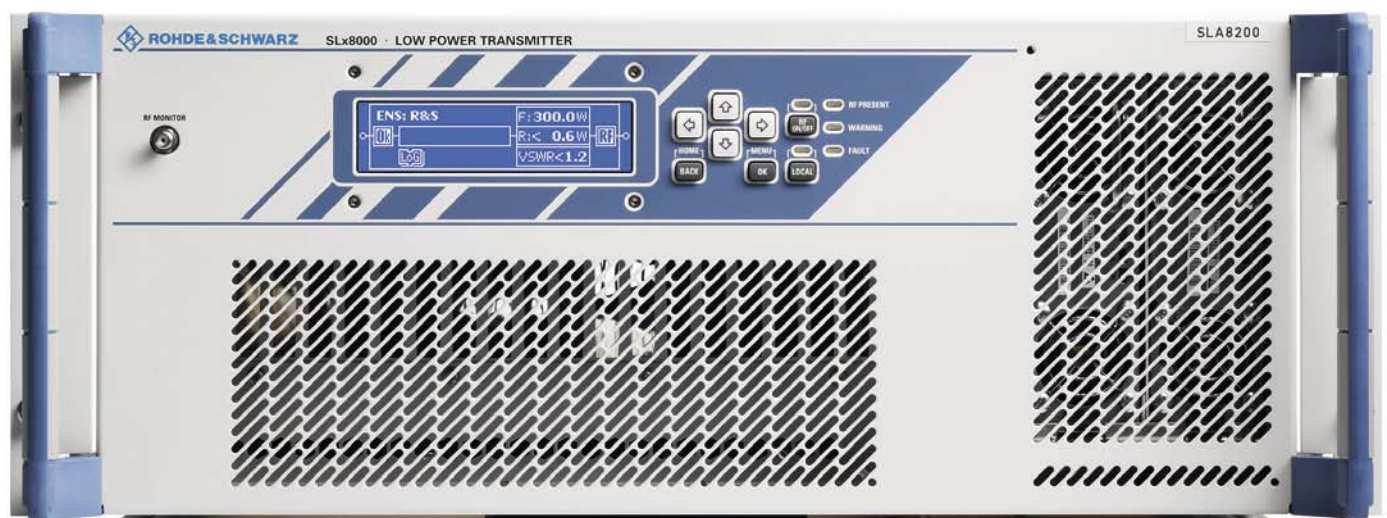
Vor allem für die Netzoptimierung sind Sender kleiner Leistung erforderlich, für die Rohde&Schwarz nun eine technisch zukunftsweisende, kompakte Lösung präsentiert.

R&S®SLA8000 – DAB- / T-DMB-Kleinleistungssender von 40 W bis 300 W

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 mittlerweile Marktführer in diesen Leistungsklassen. Mit der neuen DAB- / T-DMB-Kleinleistungssenderfamilie R&S®SLA8000 stehen den weltweiten Kunden nun zusätzlich Produkte im Leistungsbereich von 40 W bis 300 W zur Verfügung (BILD 1).

Der R&S®SLA8000 ist ein gutes Beispiel für die Flexibilität der Plattformstrategie von Rohde&Schwarz. Basis dieser DAB- / T-DMB-Senderfamilie ist die Kleinleistungssender-Plattform R&S®SLx8000, von der bereits Modelle für ATV- und DTV-Standards für VHF und UHF verfügbar sind.

BILD 1 Der Kleinleistungssender R&S®SLA8200 liefert eine Ausgangsleistung von 300 W – und ist in einem Gehäuse untergebracht, das nur vier Höheneinheiten Platz einnimmt.



Die wichtigsten Eigenschaften der neuen Sender sind:

- Kürzeste Verarbeitungszeit (processing time) auf dem Markt
- Hohe Ausgangsleistung in kompaktem Design
- Hoher Wirkungsgrad
- Exzellenter Bedienkomfort
- Leichte Einstellbarkeit auf SFN-Betrieb

Mit <100 ms (DAB Mode I) hat der R&S®SLA8000 derzeit die kürzeste Verarbeitungszeit auf dem Markt. Eine kurze Verarbeitungszeit spielt vor allem bei großen landesweiten Netzen, bei Zuführung über Satellit und dem Betrieb mit Sendern verschiedener Anbieter eine Rolle. Auch mit seinem Wirkungsgrad bis 30 % zeigt der Sender seine Spitzenklasse. Die DAB- / T-DMB-Kleinleistungssender R&S®SLA8000 sind in folgenden Modellen lieferbar:

	Ausgangsleistung	Einbauhöhe (HE)
R&S®SLA8025	40 W	3
R&S®SLA8050	75 W	3
R&S®SLA8100	150 W	3
R&S®SLA8200	300 W	4

R&S®SLA 8000, der Spezialist für abgesetzte Standorte

Kleine, abgelegene Senderstandorte bringen für Netzbetreiber oft Probleme mit sich: eingeschränkter vorhandener Platz, mangelnde Spannungsstabilität, unsicherer GPS-Empfang, fehlende Möglichkeit zur Überwachung sowie ungünstige Erreichbarkeit bei Service-Inspektionen. All diese Probleme

minimieren sich beim Einsatz der Kleinleistungssender R&S®SLA8000 unter anderem deshalb, weil die Sender wartungsfrei sind. Eine Überprüfung während der Routine-Standortinspektion alle 24 Monate ist ausreichend. Die 19"-Tischgeräte, die max. nur vier Höheneinheiten Platz einnehmen und alle Funktionen enthalten, erzeugen DAB-Ausgangsleistungen bis 300 W. Dadurch kann der R&S®SLA8000 einfach transportiert und schnell installiert werden.

Die Sender sind für alle Frequenzen und Leistungen vorentzerrt, es ist keine manuelle Entzerrung am Standort nötig. Das verkürzt die Inbetriebnahmezeit deutlich. Das Netzteil des R&S®SLA8000 toleriert Eingangsspannungen zwischen 90 V und 265 V und kann Spannungsunterbrechungen bis zu einer Dauer von 20 ms puffern.

Für den Schutz vor größeren Spannungsschwankungen kann das 300-W-Modell mit einer internen unterbrechungsfreien Stromversorgung ausgerüstet werden. Sie besteht aus wartungsfreien Kondensatoren und puffert die Stromversorgung der kritischen internen Komponenten Steuersender und GPS-Empfänger durchschnittlich 10 s lang. Dadurch ist die schnelle Wiederherstellung des Sendebetriebs nach einem kurzzeitigen Ausfall sichergestellt.

Das 300-W-Modell ist mit redundanten Lüftern ausgestattet und kann bei Nominalleistung auch mit nur einem Lüfter arbeiten. Ist die Umgebungstemperatur zu hoch und besteht die Gefahr der Überhitzung des Senders, wird die Ausgangsleistung automatisch schrittweise reduziert.

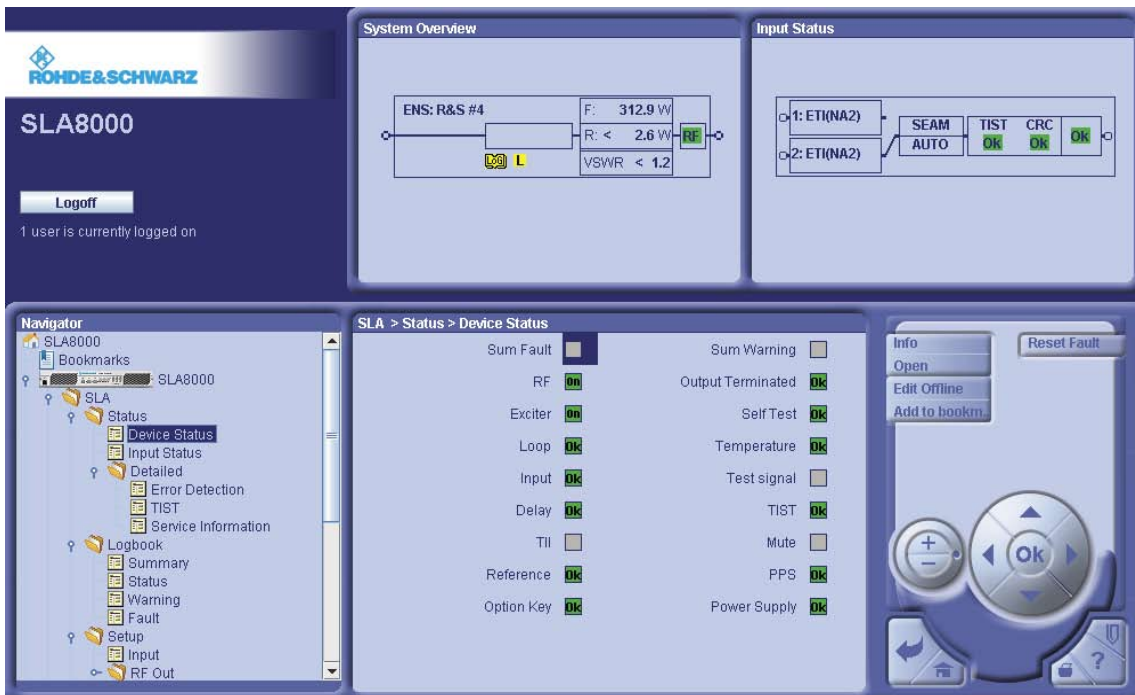


BILD 2 Anzeige des Gerätestatus in der Bedien-Software zum des R&S®SLA8000.

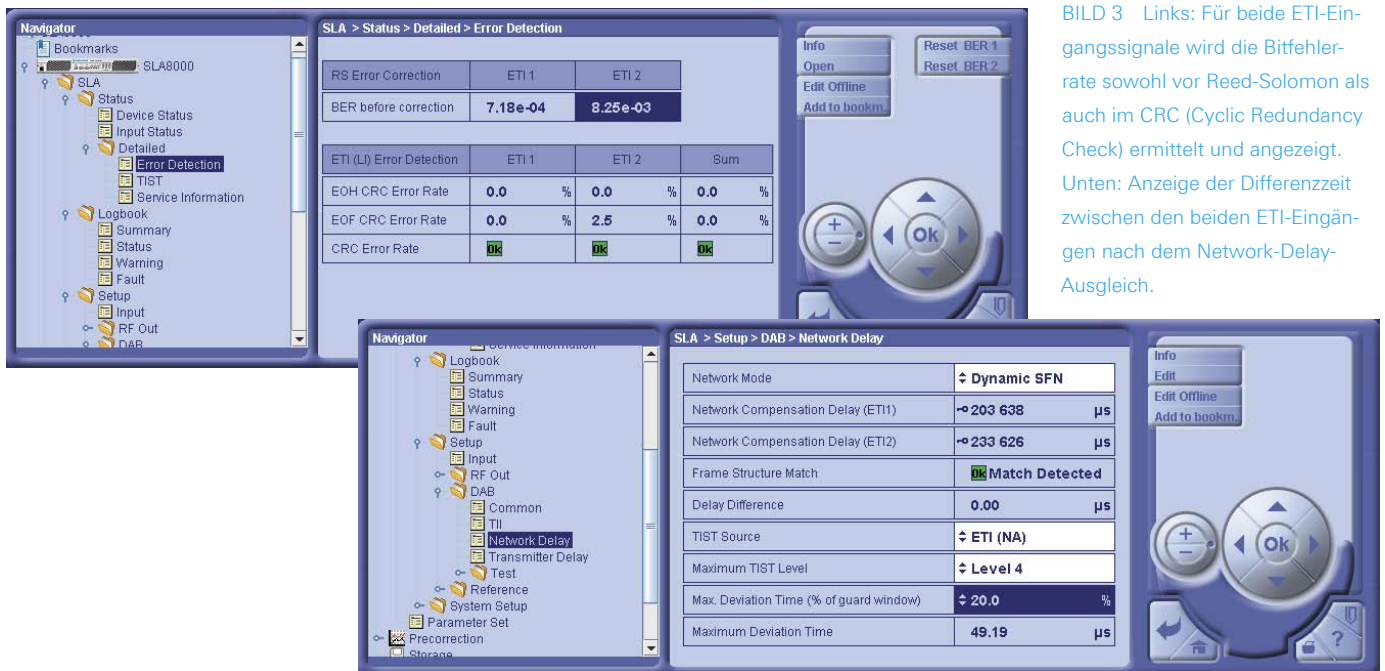


BILD 3 Links: Für beide ETI-Eingangssignale wird die Bitfehler-rate sowohl vor Reed-Solomon als auch im CRC (Cyclic Redundancy Check) ermittelt und angezeigt. Unten: Anzeige der Differenzzeit zwischen den beiden ETI-Eingängen nach dem Network-Delay-Ausgleich.

Schwankende Antennenanpassung bis zu einem VSWR von 1,5 hat keinen Einfluss auf die Ausgangsleistung. Selbst bei einem VSWR >1,5 ist Sendebetrieb möglich, in diesem Fall wird die Ausgangsleistung abhängig vom VSWR reduziert. Erst bei einem VSWR >3,0 wird der Sender zum Vermeiden von Schäden abgeschaltet.

Der eingebaute GPS-Empfänger mit exzellenter Empfindlichkeit ermöglicht sicheren Empfang auch bei kritischen Bedingungen. Das Display des Senders kann alle GPS-relevanten Parameter anzeigen.

Kritisch für Netzbetreiber sind Ausfälle von GPS-Antennen, z. B. durch Blitzschlag oder andere äußere Einflüsse, weil durch den damit einhergehenden Ausfall des Referenztakts die Basis für die Synchronisation des Gleichwellennetzes fehlt. Netzbetreiber, die den R&S®SLA8000 einsetzen, sind im Vorteil: Der Kleinleistungssender kann bis zu 24 Stunden ohne 1pps-Takt unterbrechungsfrei senden. Die Dauer ist einstellbar und richtet sich nach den tolerierten Abweichungen vom Guard-Intervall. Aber auch nach Ablauf dieser Zeit ist eine Mindestversorgung sichergestellt, weil der R&S®SLA8000 mit reduzierter Ausgangsleistung weitersendet, wenn diese Funktion aktiviert wurde. Die Leistungsreduktion erfolgt automatisch und ist in Schritten von 1 dB einstellbar. Dadurch können das Kerngebiet versorgt und evtl. SFN-Störungen an den Rändern des Versorgungsgebiets vermieden werden.

Zum Einstellen des Senders oder zur Diagnose ist der Zugriff via Internet und Standard-Web-Browser möglich. Dafür ist der R&S®SLA8000 standardmäßig mit einem Web-Server ausgestattet. Optional ist die Fernüberwachung auch über SNMP oder über potenzialfreie Kontakte realisierbar.

Komfortabel zu bedienen – so wie alle Sender von Rohde & Schwarz

Außer auf dem Geräte-Display ist über die Bedien-Software eine übersichtliche und umfangreichere Darstellung der Einstellwerte auf einem PC möglich (BILD 2). Ebenso sind Hilfsfunktionen integriert. Praxisnah können dort die Frequenzeinstellungen durch Eingabe des DAB-Kanals vorgenommen werden; alternativ ist die Eingabe der Frequenz mit einer Auflösung von 1 Hz möglich.

Die Verarbeitungszeit des Senders wird automatisch bei der Einstellung der SFN-Delay-Zeit berücksichtigt. Zusätzlich nimmt die Software beim Einstellen der Statischen Verzögerung eine Plausibilitätskontrolle der eingestellten Verzögerungszeit vor. Fehleinstellungen zwischen den beiden ETI-Eingängen werden signalisiert und die Differenzzeit angezeigt (BILD 3). Das erleichtert die Einstellung der SFN-Bedingungen und die Konfiguration der knackfreien ETI-Umschaltung erheblich.

Jens Stockmann; Jan Gulde



BILD 1 Das TopSec Mobile ist ein vom Mobiltelefon unabhängiges, handliches Verschlüsselungsgerät. Über Bluetooth® kann es mit nahezu jedem modernen Mobiltelefon verbunden werden. Während das Mobiltelefon als Kommunikationsschnittstelle die Netz-anbindung sicherstellt, werden Mikrofon und Lautsprecher des TopSec Mobile genutzt. Die Sicherheit des Gesprächs ist dabei „Ende zu Ende“ für den gesamten Übertragungsweg gewährleistet: Sie reicht vom Mikrofon des TopSec Mobile bis zum Lautsprecher des Gesprächspartners.

Eine der sichersten verfügbaren Sprachverschlüsselungen für Mobiltelefone

Das TopSec Mobile ist ein mobiles Sprachverschlüsselungsgerät, das zusammen mit nahezu jedem modernen Mobiltelefon funktioniert. Es ermöglicht eine weltweit verfügbare und abhörsichere Kommunikation in Mobilfunk- und Festnetzen. Da die Verschlüsselung in einer eigenen Hardware erfolgt, ist eine Manipulation – anders als bei ungesicherten GSM-Telefonen – ausgeschlossen.

Neues Mitglied der TopSec-Produktfamilie

Das TopSec Mobile (BILD 1) ist ein Sprachverschlüsselungsgerät, das via Bluetooth® mit einem Mobiltelefon verbunden ist. Letzteres ist für das Gerät die Kommunikationsschnittstelle zum öffentlichen Netz (BILD 2). Das TopSec Mobile ist Nachfolger des erfolgreichen und weit verbreiteten Krypto-Mobiltelefons TopSec GSM, einem Mitglied der bewährten TopSec-Produktfamilie mit zugelassenen Verschlüsselungsgeräten für praktisch jeden Bedarf.

Verschlüsselung mit TopSec Mobile



BILD 2 Mobile Kommunikation mit dem TopSec Mobile: Das Verschlüsselungsgerät arbeitet mit fast allen modernen Mobiltelefonen zusammen.

Krypto-Mobiltelefon oder generisches Verschlüsselungsgerät?

Es gibt zahlreiche Gründe dafür, warum Rohde&Schwarz als Nachfolger des erfolgreichen Krypto-Mobiltelefons TopSec GSM kein spezielles Krypto-Mobiltelefon, sondern das universell einsetzbare, mobile Verschlüsselungsgerät TopSec Mobile entwickelte, das mit nahezu jedem modernen Handy verwendbar ist. So ersetzen beispielsweise zahlreiche Anwender ihre Mobiltelefone in der Regel nach ein bis zwei Jahren und die Hersteller bringen im Halbjahresrhythmus Modelle mit neuen Funktionen und aktuellerem Design auf den Markt. Diese kurzlebigen Innovationszyklen sind nur mit Massenartikeln möglich, mit Krypto-Telefonen wären sie nicht einzuhalten. Kryptogeräte sind keine Konsumartikel, sondern hochwertige Investitionsgüter, die für eine Nutzungsdauer von fünf und mehr Jahren beschafft werden.

Die gewichtigere Begründung – die heute klar gegen ein Krypto-Mobiltelefon und für die Entwicklung eines eigenständigen Kryptogeräts spricht – liegt aber in der Komplexität, der riesigen Funktionalität und Flexibilität moderner Mobiltelefone – und damit in der Sicherheit der Anwendung. Denn es stehen nicht wenige Möglichkeiten offen, unbemerkt von den

Anwendern Eingriffe in deren Mobiltelefonen vorzunehmen. Die GSM-Standards erlauben, die Funktionen eines Softkeys per SAT (SIM Application Toolkit) mit Applikationen zu hinterlegen. Und die Antwort auf eine Anfrage nach dem Kontostand bei Prepaid-Mobiltelefonen ist ein weiteres Beispiel dafür, wie Betreiber auf Handys zugreifen können: Der Operator sendet den Kontostand und eventuell auch zusätzliche Informationen direkt an das Display des Mobiltelefons. Darüber hinaus können moderne Mobiltelefone Applikationen laden und aktivieren – ohne dass sich der Anwender dessen wirklich bewusst sein muss.

Viele dieser Möglichkeiten sind in den Standards festgelegt und werden von den Anwendern als Komfortfunktionen erwartet. Kryptogeräten dagegen muss man vertrauen können – und Vertrauen kann nur entstehen, wenn das bewusste oder unbewusste Deaktivieren von Sicherheitsfunktionen oder deren Manipulation ausgeschlossen ist. Vom Hersteller unabhängige Stellen verifizieren solche Qualitäten im Rahmen einer Evaluierung. Die als Software in modernen Mobiltelefonen integrierten Funktionen sind jedoch so umfangreich, dass eine Evaluierung in einem akzeptablen Zeitraum nur unzureichend möglich ist. Zudem bezieht sich die Evaluierung immer nur auf einen bestimmten Versionsstand.

Ein weiterer Nachteil von Mobiltelefonen und damit auch von reinen Krypto-Mobiltelefonen ist deren eindeutige Identifizierbarkeit über die so genannte IMEI (International Mobile Equipment Identity). Diese ermöglicht es Netzbetreibern, bestimmten Typen von Mobiltelefonen nur eingeschränkt Dienste zur Verfügung zu stellen oder Krypto-Mobiltelefone sogar netzweit vom Betrieb auszuschließen.

Diese Angriffspunkte sind mit dem TopSec Mobile ausgeschlossen, das dem Gerät zugrunde liegende generische Konzept bietet die bestmögliche Manipulationssicherheit. Denn das Kryptogerät ist nicht direkt mit einem Mobilfunknetz verbunden und wird deshalb auch nicht beim Betreiber eines Mobilfunknetzes angemeldet. Das TopSec Mobile ist ja kein „Telefon“, sondern vielmehr ein auf die Sprachverschlüsselung spezialisiertes Gerät, mit einem für diese Aufgabe angepassten Funktionsumfang. Und gerade das ermöglicht eine umfassende Evaluierung durch eine vom Hersteller unabhängige neutrale Instanz zum Nachweis der Sicherheit. Im Falle des TopSec Mobile erfolgt sie durch das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) für die Geheimhaltungsstufe VS-NfD (Verschluss-Sache – Nur für den Dienstgebrauch).

TopSec Mobile – kompatibel zu modernen Mobiltelefonen

Grundgedanke bei der Konzeption des TopSec Mobile war es, ein hochmobiles, sehr kleines und leichtes Kryptogerät ohne Kabel für die mobile, verschlüsselte Sprachkommunikation auf den Markt zu bringen. Die Verbindung zum öffentlichen Mobil- oder Festnetz läuft über das jeweilige Mobiltelefon, das über die universelle Bluetooth®-Funkschnittstelle mit dem TopSec Mobile kommuniziert (BILD 2). Die Sprache wird quasi direkt in der Hand des Anwenders verschlüsselt, denn das TopSec Mobile hat für die Verschlüsselung des gesprochenen Wortes bereits gesorgt, bevor es zur Übertragung im Netz via Bluetooth® zum Mobiltelefon weitergegeben wird. Alle anderen üblichen Komfortfunktionen, die heute erwartet werden, stellt das jeweilige Mobiltelefon bereit – der Anwender ist somit bei der Wahl seines Telefons weitgehend frei. Er kann sein bevorzugtes Handy nutzen und für abhörsicheres Kommunizieren ergänzend das TopSec Mobile einsetzen.

Mit der Bluetooth®-Version 2.0 verwendet das TopSec Mobile einen Übertragungsmodus mit guter Fehlersicherung und einer mehr als ausreichenden Bandbreite zum Übertragen kryptierter Sprache. Die Anforderung an ein Mobiltelefon für den Betrieb zusammen mit dem TopSec Mobile sind gering: Es muss den Funkstandard Bluetooth® ab Version 1.2 und wenigstens den Dienst DUN-GW (Dial Up Networking Gateway) sowie optional auch HFP (Handsfree Profile) und OBEX (Object Push Profile, Rolle OBEX Client) unterstützen. Zusätzlich muss es den GSM Circuit Switched Data Service



BILD 3 Handhabung wie ein Mobiltelefon – und doch ein hochsicheres Verschlüsselungsgerät für die mobile Kommunikation.

unterstützen. Die meisten modernen Mobiltelefone aller gängigen Hersteller bieten diese minimalen Funktionen. Die Steuerung erfolgt über AT-Kommandos.

Grundsätzlich ist jedes Endgerät mit Bluetooth®-Funkschnittstelle geeignet, das eine Datenverbindung im Wählverkehr mit einer Bandbreite von wenigstens 9,6 kbit/s herstellen kann. Geeignet sind also nicht nur Mobiltelefone, sondern beispielsweise auch analoge und ISDN-Modems, die mit einer solchen Funkschnittstelle ausgerüstet sind.

Wegweisend in Design und Funktion

Die Anwender des TopSec Mobile kommen aus allen Bereichen, in denen vertraulich kommuniziert wird. Sie gehören zur Führungsriege in Wirtschaft und Politik, sind mit Sicherheitsaufgaben betraut oder im Bereich Vertrieb, Finanzen, Technik und Wissenschaft tätig. Passend zu diesem Anwenderkreis ist das TopSec Mobile repräsentativ, zugleich aber auch unauffällig. Sein Design ist hochwertig, elegant und zeitlos. Getragen wird es in der Hemd- oder Jackentasche, dort lässt es sich mit seinem breiten Clip festklemmen. Alternativ gibt es auch eine praktische Trageschleife, mit der man sich das Gerät bequem umhängen kann.

Das TopSec Mobile ist ein Sprachverschlüsselungsgerät mit integrierten Audiokomponenten (BILD 4). Zum Aufnehmen der Sprache hat es ein eingebautes Mikrofon, zum Alarmieren und Hören zwei separate Lautsprecher: Der im Clip auf der Rückseite integrierte Lautsprecher klingelt bei ankommenden Rufen; der Lautsprecher auf der Clip-Vorderseite liefert während des Gesprächs eine hervorragende Sprachqualität.

Das TopSec Mobile wird mit einem zentralen Taster, dem so genannten Center Key, sowie mit einer ihn umschließenden 4-Wege-Wipptaste bedient. Die Anzeige am dreizeiligen Display kann um 180° gedreht werden – je nachdem, ob der Anwender ein Links- oder Rechtshänder ist. Zusätzlich verfügt das handliche Gerät über zwei Tasten zum Anpassen der Lautstärke. Seitlich ist eine multifunktionale Schnittstelle integriert.

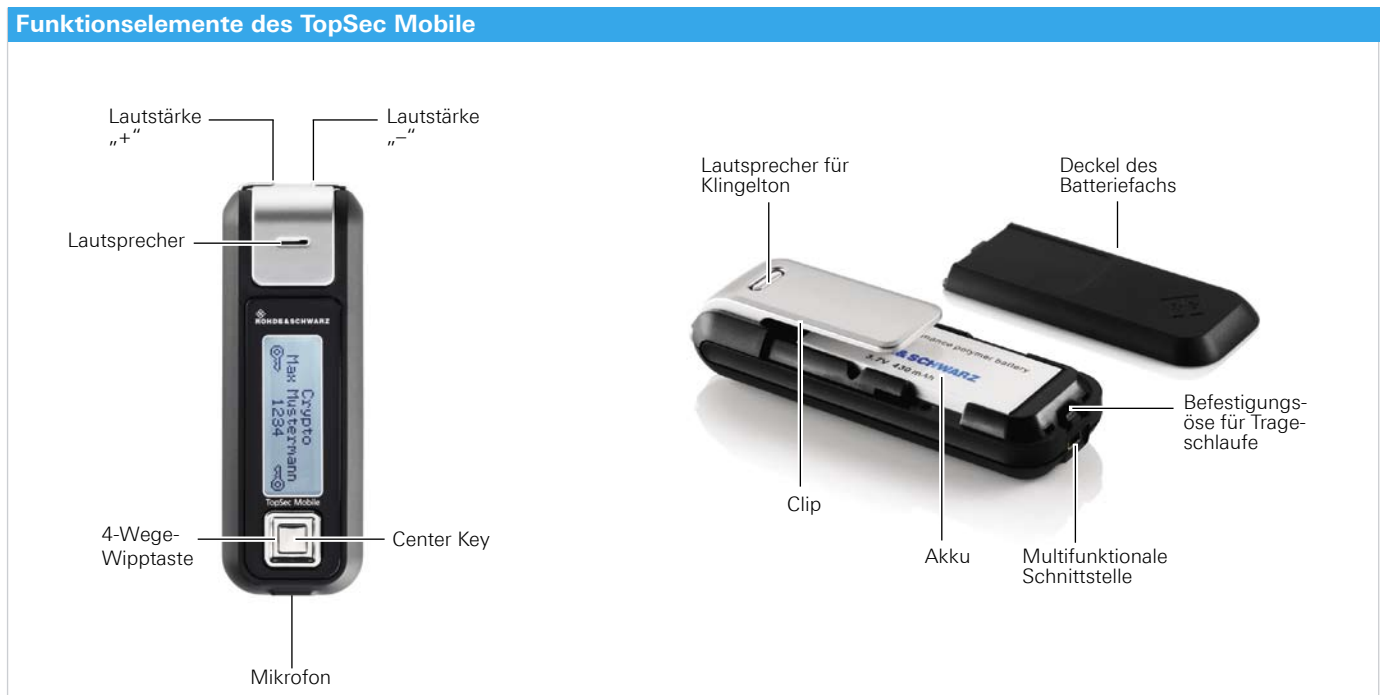
Der eingebaute Akku versorgt das TopSec Mobile mit Spannung. Er kann über das mitgelieferte USB-Kabel – z. B. an einem Laptop – oder mit dem zum Lieferumfang gehörenden Steckernetzteil aufgeladen werden.

Verschlüsselt telefonieren: So einfach wie mit einem gewöhnlichen Mobiltelefon

Vor dem ersten Einsatz des Duos aus TopSec Mobile und Mobiltelefon müssen die beiden „gepaart“ werden. Dazu startet man am TopSec Mobile den Bluetooth®-Suchmodus. Sobald das gewünschte Mobiltelefon ausgewählt ist, erscheint am Display des TopSec Mobile eine 8-stellige Zufallszahl, die PIN. Diese PIN ist am Mobiltelefon einzugeben. Anschließend wird die Bluetooth®-Verbindung zwischen dem Mobiltelefon und dem TopSec Mobile etabliert, das TopSec Mobile ist bereit zum Einsatz.

Vor dem Aufbau eines kryptierten Anrufs kann der gewünschte Teilnehmer aus dem Telefonbuch im TopSec Mobile gewählt werden. Das Gerät sendet die Telefonnummer über die Bluetooth®-Funkverbindung an das Mobiltelefon, das anschließend eine Datenverbindung zum Partnergerät aufbaut. Als Protokolle dienen die ITU-T-Standards V.110 oder V.32. Sobald die Verbindung steht, starten die beiden Kryptogeräte mit der Kryptosynchronisation. Das Display des TopSec Mobile zeigt während dieser Phase durchlaufende Schlüsselsymbole. Sobald die Kryptoverbindung aufgebaut ist, klingelt das Partner-Kryptogerät (oder ein angeschlossenes Telefon). Nach dem Annehmen des Rufs erscheint auf dem Display ein vierstelliger Sicherheitscode, mit dem sich die sichere Verbindung verifizieren lässt. Die beiden Gesprächspartner können jetzt ein vertrauliches Gespräch führen.

BILD 4 Trotz seiner Handlichkeit ist das TopSec Mobile mit allem ausgestattet, was für einfache Bedienung und beste Praxistauglichkeit erforderlich ist.



Bei ankommenden Kryptorufen meldet sich das TopSec Mobile zunächst mit einem kurzen Piepton, die Kryptosynchronisation startet und auf dem Display werden durchlaufende Schlüsselsymbole dargestellt. Nach erfolgreicher Synchronisation klingelt das TopSec Mobile. Die angerufene Person nimmt das Gespräch durch Drücken auf den Center Key an und das Display zeigt den vierstelligen Sicherheitscode. Einem vertraulichen Gespräch steht nun nichts mehr im Weg.

Das Telefonbuch im TopSec Mobile ist jederzeit über die Bedienelemente editierbar. Noch bequemer geht es mit der mitgelieferten Telefonbuch-Software für den PC. Das Telefonbuch wird über das USB-Kabel vom TopSec Mobile an den PC übertragen, dort editiert und dann wieder an das TopSec Mobile zurückgeschickt.

Vertraulich auch über ein Headset

Normalerweise hält man das TopSec Mobile wie ein Mobiltelefon ans Ohr (BILD 3). Alternativ ist aber auch ein Headset einsetzbar, für das die multifunktionale Schnittstelle am TopSec Mobile verwendet wird. Dort steckt man einen

Headset-Adapter an, der mit einem Bedienelement zum Annehmen von Gesprächen sowie mit einem Mikrofon und einer 2,5-mm-Klinkenbuchse ausgestattet ist. An Letztere werden die Ohrhörer angesteckt. Der Headset-Adapter wird über eine Klammer an der Jacke oder dem Hemd befestigt, das TopSec Mobile kann in der Jackentasche verbleiben.

Kontaktfreudig zur TopSec-Produktfamilie

Die Interoperabilität des TopSec Mobile mit dem heute vielfach eingesetzten Kryptomobiltelefon TopSec GSM ermöglicht bestehenden Kunden die Migration hin zu Systemen mit dem neuen, mobilen Kryptogerät. Ist der Gesprächspartner für eine verschlüsselte Sprachkommunikation im digitalen Netz über ein ISDN-Kryptogerät TopSec 703+ erreichbar, wird das ITU-T-Protokoll V.110 gewählt; kommuniziert er im analogen Netz über ein TopSec 711, wird das ITU-T-Protokoll V.32 verwendet. Durch Integration der entsprechenden Protokolle ist das Sprachverschlüsselungsgerät TopSec Mobile interoperabel mit dem TopSec GSM, dem TopSec 703+ und dem TopSec 711. BILD 5 zeigt die mit dem TopSec Mobile möglichen sicheren Kommunikationsverbindungen innerhalb der TopSec-Produktfamilie.

BILD 5 Nach Auswahl des geeigneten Protokolls ist das Sprachverschlüsselungsgerät TopSec Mobile interoperabel mit dem TopSec GSM, mit dem TopSec 703+ und mit dem TopSec 711.

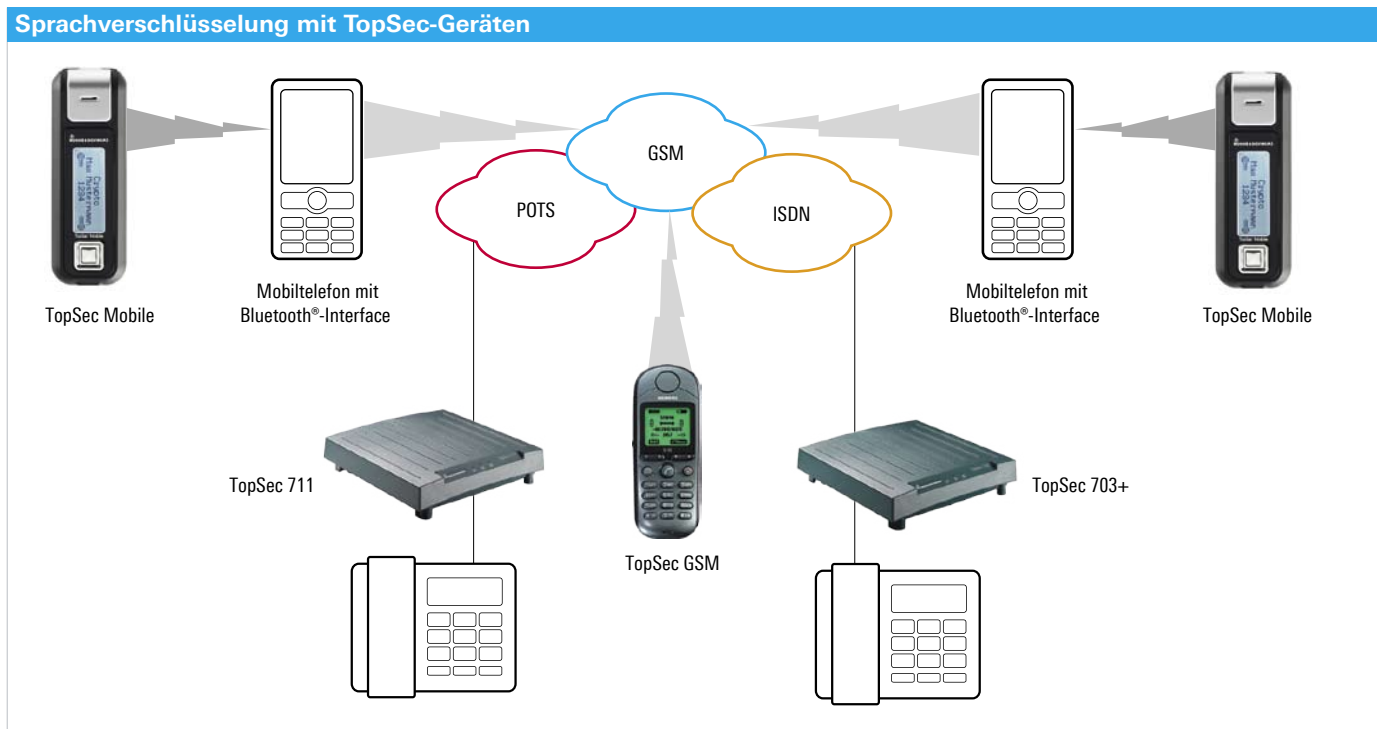
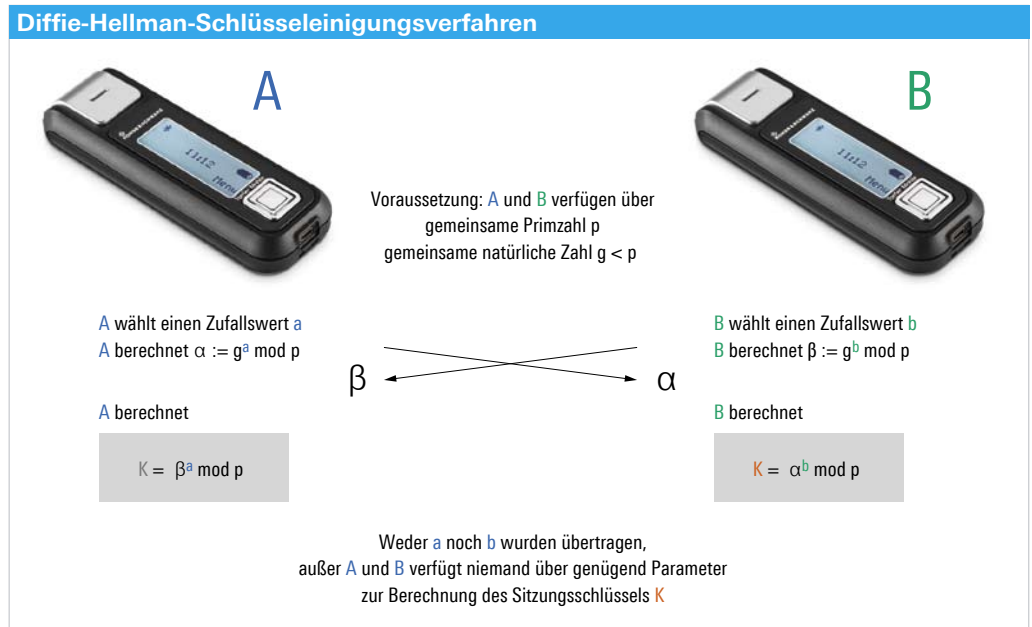


BILD 6 Die TopSec-Kryptogeräte verwenden das Diffie-Hellman-Schlüsseleinigungsverfahren zum Berechnen eines für jedes Gespräch individuellen Sitzungsschlüssels.



Kompromisslos sicheres Kryptokonzept

Hybrides Verschlüsselungsverfahren für höchstmögliche Sicherheit

Das TopSec Mobile verwendet das bei allen TopSec-Geräten eingesetzte und bewährte hybride Verschlüsselungsverfahren, eine Kombination aus asymmetrischen Algorithmen zur Schlüsseleinigung und Authentisierung sowie symmetrischen Algorithmen für die eigentliche Informationsverschlüsselung. Die erforderlichen Sitzungsschlüssel für die symmetrischen Algorithmen werden jeweils für ein Gespräch berechnet und nach dessen Beendigung wieder gelöscht. Optional können die Kryptogeräte verifizieren, ob sie Mitglied in der gleichen, geschlossenen Benutzergruppe sind.

Diffie-Hellman-Schlüsseleinigungsverfahren

Voraussetzung für ein kryptiertes Gespräch ist, dass die Partner-Kryptogeräte über die gleichen mathematischen Parameter verfügen und die gleichen Algorithmen verwenden. Die TopSec-Kryptogeräte setzen zum Berechnen eines für jedes Gespräch individuellen Sitzungsschlüssels das so genannte Diffie-Hellman-Schlüsseleinigungsverfahren ein (BILD 6). Diese Methode ist ein Public-Key-Verfahren, d. h., es werden sowohl öffentliche als auch geheime Parameter verwendet. Die Parameter p und g in BILD 6 sind im Lieferzustand bereits in den Geräten gespeichert. Die geheimen Parameter des Diffie-Hellman-Schlüsseleinigungsverfahrens (a , b) sowie der nach diesem Verfahren berechnete Sitzungsschlüssel K für die Ver- und Entschlüsselung der Sprache mit dem symmetrischen Algorithmus werden dagegen ausschließlich temporär für die jeweilige Kryptoverbindung generiert und anschließend wieder gelöscht.

Das Diffie-Hellman-Schlüsseleinigungsverfahren ermöglicht ohne administrativen Eingriff und ohne vorhergehenden Schlüsselaustausch eine verschlüsselte Kommunikation zwischen zwei Partner-Kryptogeräten. Im TopSec-Sprachgebrauch wird das als „offenes System“ bezeichnet, weil dadurch mit jedem beliebigen TopSec-Kryptogerät eine sichere Verbindung gegeben ist.

Mit Benutzer-Authentisierung auf Nummer Sicher gehen

TopSec Mobile verhindert Man-in-the-Middle-Angriffe und vorgetäuschte Kryptoverbindungen

Prinzipiell ist beim Diffie-Hellman-Schlüsseleinigungsverfahren ein Man-in-the-Middle-Angriff zum Abhören der Kommunikation denkbar. Der technische Aufwand dafür ist jedoch sehr hoch und setzt u. a. voraus, dass der Angreifer Zugriff auf die Kommunikationsstrecke zwischen den beiden Partner-Kryptogeräten hat. Um wirklich höchsten Sicherheitsanforderungen zu genügen, wurden beim TopSec-Kryptokonzept Maßnahmen ergriffen, die selbst solche mit großem technischen Aufwand verbundene Angriffe entdeckt bzw. unterbindet.

Ein Man-in-the-Middle-Angriff hätte zwei Schlüsselgeräte gleichzeitig zu simulieren, die von den Kryptogeräten der beiden Gesprächspartner als jeweils „echtes“ Kryptogerät der Gegenseite akzeptiert werden müssten. In einem solchen Fall würde zwischen einem Partner A und dem Man in the Middle unter Anwendung des Diffie-Hellman-Schlüsseleinigungsverfahrens ein Sitzungsschlüssel K_1 generiert werden

sowie ein weiterer Schlüssel K2 zwischen dem Partner B und dem Man in the Middle. Diese beiden Sitzungsschlüssel K1 und K2 können nicht identisch sein. Ohne einen Man-in-the-Middle-Angriff existiert jedoch nur genau ein Sitzungsschlüssel K (BILD 6). Dieser wird von den symmetrischen Kryptoalgorithmen zum Ver- und Entschlüsseln der digitalisierten und komprimierten Sprache verwendet.

Das oben beschriebene Prinzip ermöglicht eine einfach durchführbare Authentisierung. Vom Sitzungsschlüssel abgeleitet wird ein 4-stelliger Sicherheits-Code (Hash-Code) berechnet und auf dem Display des TopSec Mobile angezeigt. Mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit ist der 4-stellige Sicherheits-Code bei den beiden Gesprächspartnern nur dann gleich, wenn kein Man-in-the-Middle-Angriff vorliegt. Sobald der 4-stellige Sicherheits-Code auf dem Display des TopSec Mobile erscheint, ist die Kryptoverbindung zwischen den beiden Gesprächspartnern etabliert. Nach Vergleich der auf beiden Geräten dargestellten Codes können beide Partner sicher sein, dass ihre Verbindung nicht kompromittiert wurde.

Die bisher beschriebene Funktionalität erfordert beim Kunden weder ein Management-System noch ein Trust Center. Sie kommt „Out of the Box“.

Exklusive Sicherheit: Geschlossene Systeme

Eine weitere mögliche Maßnahme zur Abwehr von Man-in-the-Middle-Angriffen sind kryptografisch gesicherte geschlossene Systeme bzw. Benutzergruppen mit einem eingeschränkten, wohldefinierten Teilnehmerkreis. Dazu wird eine vertrauenswürdige technische Instanz benötigt, in TopSec-Systemen heißt sie TopSec Administrator, eine Kombination aus einem Trust Center und einer zentralen Verwaltung der Betriebsparameter.

Alle TopSec-Geräte eines geschlossenen Systems erhalten vom TopSec Administrator ein individuelles Zertifikat, das sie als Mitglied ausweist. Das Zertifikat enthält Informationen, die im ITU-T-Standard X.509 festgelegt sind. Wichtigste Inhalte des Zertifikats sind die Geräte-ID des TopSec-Geräts und ein zugehöriger öffentlicher Authentisierungsschlüssel (BILD 7). Das Zertifikat ist digital signiert. Für die digitale Signatur wird im TopSec Administrator ein Public-Key-Schlüsselpaar generiert, das aus einem öffentlichen und aus einem geheimen Schlüssel besteht. Mit dem geheimen Schlüssel S_{TC} wird der Hash-Wert des Zertifikats signiert (digitale Signatur). Der geheime Schlüssel S_{TC} verbleibt im TopSec Administrator, er ist die vertraulichste Komponente eines geschlossenen Systems. Mit dem öffentlichen Schlüssel P_{TC} lässt sich die digitale Signatur und damit das Zertifikat verifizieren.

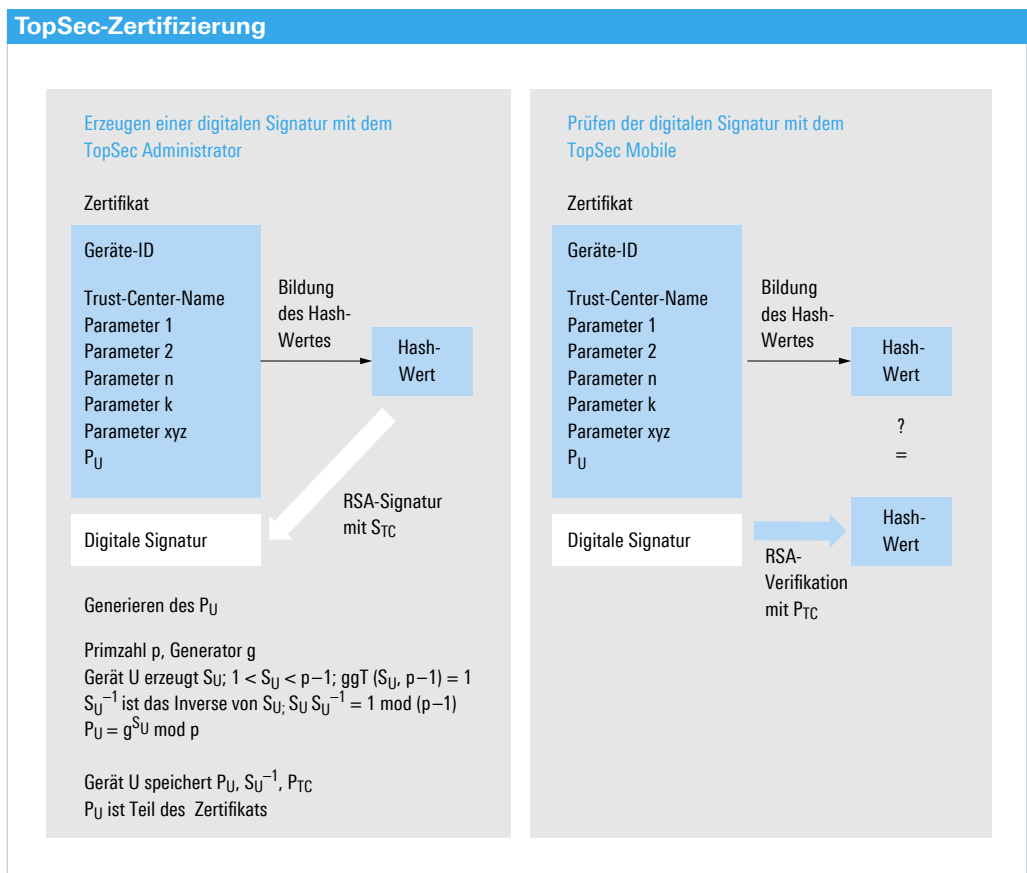
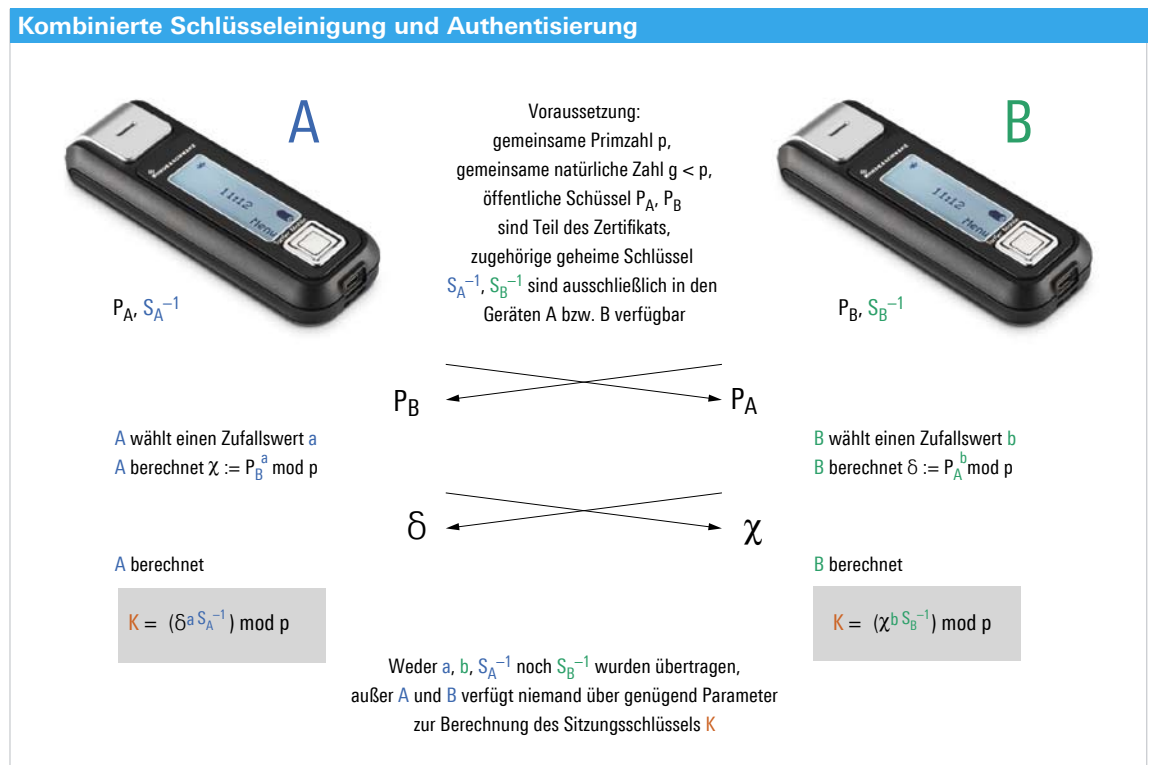


BILD 7 Alle TopSec-Geräte eines geschlossenen Systems erhalten vom TopSec Administrator ein Zertifikat, das sie als Mitglied einer bestimmten geschlossenen Benutzergruppe ausweist.

BILD 8 Geräte mit Zertifikaten, die einem gemeinsamen geschlossenen System angehören, können sich gegenseitig automatisch authentisieren (vereinfachte Darstellung).



TopSec-Geräte, die zu einem geschlossenen System gehören, generieren während der Initialisierung ein weiteres Public-Key-Schlüsselpaar, das zur Authentisierung verwendet wird. Der geheime Authentisierungsschlüssel S_U^{-1} verbleibt im TopSec-Gerät, der öffentliche Authentisierungsschlüssel P_U ist Bestandteil des Zertifikats. Die TopSec-Geräte erhalten zusammen mit dem Zertifikat den öffentlichen Schlüssel P_{TC} zur Prüfung von Zertifikaten.

TopSec-Geräte, die bereits Mitglied eines geschlossenen Systems sind, können später über das öffentliche Kommunikationsnetz – mit einem sicheren Verfahren gegen Manipulation geschützt und authentisiert vom Administrator – „over the air“ mit neuen Zertifikaten und zugehörigem öffentlichem Schlüssel versorgt werden. Geräte mit Zertifikaten, die einem gemeinsamen geschlossenen System angehören, können sich gegenseitig automatisch authentisieren. Dazu wird zunächst das Zertifikat des Partner-Kryptogeräts geprüft. Anschließend erfolgt eine kombinierte Schlüsseleinigung und Authentisierung (BILD 8). Nur wenn diese erfolgreich ist, wird eine Kryptoverbindung etabliert. Zusätzlich können die Gesprächspartner über den 4-stelligen Sicherheits-Code die Authentisierung prüfen. Die Vertraulichkeit der Gespräche bei Verwendung von TopSec-Kryptogeräten entspricht somit höchsten Sicherheitsanforderungen.

Geht ein TopSec Mobile verloren, ist dafür gesorgt, dass unberechtigte Nutzer nicht als Teilnehmer in der geschlossenen Gruppe auftreten können. Dazu wird das verloren gegangene Gerät im TopSec Administrator in die „Black List“ eingetragen, die über eine gesicherte Kommunikationsverbindung an die anderen Geräte der geschlossenen Benutzergruppe übertragen wird. Während der Authentisierung prüfen die Geräte, ob ein Partner in der „Black List“ steht und bauen ggf. daraufhin die Verbindung ab.

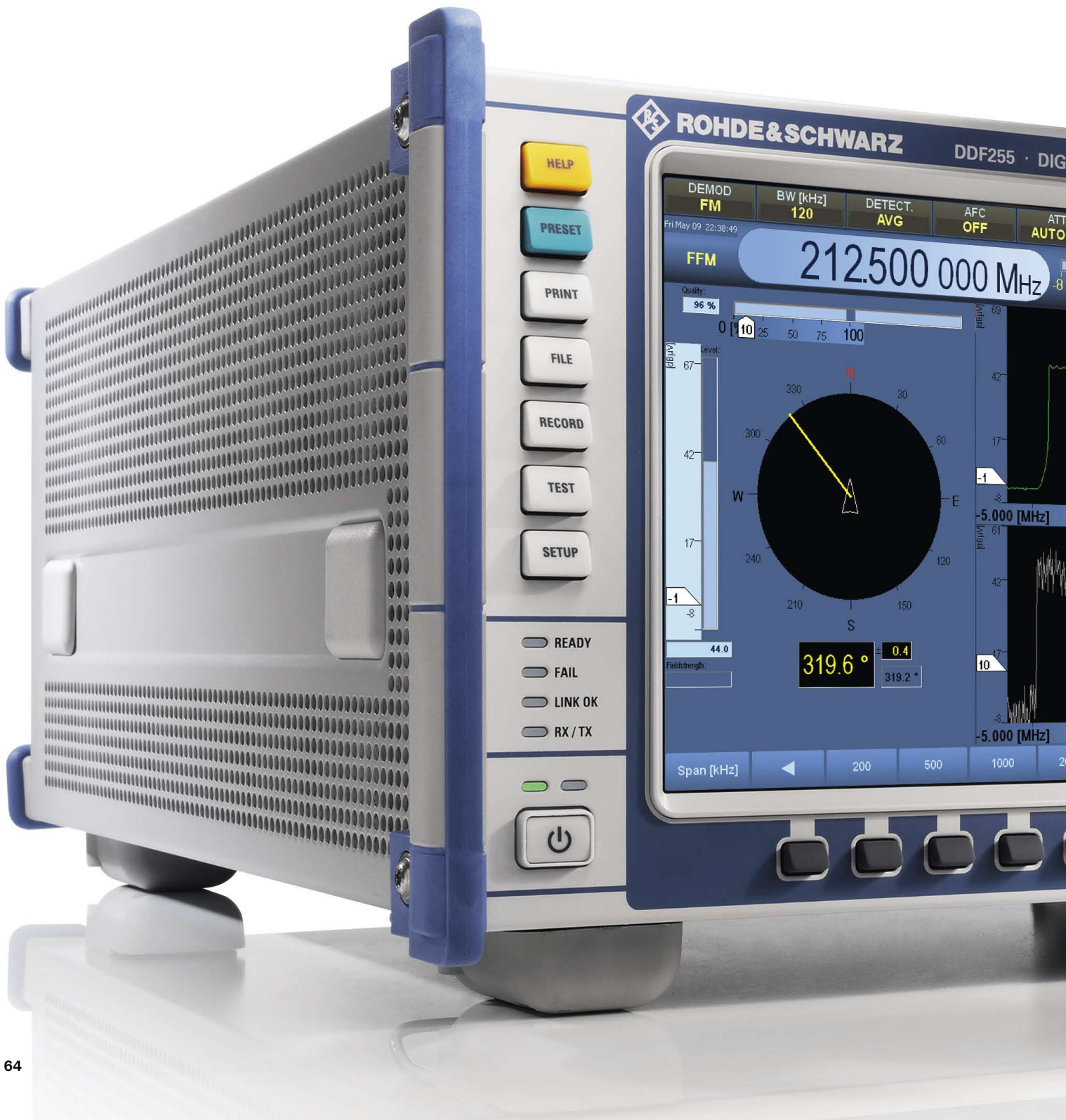
Sichere Kommunikation – sichere Zukunft

Das TopSec Mobile basiert auf einer leistungsfähigen Hardware mit großem Speicher. Die Firmware lässt sich über ein sicheres Verfahren am TopSec Administrator aktualisieren. Damit ist sichergestellt, dass mit dem TopSec Mobile auch künftige Herausforderungen gemeistert werden können. Das TopSec Mobile ist eines der sichersten der heute zur Verfügung stehenden Sprachverschlüsselungsgeräte für die Mobilfunkkommunikation. Das attraktive Design, die einfache Bedienbarkeit und die hervorragende Sprachqualität führen dazu, dass das TopSec Mobile gerne für die sichere Sprachkommunikation eingesetzt wird.

Anton Enterrottacher

Digitaler Funkpeiler DDF[®]255 mit

Der Clou am DDF[®]255: Er ist ein präziser Funkpeiler nach dem Prinzip des korrelativen Interferometers, der auch über umfangreiche leistungsfähige Mess- und Analysefunktionen verfügt. Das patentierte Peilverfahren bietet dank spezieller



Mess- und Analysefunktionen

Großbasis-Peilantennen eine hohe Peilgenauigkeit und überragende Immunität gegen Reflexionen. Dank seiner Kompaktheit und der optionalen Gleichspannungsversorgung ist er auch hervorragend mobil einsetzbar.

BILD 1 Der Digitale Funkpeiler R&S®DDF255 bietet eine für Rohde&Schwarz patentierte präzise Peilmethode zu einem herausragenden Preis/Leistungs-Verhältnis.



Präzise Funkpeilung sowie umfangreiche Mess- und Analysefunktionen

Der Digitale Funkpeiler R&S®DDF255 (BILD 1) verbindet die Eigenschaften des neuen und überaus leistungsfähigen Breitbandempfängers R&S®ESMD* mit einem Peiler nach dem Prinzip des korrelativen Interferometers. Diese Kombination ergibt einen präzisen Funkpeiler für die Breitbandpeilung mit umfangreichen Mess- und Analysefunktionen. Durch sein kompaktes Gehäuse und die optionale Gleichspannungsversorgung ist er auch bestens für den mobilen Einsatz geeignet. Der R&S®DDF255 wird die bewährten Peiler R&S®DDF190 / 195 ablösen.

Das patentierte Peilverfahren, das Großbasis-Peilantennen mit überdurchschnittlich vielen Antennenelementen verwendet, bietet hohe Peilgenauigkeit und überragende Immunität gegen Reflexionen bei gleichzeitig sehr gutem Preis/Leistungs-Verhältnis.

Der R&S®DDF255 basiert auf dem gleichen Konzept wie die erfolgreiche Peilerfamilie R&S®DDF190 / 195. Sowohl der R&S®DDF190 als auch der später erweiterte R&S®DDF195 erfreuen sich einer hohen Marktakzeptanz und sind weltweit bei 23 Regulierungsbehörden im Einsatz.

Dank der zahlreichen Funktionen des digitalen Breitbandempfängers R&S®ESMD bietet der R&S®DDF255 schon in der Grundausstattung mehr als ein normaler Funkpeiler. Ausgestattet mit entsprechenden Optionen, wird aus dem Peiler eine integrierte Komplettlösung zur Funküberwachung und -ortung. Gesteuert über einen PC / Laptop bietet der kompakte Peiler u. a. folgende Möglichkeiten:

- Außerordentlich schnelle Überwachung des Spektrums mit Scangeschwindigkeiten bis 100 GHz/s im Frequenzbereich 20 MHz bis 3,6 GHz (optional 9 kHz bis 26,5 GHz)
- Breitbandpeilung mit einer Echtzeitbandbreite bis 20 MHz und wählbarer Kanalauflösung
- Darstellung und Demodulation von Signalen mit sehr hohen Bandbreiten bis 20 MHz
- Präzise Peilungen nach ITU-Empfehlungen im Frequenzbereich 20 MHz bis 3 GHz mit Kartendarstellung (optional 300 kHz bis 6 GHz)
- Signalanalyse einschließlich Klassifizierung, Demodulation und Decodierung wichtiger Übertragungsverfahren (optional)
- Messung technischer Parameter nach den Empfehlungen der ITU (optional)

Literatur

* Breitbandüberwachungsempfänger R&S®ESMD – Der Spezialist für die Funckerfassung: vielseitig, schnell und präzise. Neues von Rohde&Schwarz (2008) Nr. 195, S. 62–67.

Zur genaueren Untersuchung des Signalspektrums und der Signalumgebung ist der R&S®DDF255 mit einem ZF-Panorama ausgestattet. Die aktuelle Empfangsfrequenz bildet dabei die Mitte der Spektrumdarstellung. Die Darstellbreite ist einstellbar zwischen 1 kHz und 20 MHz und kann somit optimal an die jeweilige Aufgabe angepasst werden. MINHOLD-, MAXHOLD- und Average-Darstellungen erweitern die Einsatzmöglichkeiten zusätzlich. Der R&S®DDF255 kann in allen Funktionen über eine 1-Gigabit-LAN-Schnittstelle ferngesteuert werden, über die auch die Datenausgabe erfolgt.

Leistung und Messmethodik nach den Empfehlungen der ITU

Der R&S®DDF255 erfüllt die Empfehlungen der ITU für Überwachungspeiler und -empfänger – und übertrifft sie in vielen Punkten sogar deutlich. Beispielsweise bietet der Empfänger im R&S®DDF255 eine deutlich höhere Großsignalfestigkeit (höhere Intercept-Punkte, geringeres Phasenrauschen) als die empfohlene Mindestanforderung der ITU.

Optional kann der Funkpeiler mit umfangreichen Messverfahren ausgestattet werden, z. B. mit:

- Frequenz und Frequenzoffset gemäß ITU-R SM.377
- Feldstärke gemäß ITU-R SM.378
- Modulation gemäß ITU-R SM.328
- Spektrumsbelegung gemäß ITU-R SM.182 / SM.328 (auf dem Steuerrechner)
- Bandbreite gemäß ITU-R SM.443
- Erkennung von Mono- und Stereoübertragungen bei FM-Rundfunksendern

Breitbandpeilung mit Echtzeitbandbreite bis 20 MHz

Dank seiner schneller Signalverarbeitung ist der R&S®DDF255 in der Lage, sämtliche Signale in einem bis zu 20 MHz breiten Frequenzbereich mit wählbarer Auflösung zu peilen. Für jedes Signal oberhalb der Pegelschwelle wird gleichzeitig der Peilwert berechnet und angezeigt. Breitbandpeilung bietet verschiedene Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile, wie die folgenden Beispiele zeigen:

- Sämtliche Frequenzkanäle im Flugfunk oder im maritimen Frequenzband können gleichzeitig angezeigt und gepeilt werden.
- Alle Frequenzkanäle im FM-Rundfunk können gleichzeitig angezeigt und gepeilt werden.
- Signale mit hoher Bandbreite wie z. B. DAB- und DVB-T-Signale werden auf Wunsch mit hoher Kanalauflösung gepeilt. Das Peilergebnis ist dann ein Mittelwert (Histogramm) aus vielen Einzelpeilwerten. Dies gleicht eine frequenzabhängige Peilwertschwankung aus.

Funkpeilung bis 6 GHz

Zusammen mit der neuen Option R&S®DDF255-SHF und der Peilantenne R&S®ADD075 liefert der Peiler bis 6 GHz präzise Peilergebnisse. Damit können erstmals Sender oberhalb von 3 GHz gepeilt werden, beispielsweise Sender für WLAN oder WiMAX sowie Radar- und Richtfunkanlagen.

Um die genannten Sender zu lokalisieren, mussten bisher drehbare Richtantennen mit entsprechenden Nachteilen bezüglich Handhabbarkeit und Messgeschwindigkeit eingesetzt werden. Der R&S®DDF255 zeigt den Peilwert sofort an und vereinfacht beispielsweise auch die Peilung während der Fahrt erheblich. Auch im SHF-Bereich erreicht er die hohe Peilgenauigkeit und Immunität gegen Reflexionen wie im VHF-UHF-Bereich.

Sichere und schnelle Ortung dank hoher Peilgenauigkeit

Der R&S®DDF255 arbeitet im VHF-UHF-Bereich nach dem Peilverfahren „korrelatives Interferometer“ (siehe Kasten Seite 68). Im Gegensatz zu einfachen Amplituden-Vergleichsverfahren bietet er deshalb eine erheblich höhere Peilgenauigkeit der höchsten Genauigkeitsklasse A nach ITU-Empfehlungen.

Voraussetzung für diese hohe Peilgenauigkeit ist die präzise Messung der Phasenwinkel zwischen dem Referenz-Antennenelement und den übrigen Elementen. Normalerweise werden zur Messung der Phasendifferenz zwischen zwei Signalen zwei kohärente Empfangszüge benötigt. Aus diesem Grund kommen in den meisten Interferometer-Peilern auf dem Markt mindestens zwei Empfänger zum Einsatz. Beim R&S®DDF255 wird die kohärente Verknüpfung der beiden Empfangszüge nach einem patentierten Verfahren in der Peilantenne vorgenommen.

BILD 2 Die Peilantenne R&S®ADD295, installiert auf dem Dach eines geländegängigen Fahrzeugs.



Technischer Hintergrund

Verlässliche Peilungen auch bei Reflexionen

Im praktischen Einsatz treffen aufgrund von Mehrwegeausbreitung besonders in städtischer Umgebung häufig auch Reflexionen auf die Peilantenne. Der R&S®DDF255 bietet prinzipbedingt eine höhere Immunität gegen solche Reflexionen als die meisten anderen Produkte auf dem Markt (BILD 3). Verantwortlich dafür sind die Peilantennen mit überdurchschnittlich vielen Antennenelementen. Im VHF-UHF-SHF-Bereich kommen beim R&S®DDF255 acht bzw. neun Elemente zum Einsatz, die marktübliche Anzahl liegt bei fünf Elementen.

Der Abstand zwischen zwei benachbarten Antennenelementen einer Peilantenne ist begrenzt durch die Forderung, dass für alle Welleneinfallrichtungen mindestens ein Elementpaar einen Abstand kleiner als die halbe Wellenlänge bei der höchsten Betriebsfrequenz aufweist. Aus diesem Grund lässt sich die Apertur einer Peilantenne (Durchmesser/Wellenlänge) nur dann wesentlich vergrößern, wenn auch die Anzahl der Antennenelemente erhöht wird. Die Apertur der Peilantenne bestimmt die Leistungsfähigkeit eines Peilers maßgeblich. Wie auch im ITU Spectrum Monitoring Handbook 2002 beschrieben, sind Peilgenauigkeit, -empfindlichkeit und Immunität gegen Reflexionen um so höher, je größer die Apertur der Peilantenne ist.

Diese Verbesserung zeigt sich aber erst im echten Arbeits-einsatz, wo es Reflexionen und schwache Signale gibt. In den Spezifikationen fällt dieser Vorteil nicht auf, da sich die in Datenblättern angegebene Instrumenten- und Systemgenauigkeit zwecks Vergleichbarkeit auf ideale reflexionsfreie Peilantennen-Umgebungen und starke Signale bezieht.

Prinzipiell können Reflexionen die Peilgenauigkeit beeinträchtigen. Abhängig vom Konzept gehen verschiedene Peilantennen unterschiedlich gut mit Reflexionen um. Der R&S®DDF255 wurde so ausgelegt, dass er selbst bei einem 50-prozentigen Anteil an Reflexionen noch genaue Peilungen erlaubt. Diese hohe Reflexionsfestigkeit ist ein Vorteil der großen Anzahl an Antennenelementen. Werden beispielsweise

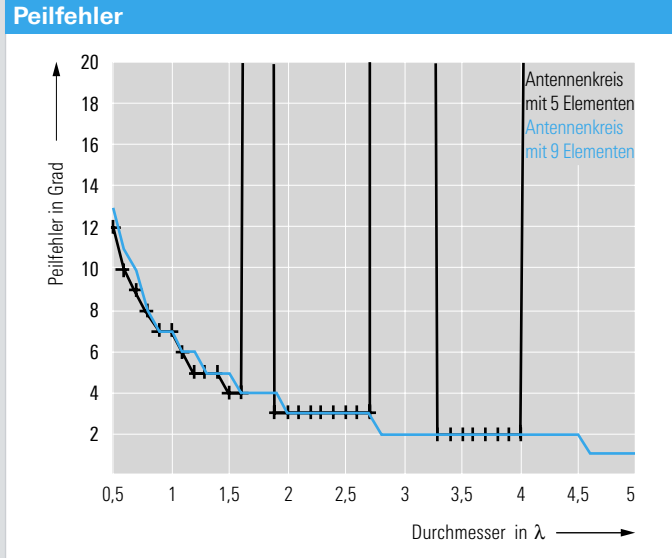


BILD 3 Peilfehler von Peilantennen mit fünf und neun Antennenelementen als Funktion des Antennendurchmessers (ausgedrückt als Wellenlänge) im Zweiwellenfeld.

nur fünf Antennenelemente verwendet, so ist bei 50-prozentigem Anteil an Reflexionen mit Peilfehlern in der Größenordnung von 100° zu rechnen.

Einkanal-Interferometer Peilverfahren

Das Peilverfahren des korrelativen Interferometers basiert auf der Messung von Phasendifferenzen zwischen mehreren Antennenelementen einer Peilantenne. Um den Phasenwinkel ϕ zwischen den beiden Signalen zweier Antennenelemente mit nur einem Empfänger messen zu können, kommt ein für Rohde&Schwarz patentiertes Verfahren zum Einsatz (BILD 4). Bei diesem Verfahren wird die Phase von einem der beiden Signale im Quadratur-Multiplexer in vier Schritten um 0° / 90° / 180° / 270° verschoben und zum zweiten addiert. Nach jedem Schritt misst der Empfänger die Amplitude des Gesamtsignals. Setzt man diese vier Amplitudenwerte A1 bis A4 in die Formel in BILD 4 ein, ergibt sich der Phasenwinkel zwischen den beiden Signalen. Diese Messung wird für jedes Antennenelement durchgeführt

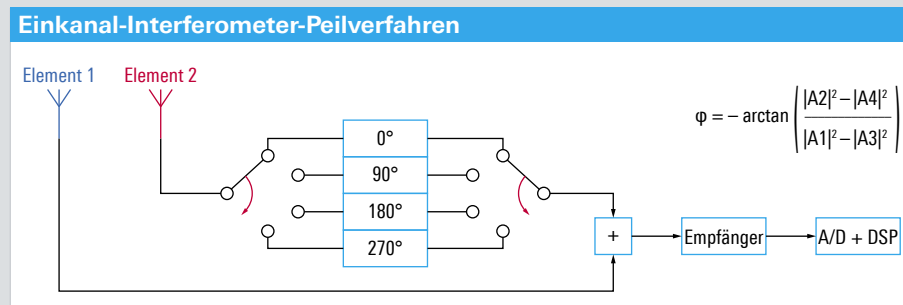


BILD 4 Um beim Einkanal-Interferometer-Peilverfahren den Phasenwinkel ϕ zwischen den beiden Signalen zweier Antennenelemente mit nur einem Empfänger messen zu können, kommt ein für Rohde&Schwarz patentiertes Verfahren zum Einsatz.

Umfangreiches Peilantennen-Programm

Rohde&Schwarz bietet für den R&S®DDF255 Peilantennen für vielfältige Anwendungsbereiche an. Besonders hervorzuheben sind hier die folgenden Antennen.

Für die mobile Peilung: R&S®ADD295

(erhältlich ab 1. Quartal 2009)

Die R&S®ADD295 ist eine für den mobilen Einsatz optimierte VHF-UHF-Peilantenne. Sie deckt den gesamten Frequenzbereich 20 MHz bis 3000 MHz in einem kompakten Gehäuse ab. Möglich wird dies durch den Einsatz zweier ineinander angeordneter Antennenkreise.

Bisher mussten zur Abdeckung des gesamten VHF-UHF-Bereichs zwei Peilantennen eingesetzt werden. Besonders bei der Montage auf dem Fahrzeugdach kam es so zu zusätzlichen Reflexionen. Mit der neuen R&S®ADD295 wird nicht nur dieses Problem gelöst, sondern auch der benötigte Platz auf dem Fahrzeugdach halbiert. Die Antenne kann mit Hilfe des Adapters R&S®AP502Z1 direkt auf einem Fahrzeugdach montiert werden (BILD 2). Zur Montage auf einem Mast wird der Mastadapter R&S®ADD150A empfohlen.

Für alle Polarisationsarten: R&S®ADD197

Rohde&Schwarz hat als erster Hersteller auf dem Weltmarkt eine Peilantenne entwickelt, die sowohl vertikal als auch horizontal polarisierte Antennenelemente bei kompakten Abmessungen enthält (im BILD 6 mit Blitzschutz). In den freien Platz zwischen den neun vertikal polarisierten Dipol-Antennenelementen wurden weitere neun horizontal polarisierte Elemente eingefügt.

Die R&S®ADD197 ist für den stationären und den mobilen Einsatz geeignet und deckt den Frequenzbereich 20 MHz bis 1300 MHz ab (horizontal: 40 MHz bis 1300 MHz). Die R&S®ADD197 kann mit Hilfe des Adapters R&S®AP502Z1 direkt auf einem Fahrzeugdach montiert werden. Zur Montage auf einem Mast empfiehlt sich der Mastadapter R&S®ADD150A.

Für den SHF-Bereich: R&S®ADD075

(erhältlich ab 4. Quartal 2008)

Mit der R&S®ADD075 bietet Rohde&Schwarz erstmals eine Peilantenne für den SHF-Bereich an. Mit ihren zwei übereinander angeordneten Antennenkreisen deckt die Antenne den Frequenzbereich 1300 MHz bis 6000 MHz ab. Für mobilen Einsatz kann sie flach auf ein Autodach montiert werden. Für stationäre Anwendungen kann die Peilantenne R&S®ADD196 darüber montiert werden, wodurch ein Peilantennensystem für den Frequenzbereich 20 MHz bis 6000 MHz entsteht.

Für den HF-Bereich gibt es die R&S®ADD119 (BILD 5),

eine kompakte Peilantenne, die nach dem Peilverfahren Watson-Watt arbeitet. Sie kann mit Hilfe des Adapters R&S®AP502Z1 auf einem Fahrzeugdach oder für Messungen auf einem Dreibein R&S®ADD1XTP montiert werden. Dank ihrer kompakten Abmessungen ist sogar die Tarnung unter einem Kunststoff-Hochdach möglich.

Für den stationären und den semi-mobilen Betrieb

im VHF-UHF-Bereich gibt es die beiden Peilantennen R&S®ADD196 und R&S®ADD071. Sie lassen sich mittels der Adapter R&S®ADD071Z übereinander auf einem Mast montieren.



BILD 5 R&S®ADD119 für den HF-Bereich, montiert auf dem Dreibein R&S®ADD1XTB.

Anwendungsbeispiel: Mobile Funküberwachung und -ortung

Der R&S®DDF255 ist zur Integration in Fahrzeuge optimal vorbereitet:

- **Hohe Integrationsdichte:** Sein Gehäuse ist mit nur vier Höheneinheiten bei 19" Breite sehr kompakt.
- **Flexible Spannungsversorgung:** Optional kann der R&S®DDF255 mit einem Netzteil für Gleichspannungsversorgung ausgerüstet werden.
- **Frontplattenbedienung:** Wahlweise ist der R&S®DDF255 auch ohne Steuerrechner über die Frontplatte zu bedienen.
- **Mehrere Antenneneingänge:** Am R&S®DDF255 können mehrere Peilantennen und / oder Monitoring-Antennen angeschlossen werden.

Anwendungsbeispiel: Stationäre Funküberwachung und -ortung bis 6 GHz

Zusammen mit den Peilantennen R&S®ADD197 und R&S®ADD075 bildet der R&S®DDF255 ein sehr leistungsfähiges stationäres System zur Funküberwachung und -ortung bis 6 GHz. Die Empfehlungen der ITU werden erfüllt, in vielen Punkten sogar weit übertroffen.



Mit der Peilantenne R&S®ADD197 für den VHF-UHF-Bereich lassen sich jetzt auch alle horizontal polarisierten Sender genau peilen. Damit können beispielsweise alle Fernseh- und Hörfunksender genau gepeilt und als Referenzsender zur Funktionsprüfung und zum Einnorden genutzt werden. Auch defekte Sende- und Empfangsanlagen mit horizontal polarisierten Antennen peilt die R&S®ADD197 präzise.

Am R&S®DDF255 sind zusätzliche Monitoring-Antennen direkt anschließbar. So werden die Empfehlungen der ITU ohne externe Antennenschalter erfüllt. Zusammen mit der Option R&S®DDF255-ITU entsteht auf diese Weise ein System zur Funküberwachung und -ortung, mit dem belastbare Messergebnisse nach den Empfehlungen der ITU gewonnen werden können.

Blitzschutz

Zum Schutz der Peilantennen vor Blitzschlag an besonders gefährdeten Orten hat Rohde&Schwarz den erweiterten Blitzschutz R&S®ADD-LP entwickelt (BILD 6). Er wird bei Aufbauhöhen von mehr als 30 m über Grund empfohlen (Maste > 30 m, hohe Gebäude, Berggipfel etc.). Dieses Blitzfangkreuz verhindert in den allermeisten Fällen einen seitlichen Einschlag, da es über die Peilantenne hinausragt.

Fazit

Der R&S®DDF255 kombiniert in einem kompakten Gerät präzise Funkpeilung mit der Leistungsfähigkeit des Breitbandempfängers R&S®ESMD. Damit setzt er Maßstäbe sowohl hinsichtlich seines Funktionsumfangs als auch in Bezug auf die Qualität der Messergebnisse. Für die Praxis bedeutende Eigenschaften wie Peilgenauigkeit, Großsignalfestigkeit und Immunität gegen Reflexionen sind überdurchschnittlich.

Für den neuen Peiler steht ein umfangreiches Peilantennenprogramm zur Verfügung. Es umfasst Peilantennen für alle Polarisierungen und alle wichtigen Frequenzbereiche sowie für stationären und mobilen Betrieb. Dank optionaler Gleichspannungsversorgung und Bedienbarkeit über die Frontplatte ist er auch hervorragend für den mobilen Einsatz geeignet.

Philipp Strobel

BILD 6 Erweiterter Blitzschutz
R&S®ADD-LP (montiert auf
R&S®ADD197).



Fallstudienwettbewerb wird international: Zum ersten Mal sind Teilnehmer aus Singapur dabei.

Kommunikation und Informationssicherheit im Spannungsverhältnis

Wissenschaft lebt vom offenen Dialog. Im Hochtechnologiesektor ist Wissen das größte Kapital. Wird es aber ausreichend geschützt oder gehen wir in Deutschland mit unserer Kommunikation zu sorglos um? Zu diesem Thema fand im Juli eine Podiumsdiskussion in Berlin-Adlershof statt, zu der die Rohde&Schwarz SIT GmbH als Mitveranstalter einlud.

Das Risikopotenzial gegenüber Industriespionage zu erkennen und das Sicherheitsbewusstsein zu schärfen, war Ziel der Veranstaltung. Dazu diskutierten zunächst auf dem Podium, später mit dem Plenum: Dr. Udo Helmbrecht, der Präsident des Bundesamts für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), Dr. Stefan Harant, Vorstand des Berliner Wirtschaftsgespräche e.V., Prof. Dr. Peter Pepper vom Fraunhofer-Institut FIRST, Prof. Dr. Jürg Kramer vom Institut für Mathematik der Humboldt-Universität Berlin und Henning Krieghoff, Geschäftsführer der Rohde&Schwarz SIT GmbH.

Sie zeigten den etwa 70 Gästen die Gefahren, aber auch Lösungen zum Thema Informationssicherheit auf. Neben einem ausreichenden technologischen IT-Grundschutz seien auch Verhaltensrichtlinien für die Mitarbeiter vonnöten, so die Meinung auf dem Podium. Prof. Pepper brachte die Überlegungen auf den Punkt: „Man kann dafür sorgen, dass das Knacken einer geschützten Information teurer wird als der Gewinn, den ihre Kenntnis einbringt.“

TU Hamburg-Harburg siegt beim Fallstudienwettbewerb

Mehr als 200 Studierende aus Deutschland und zum ersten Mal sechs Teams aus Singapur beteiligten sich am fünften Fallstudienwettbewerb von Rohde&Schwarz. Unter dem Motto „Go wireless! Testing for future communications standards“ stellten Ende Juni in München die Finalisten ihr Hochfrequenz-Wissen unter Beweis. Im Fokus standen technische Herausforderungen, die im Rahmen der Entwicklung kommender Mobilfunk-Standards wie UMTS LTE auftauchen. Es galt unter anderem, sich mit dem Design eines HF-Sendepfades zu beschäftigen, einen Vorschlag für ein Synthesizerkonzept oder die Messunsicherheit eines Leistungsverstärkers zu analysieren. Auch an Mehrantennensystemen, wie sie bei WiMAX zum Einsatz kommen, wurde getüftelt. Letztlich überzeugte die TU Hamburg-Harburg am meisten und freute sich über 2000 Euro Siegpriämie.

Rohde&Schwarz China für technische Trainings ausgezeichnet

Die Foxconn Technology Group hat die Rohde&Schwarz Niederlassung China mit dem Excellent Lecturer Award ausgezeichnet. Der Preis wird für hervorragende Qualität bei technischen Trainings vergeben. Insgesamt wurden die Schulungen von 1300 Zulieferern mittels Befragung bewertet. Die Trainingsleistung von Rohde&Schwarz China überzeugte Foxconn. So zählt Rohde&Schwarz nun zu den insgesamt zwölf Preisträgern im Zeitraum 2007/2008.

Erstes DVB-H-Netz in Asien mit Rohde&Schwarz-Sendern gestartet

UMobile, der malaysische Mobile-TV-Anbieter, hat seinen Mobile LiveTV™-Service für Kuala Lumpur und Umgebung gestartet. Der Provider hatte dazu Sender aller Leistungsklassen bei Rohde&Schwarz Malaysia Sdn. Bhd. geordert. Die Niederlassung hat zudem das Sendernetz in einer Rekordzeit von nur zwei Monaten aufgebaut. Die Sender sowie deren Peripherie, HF-Zuleitungen und Antennensysteme wurden an insgesamt 20 Standorten installiert.

Fujitsu wählt Rohde&Schwarz für WiMAX-SoC-Testlösung aus

Fujitsu Microelectronics hat in Zusammenarbeit mit Rohde&Schwarz eine Testlösung für das von Fujitsu entwickelte Mobile WiMAX System-on-Chip (SoC) MB86K21 erarbeitet. Die Lösung basiert auf dem WiMAX Communication Tester R&S®CMW270 von Rohde&Schwarz. Dieser wird sowohl für das Kalibrieren als auch für das Verifizieren von WiMAX-Endgeräten eingesetzt, die auf dem MB86K21-Chip basieren. Hersteller können diese Produkte mit dem R&S®CMW270 zuverlässig und effizient prüfen. So lassen sich Sender- und Empfängerparameter wie Frequenzgang und Linearität automatisch abgleichen. Außerdem verifiziert der Basisstationsemulator die korrekte Funktion in einem realen WiMAX-Netzwerk. Überzeugt war Fujitsu von der Messgeschwindigkeit des R&S®CMW270, die bis zu zehn mal schneller ist als bei konventionellen Messgeräten. Damit steht eine kosteneffiziente Testlösung für die MB86K21-Entwicklungen der Fujitsu-Kunden zur Verfügung.

Moskauer Universität mit HF-Labor von Rohde&Schwarz ausgestattet

Im Mai wurde offiziell das „Scientific Educational Center of the Moscow State University (MSU)“ im Fachbereich Physik eröffnet. Das Labor ist unter anderem mit Spektrum- und Netzwerkanalysatoren sowie Generatoren von Rohde&Schwarz ausgestattet. Insgesamt werden derzeit fünf Trainingsprogramme angeboten. Mehr als 20 Studenten haben diese bisher absolviert.

4 Baureihen, 30 Modelle – für alle den richtigen Spektrumanalysator

Spektrumanalysatoren für alle Anwendungsbereiche und Budgets

- ▮ Das umfangreichste Produktportfolio des Marktes
- ▮ Kurze Innovationszyklen, hohe Investitionssicherheit
- ▮ Maximale Funktionalitätsintegration in jedem Gerät
- ▮ Exzellenter Service weltweit:
Wir sind für Sie da, wo immer Sie sind.



The Driving Force in
Spectrum Analysis

www.rohde-schwarz.com


ROHDE & SCHWARZ