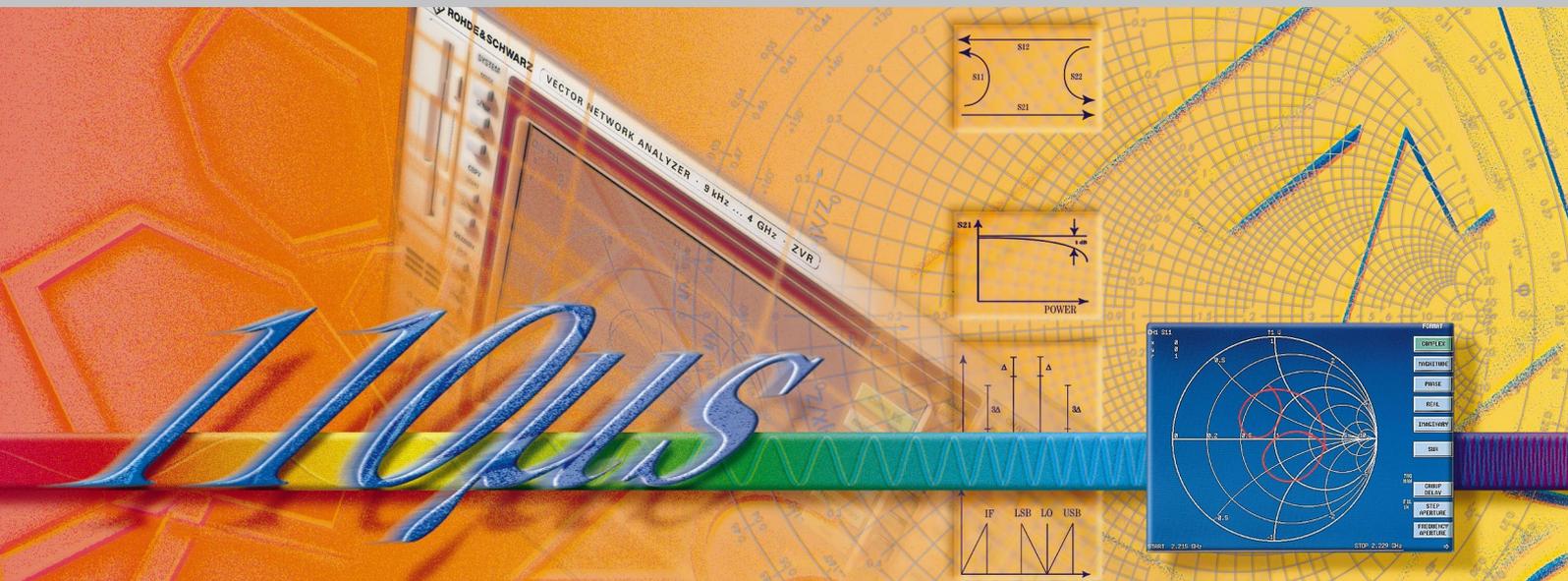


# Neues von Rohde & Schwarz



Neue Prüftechnik  
für die Baugruppenproduktion

Digitale Überwachungspeiler  
erfassen HF bis UHF

ecoTV: Transistorsender setzen Maßstäbe  
in puncto Wirtschaftlichkeit

150

Wir nehmen in Trauer Abschied vom hochverehrten  
Senior und Mitbegründer unseres Unternehmens

## **Dr. phil. nat. Dr. E. h. Hermann Schwarz**

Er starb am 10. November 1995 im Alter von 87 Jahren

**Geschäftsführung, Geschäftsleitung,  
Mitarbeiter und Betriebsrat  
ROHDE & SCHWARZ GmbH & Co. KG**



### **Dr. Hermann Schwarz, ein Pionier der Meß- und Nachrichtentechnik**

„60 Jahre Rohde & Schwarz – 60 Jahre eines Lebens für Rohde & Schwarz“ wählte Dr. Hermann Schwarz als Überschrift eines Artikels im „Zeitzeichen“, der Zeitschrift für die Rohde & Schwarz-Mitarbeiter, zum 60jährigen Firmenjubiläum. Nun ist, nur zwei Jahre später, dieses Leben zu Ende gegangen: Am Abend des 10. November 1995 entschlief Dr. Dr. E. h. Hermann Schwarz im 88. Lebensjahr.

1908 in der schwäbischen alten freien Reichsstadt Nördlingen geboren, durfte er alle zehn Jahrzehnte unseres so bewegten, geschichtsträchtigen 20. Jahrhunderts erleben. Die Jugend in seiner Heimatstadt und die Ferienaufenthalte auf den Bauernhöfen seiner Verwandten im Nördlinger Ries prägten ihm tiefe, lebenslange Naturverbundenheit ein, die wohl nach dem Abitur an der Oberrealschule in Nürn-

berg auch zur Wahl eines Studiums der Naturwissenschaften beitrug. Dieses Studium der Physik, Mathematik und Geophysik begann in Heidelberg und führte ihn über einige Semester in München – sicher später mitbestimmend für die Wahl dieser Stadt als Firmensitz – nach Jena, wo er als Schüler von Prof. Esau und Max Wien seinen späteren Freund und Partner Lothar Rohde kennenlernte und 1931 zum Dr. phil. nat. promovierte. Die Zeit der Wirtschaftsdepression erschwerte den jungen Physikern damals den Einstieg ins Berufsleben, so daß die beiden Freunde noch zwei Jahre an Universitätsinstituten blieben, aber dort doch Industriekontakte knüpfen konnten, die schließlich 1933 zum Entschluß zur Selbständigkeit und zum Umzug nach München führten. Aus dem dort in der Thierschstraße im August gegründeten „Physikalisch-technischen Entwick-

lungslabor Dr. Rohde & Dr. Schwarz“ ging die Firma Rohde & Schwarz hervor, ein Weltunternehmen, das heute mehr als 4000 Mitarbeiter beschäftigt und nach wie vor unabhängig ist.

Wenn auch Hermann Schwarz in den ersten Jahren des jungen Unternehmens noch überwiegend selbst als Geräteentwickler am Labortisch tätig war – Schwerpunkte Scheinwiderstands- und Verlustfaktormeißtechnik –, so oblag ihm doch schon von Anfang an die Erledigung der organisatorisch/verwaltungstechnischen Funktionen. Mit dem stetigen Wachstum des Betriebs – personell und räumlich – beanspruchten ihn diese personalpolitischen und betriebswirtschaftlichen Führungsaufgaben mehr und mehr, förderten aber andererseits auch die wohlfundierte kaufmännische Veranlagung. So hatte er bei-

spielsweise durchgesetzt, nicht die Geräteentwicklungen des Labors zu verkaufen, sondern die Geräte selbst in der Firma zu produzieren. Sein wirtschaftlicher Weitblick bewies sich dann 1937 erneut beim Kauf des Anwesens am Münchener Tassiloplatz. Denn dieser risikofreudige Entschluß war bei einem Preis von fast dem Doppelten der Vorjahresbilanzsumme des kleinen Betriebs eine echte unternehmerische Entscheidung, der zweite Meilenstein nach der Gründung. Damit war nun das Unternehmen für weiteres Wachstum gewappnet, so daß es bis zum Beginn des Zweiten Weltkriegs schon 100 Mitarbeiter beschäftigte. Viele Großfirmen der Nachrichtentechnik sahen in der Firma den „Hauslieferanten“ für die zu ihrer Produktion erforderlichen Meßgeräte; dadurch wurde der Altbau Tassiloplatz bald zu klein und An- und Neubauten entstanden. Auf Hermann Schwarz kamen in diesen Jahren schwierige Entscheidungen zu, zum Beispiel über eine von der Stadt erwogene Betriebsverlegung oder über die Verlagerung der Produktionsstätten nach Bombenschäden; Entscheidungen, die die Existenz des Unternehmens und seiner inzwischen mehreren hundert Mitarbeiter unmittelbar am Nerv trafen. Auch die Partnerschaft der beiden Inhaber wurde auf manche Probe gestellt, doch sie hielt auch diesen Belastungen stand.

In solch einer Zeit trotz aller politischen und wirtschaftlichen Probleme das rechte Augenmaß zu bewahren, erforderte echten unternehmerischen Weitblick, der allerdings genauso in der nachfolgenden Aufbauzeit vonnöten war, wenn auch auf erfreulicherer Basis. So spiegelte sich dann auch bald der wirtschaftliche Aufwärtstrend im gezielten, aber wohl dosierten Wachstum der Werksneubauten an der Mühlendorfstraße in München wider. Hier konnte Hermann Schwarz sein Gespür für wirtschaftliche Entwicklung nach außen sichtbar werden lassen. Auch der Aufbau der Meßgerätebau GmbH in Memmingen /All-

gäu, des R&S-Werks Köln, der Niederlassungen der Vertriebsgesellschaften sowie die spätere Ansiedlung im Bayerischen Wald mit dem Produktionswerk Teisnach sind weitere Meilensteine und markante Zeichen der Initiativen von Hermann Schwarz. Ein anderer Schwerpunkt war der Ausbau der Firmengruppe im In- und Ausland, insbesondere der Aufbau eines ausgedehnten Vertriebsnetzes in Europa, Asien und Amerika. Dabei lernte er die Völker und Länder kennen und fand Freunde in aller Welt. Sie bewunderten – wie auch die Mitarbeiter – seinen Charme, seine Geradlinigkeit und Zivilcourage, aber auch seine treffsichere Argumentation, die außergewöhnlichen Geschichtskennntnisse und seinen schier unerschöpflichen Zitatenschatz.

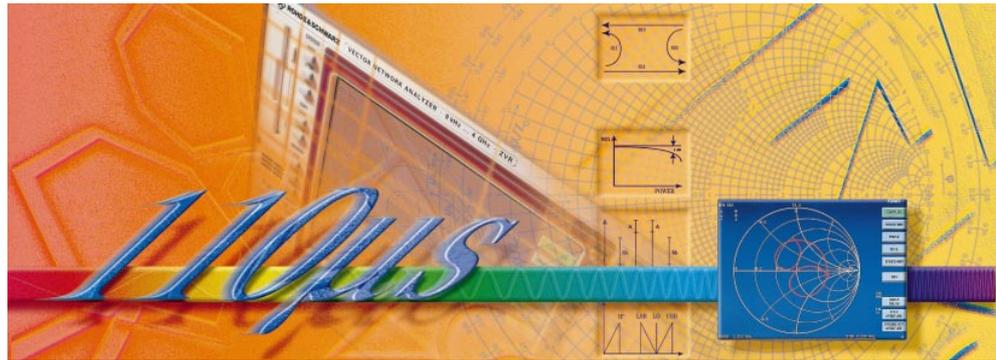
Seinen verantwortungsvollen unternehmerischen Weitblick bewies Hermann Schwarz auch, als er 1971 rechtzeitig „das Haus bestellte“, um allen Eventualitäten und Risiken gewachsen zu sein. Er berief seinen Sohn Friedrich nach dessen hervorragender Ausbildungslaufbahn als weiteren Geschäftsführer in das Firmengremium und eröffnete sich damit selbst die Möglichkeit, sich Schritt für Schritt aus der persönlichen Leitung und aktiven Verantwortung zurückzuziehen. Als er als letzten Bereich auch das Personalwesen abgab, trennte er sich damit von einer Aufgabe, in der die ungewöhnliche menschliche Ausstrahlung seines Charakters über Jahrzehnte wirksam geworden war. Er war Vorbild, weil er selbst höchste Ansprüche an die eigene menschliche Qualifikation stellte. Dies haben die Mitarbeiter stets bei ihm gespürt, er konnte Vertrauen fordern, weil er selbst Vertrauen gab. Er war zeitlebens auch in der Unternehmenskultur ein Vertreter wahrer Humanitas und so vielen in der Firma zur Vaterfigur geworden. Seine Gerechtigkeit, Menschenkenntnis, Lebensfreude und Toleranz, sein – oft patriarchalisch verbrämter – Charme neben seinem vorbildlichen Familiensinn waren es, was

Mitarbeiter und Freunde so an ihm schätzten. Freunde fand er gerade wegen dieser Eigenschaften aber nicht nur in seiner unmittelbaren Umgebung, sondern auch bei seinen Hobbies Jagen und Fischen, die sich aus seiner frühen Naturverbundenheit entwickelten und die er zum Ausgleich vom Tagesstreß mit Begeisterung betrieb.

Natürlich blieb für sein verdienstvolles Wirken die öffentliche Anerkennung nicht aus: Die Technische Universität München ernannte Dr. Schwarz schon 1959 zum Ehrensensator, er war viele Jahre Handelsrichter und wurde 1971 Honorarkonsul der Republik Island. Er erhielt neben anderen Auszeichnungen den Bayerischen Verdienstorden, das große Bundesverdienstkreuz, die Staatsmedaille für besondere Verdienste um die Bayerische Wirtschaft und die goldene Ehrenmünze der Landeshauptstadt München. Für vorbildliche Industrieansiedlung verlieh ihm und Dr. Rohde die Stadt Memmingen 1984 das Stadtsiegel und der Markt Teisnach das Ehrenbürgerrecht. Mit besonderer Freude empfing er 1991 nach der Wiedervereinigung Deutschlands die Würde eines Ehrendoktors „seiner“ Universität Jena.

Albert Habermann

Die Netzwerkanalyse zählt in der HF-Meßtechnik neben der Spektralanalyse und der Meßsignalgenerierung zu den wichtigsten Aufgaben. Rohde & Schwarz bringt jetzt eine komplette Familie vektorierter Netzwerkanalysatoren der Spitzenklasse auf den Markt: das Einsteiger-Modell ZVRL, das Standard-Modell ZVRE und das Universal-Modell ZVR - kurz für jeden Bedarf und jedes Budget die perfekte Lösung (Näheres auf Seite 6).



## Fachbeiträge

Dr. Olaf Ostwald; Christian Evers	Vector Network Analyzer Family ZVR Zum Mittelpunkt des Smith-Diagramms .....	6
Dr. Lothar Tschimpke	LaserVision System LV1 Optische Bestückungsprüfung in Kombination mit klassischem Board-Test.....	10
Klaus Kunderinger; Dr. Lothar Tschimpke	Universal-Testsystem TSU Vielseitige Prüfplattform für Produktion und Service elektronischer Baugruppen .	13
Michael Lehmann; Gerhard Strauss	TV-Monitoring- und -Meßsysteme TS6100 Video- und Audio-Parameter von TV-Sendern unter Kontrolle .....	16
Josef Wolf	Spectrum Analyzer FSE mit Option FSE-B7 Vektorsignalanalyse, unverzichtbar im digitalen Mobilfunk .....	19
Franz Demmel; Ulrich Unselt; Dr. Eckhard Schmengler	Digitale Überwachungspeiler DDF0xM Moderne Überwachungspeilung von HF bis UHF .....	22
Hans Seeberger	UHF-TV-Transistorsender NH500 Die neue Referenz für Fernsehsender: ecoTV .....	26
Franz Demmel; Axel Klein	150-W-HF-Dipol HX002A1 Die Antenne für zuverlässige Kurzwellenverbindungen .....	29

## Applikationen

Albert Winter	Testsignale für digitales Fernsehen .....	32
Michael Manert; Wilfried Tiwald	BER-Messungen mit Basisstations-Testsystem TS8510 .....	34
Martin Schlechter	Lautsprechermessungen mit Audio Analyzer UPD .....	36
Mathias Leutiger; Daniel Schröder	Signalgenerator SME für Tests an ERMES-, FLEX- und POCSAG-Pagern.....	38
Otmar Wanierke	Interferenz-Analyse in digitalen Mobilfunknetzen .....	40
Martin Flach	Langzeitüberwachung des digital-seriellen Videosignals mit Digital Video Component Analyzer VCA.....	42
Richard Finkenzeller; Ernst Polz	Messung aller TV-HF- und Video-Parameter erstmalig in einem Kompaktgerät...	44
Manfred Jungherz; Peter Maurer	Funkkommunikationssystem hilft italienischen Zollbehörden bei der Küstensicherung .....	46

## Repetitorium

Peter Hatzold	Digitale Modulation im Mobilfunk (I).....	48
---------------	---	----

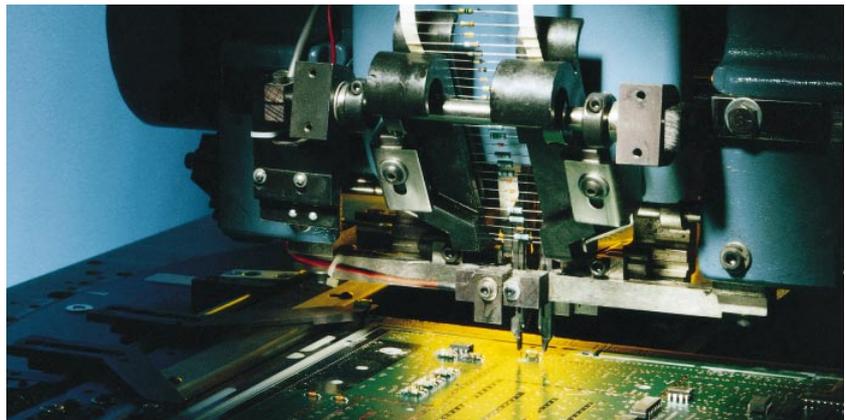
## Panorama

Hans Wagner	Anmerkungen zur Zukunft der Funkkommunikation .....	52
Michael Vohrer	Multimode-Meßplatz CMD für Mobilfunkgeräte der Standards GSM, PCN, PCS und DECT .....	53
Michael Vohrer	Low-Cost-Servicemeßplätze CMD50/53 für GSM/PCN/PCS-Mobilfunkgeräte .....	54
Thomas Maucksch	CMD-Kompaktmeßplatz R4860 prüft Telefone des japanischen Mobilfunknetzes PDC.....	56
Dr. Andreas Waßerburger	Prozeß-Gaschromatograph zur Überwachung von Produktionsprozessen in der chemischen Industrie.....	57

## Rubriken

Wilhelm Kraemer	Meßtipp: Installation von Richtantennen für Mikrowellen-WLANs .....	15
	Referenz: Matsushita-Relais im Audio Analyzer UPD messen Audiotechnik der Spitzenklasse.....	25
Albert Winter	Software: SME-K1, Software zur Programmierung des Datengenerators im Signalgenerator SME .....	50
Burkhard Schiek; Holger Heuermann	Patent: Verfahren zum Kalibrieren eines Netzwerkanalysators .....	51
	Kurznachrichten .....	58
	Druckschriften / Buchtip: Der Deutsche Rundfunk.....	60
	Presse-Echo.....	61
Werner Baumgärtel	Schlußbeitrag: Rohde & Schwarz-System-Support – unser Service hat System....	62

Rohde & Schwarz setzt beim Baugruppentest in der Produktion auf die Kombination verschiedener Prüfverfahren in einer Stufe. Dem breiten Spektrum von Bestückungsfehlern bis zu Datenhaltigkeitsproblemen wird mit dem jeweils geeignetsten Meßverfahren begegnet, vereint in einem Testsystem. Was elektrisch oft nur mit unvertretbar hohem Aufwand meßbar ist, kann optisch mit Laser und Bildverarbeitung einfach aufgedeckt werden. Der Nutzen des Kunden ist eine hohe Fehlererkennungsrate bei kurzer Testerstellungszeit und hohem Durchsatz (Näheres auf Seite 10 und 13).



## Impressum

Herausgeber: ROHDE & SCHWARZ GmbH & Co. KG Mühlendorfstraße 15 D-81671 München  
Telefon (0 89) 41 29-0 · Telefax (0 89) 41 29-32 08 · Redaktion: Hedda Wegener und Gerd Sönnichsen  
Telefon (0 89) 41 29-12 88 · Fotos: Stefan Huber · Auflage deutsch, englisch, französisch und chinesisch  
100 000 · Erscheinungsweise: dreimal pro Jahr · ISSN 0548-3093 · Bezug kostenlos bei Angabe der  
Firmenzugehörigkeit oder Tätigkeit über Ihre nächstgelegene Rohde & Schwarz-Vertretung · Printed in  
Germany by peschke druck, München · Nachdruck mit Quellenangabe und gegen Beleg gern gestattet.

## Vector Network Analyzer Family ZVR

# Zum Mittelpunkt des Smith-Diagramms

Die vektoriellen Netzwerkanalysatoren der ZVR-Familie eröffnen aufgrund ihrer herausragenden Meßgeschwindigkeit neue Einblicke in Hochfrequenzschaltungen, die traditionellen Analysatoren komplett verborgen bleiben. Durch ihr Grundwellenmischkonzept bieten sie eine hohe Meßdynamik. Die besonders breitbandigen integrierten Meßbrücken erlauben einen extrem weiten Frequenzbereich, und innovative Kalibrierverfahren wie TOM-X, TNA und AutoCal sorgen für hohe Meßgenauigkeit bei geringem Kalibrieraufwand.

ment an Zubehör und Optionen, das von Kalibrier- und Verifiziersätzen über Dreitoradapter bis zu speziellen Firmware-Paketen für frequenzumsetzende und nichtlineare Messungen reicht.

Das preisgünstigste Modell, der **uni-direktionale Netzwerkanalysator ZVRL**, erlaubt die vektorielle Messung der Vorwärts-Transmission und Reflexion eines Meßobjekts und daraus ableitbarer Größen wie Eingangsimpedanz, VSWR oder Gruppenlaufzeit. Der ZVRL ist speziell für den Einsatz in der Fertigung konzipiert und begnügt sich mit

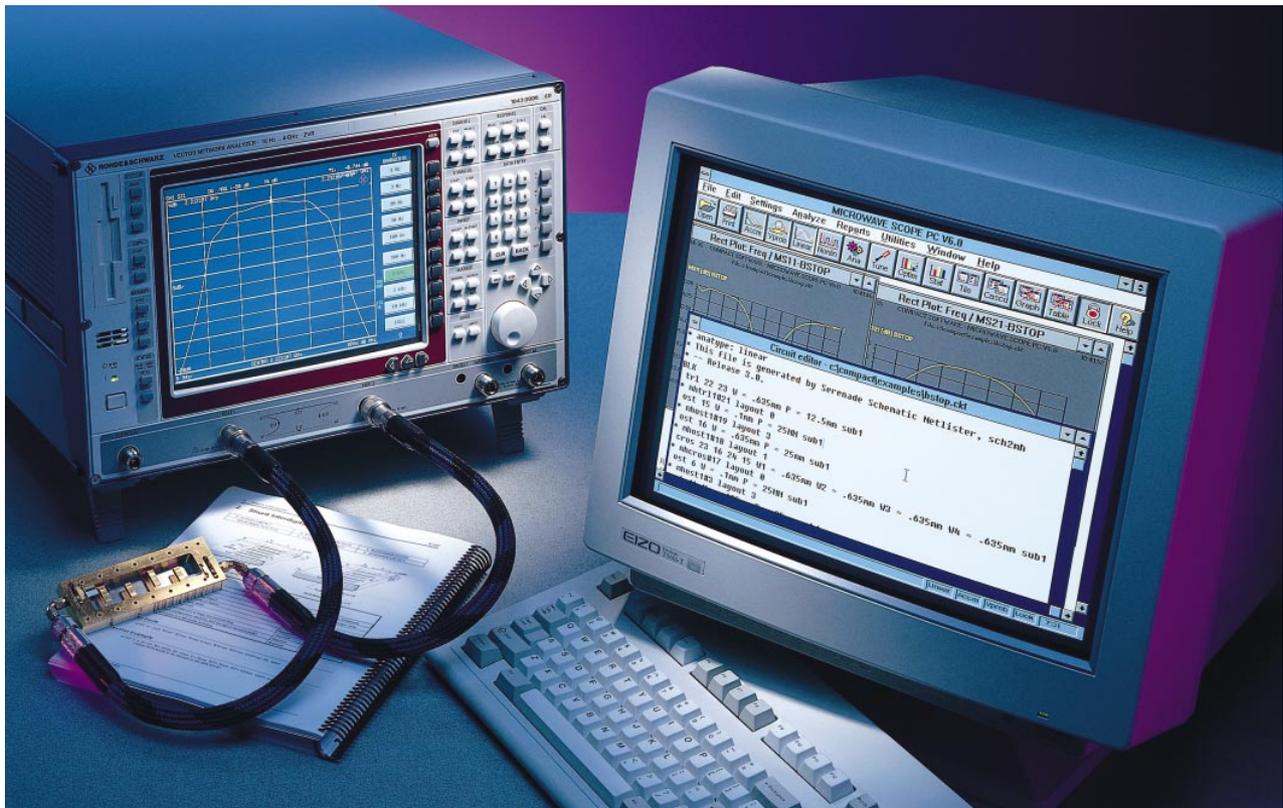


BILD 1 Die Netzwerkanalysatoren der ZVR-Familie lösen simultan auch unterschiedlichste Aufgaben schnell und exakt – links die Messung der Übertragungsfunktion eines Bandpasses, rechts die Simulation ohne zusätzlichen PC. Foto 42 257

Die ZVR-Familie besteht aus den drei Modellen ZVRL, ZVRE und ZVR, die für unterschiedliche Anwendungsfelder jeweils maßgeschneidert sind (BILD 1). Allen Modellen gemeinsam ist ihr hoher Bedienkomfort, die rasante Meßgeschwindigkeit sowie ihr großer Frequenzbereich, der in Abhängigkeit vom gewählten integrierten Testset von

10 Hz, 9 kHz oder 300 kHz jeweils bis 4 GHz reicht (BILD 2). Alle Modelle enthalten einen IBM-PC-kompatiblen Rechnerkern mit Disketten-Laufwerk, Festplatte, optionalen Steckplätzen sowie externen Schnittstellen zum Anschluß von Tastatur, Maus und zwei zusätzlichen Monitoren für Meßbildschirm und PC-Bildschirm. Sie ermöglichen komfortable Meßdatenverarbeitung, professionelle Dokumentation und effiziente Vernetzung untereinander oder mit anderen Systemen. Alle Modelle profitieren von einem reichhaltigen Sorti-

einfacheren Kalibriermethoden wie Normalisierung und Eintor-Kalibrierung. Für universelle Anwendungen, besonders in Forschungs- und Entwicklungslabors, wo Vorwärts- und Rückwärts-Streuparameter von Zweitoren gemessen werden müssen, ist der **bidirektionale Netzwerkanalysator ZVRE** optimal geeignet. Er enthält im Gegensatz zum ZVRL ein Testset mit zwei Meßbrücken und einem elektronischen Umschalter zur quasigleichzeitigen Messung aller vier S-Parameter. Dies schafft auch die Voraussetzung zur

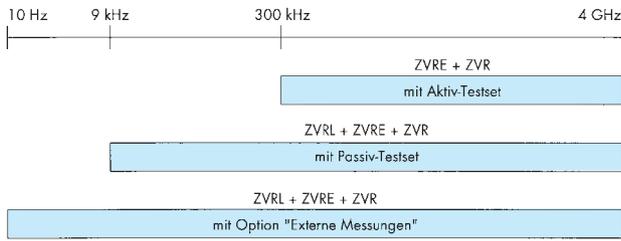


BILD 2  
Frequenzbereiche  
der ZVR-Familie.

Meßgenauigkeitssteigerung durch vollständige Zweitor-Systemfehlerkalibrierung [1].

Die höchsten Ansprüche bezüglich moderner Kalibriermethoden erfüllt der **bidirektionale Vierkanal-Netzwerk-analysator ZVR**. Über den ZVRE hinaus enthält er hinter dem elektronischen Umschalter einen zweiten Referenzkanal, der eine reichhaltige Palette innovativer Kalibriermethoden [2; 3] ermöglicht (TOM, TRM, TRL, TNA, TOM-X). Diese zeichnen sich durch geringeren Aufwand, höhere Meßgenauigkeit, mathematisch exakte Reduzierbarkeit von Systemübersprechern (hierzu Patent auf S. 51) sowie spezielle Eignung auch für Meßbettkalibrierungen aus. Den Höhepunkt an Komfort und Geschwindigkeit bei der Kalibrierung bietet das neuartige, zum Patent angemeldete, automatische Kalibrierverfahren AutoCal [4], das eine komplette Zweitor-Kalibrierung des Analysators nur mit einer Durchverbindung ohne weiteren manuellen Kalibrieraufwand in weniger als 20 s ermöglicht.

Das Herz aller Netzwerkanalysatoren der ZVR-Familie ist ein schneller Synthesizer, der einen quarzgenauen Frequenzwechsel in weniger als 20 µs gestattet. Sein verstärktes Ausgangssignal gelangt über das integrierte und modell-spezifisch konfigurierbare Testset des Analysators zum Meßobjekt. Dessen Transmission und Reflexion wird mit Hilfe eines zweistufigen Heterodynempfängers, der nach dem Grundwellenmischkonzept arbeitet, gemessen und digital ausgewertet. Dazu enthalten die Analysatoren ein Netz von insgesamt acht Mikroprozessoren, die für die unterschiedlichen internen Aufgaben wie Bedienfunktionen, Gerätesteuerung, Meß-

datenaufnahme, Datenverarbeitung, Bildschirmdarstellung und Fernsteuerung des Gerätes jeweils speziell geeignet sind. Die Meßdaten können auf vielfältige Weise umgerechnet und dargestellt werden und sind auf dem großflächigen, hellen und kontrastreichen Farb-LCD ermüdungsfrei ablesbar (BILD 3).

## Meßgeschwindigkeit

Die für viele Anwendungen – besonders in der Fertigung – entscheidende Eigenschaft eines modernen Netzwerkanalysators ist seine Meßgeschwindigkeit. Eine schnelle Messung hilft, den Durchsatz in der Endprüfung zu steigern und so die Kosten zu reduzieren. Zusätzlich eröffnet eine schnelle Meßdatenaufnahme Anwendungen, die langsameren Analysatoren komplett verborgen bleiben. Ein Beispiel ist die Messung eines GSM-Verstärkers für Mobilfunkanwendungen. Aufgrund der schnellen Meßdatenaufnahme, die die Analysatoren der ZVR-Familie auszeichnet, gelingt es, auch während eines nur etwa 550 µs langen GSM-Impulses fünf Meßwerte zu plazieren

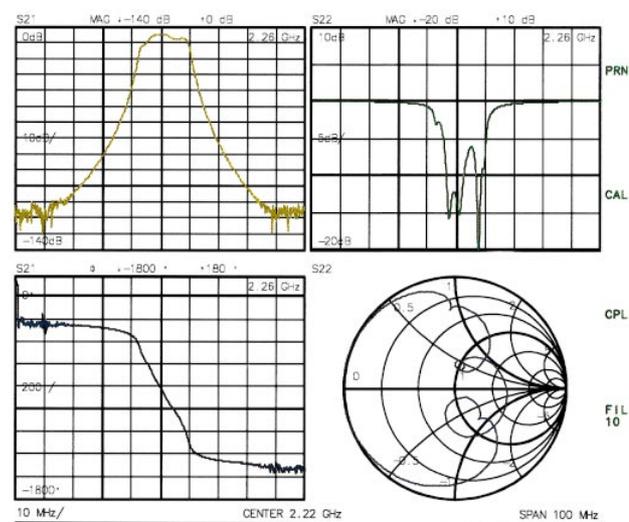
und so völlig neue Einblicke in die dynamischen Eigenschaften der GSM-Verstärker zu gewinnen (BILD 4).

Die Zeit für einen kompletten Frequenz-Sweep wird neben der gewählten Anzahl der Meßpunkte von der eingestellten ZF-Bandbreite und einer eventuellen Mittelung bestimmt. Die ZVR-Analysatoren bieten hierzu vielfältige Bedienfunktionen. Die Anzahl der Meßpunkte kann beliebig zwischen 1 und 2001 gewählt werden, wobei die Meßpunkte linear, logarithmisch oder frei definiert über der Frequenz angeordnet werden können.

Die Meßbandbreite läßt sich halbdekadisch zwischen 1 Hz und 10 kHz sowie auf „Full“ (26,5 kHz) einstellen. Die entsprechenden ZF-Filter sind digital realisiert, wobei eine bestimmte Anzahl von Abtastwerten des ZF-Signals mit Hilfe eines Transputers verarbeitet wird. Mit Reduzierung der Meßbandbreite werden immer mehr Abtastwerte erforderlich, wodurch sich die Meßzeit pro Punkt entsprechend verlängert. Die Meßdaten verarbeitet ein anderer Transputer im Hintergrund, während die Meßwerte beim nächsten Frequenzpunkt erfaßt werden, und beeinträchtigt so die Meßzeit nicht, die für **normalisierte Messungen** mit 10 kHz Meßbandbreite 250 µs pro Punkt beträgt.

Für eine **vollständige Systemfehlerkorrektur** müssen immer alle vier S-Para-

BILD 3  
Vier-Quadranten-Darstellung von Transmission und Reflexion eines Filters mit hoher Sperrdämpfung.



parameter gemessen werden, auch wenn man nur einen darstellen will. Daher muß bei jedem Frequenzpunkt der elektronische Umschalter der bidirektionalen Analysatoren ZVRE und ZVR umgeschaltet werden, die Meßkanäle im Empfänger müssen ein zweites Mal einschwingen und die Meßdaten für die Rückwärts-S-Parameter aufgenommen und verarbeitet werden. Die Meßzeit pro Punkt bei 10 kHz Meßbandbreite ist in diesem Fall etwa 510 µs.

Benötigt man noch schnellere Messungen, so bieten die Analysatoren hierzu zwei Steigerungen: Durch die volle ZF-Bandbreite (26,5 kHz) wird die Meßzeit pro Punkt auf typisch 165 µs für normalisierte und 310 µs für voll systemfehlerkorrigierte Messungen reduziert. Als schnellste Betriebsart ist der **Fast Mode** implementiert, für den reduzierte Zeiten für das Generator- und Empfängereinschwingen berücksichtigt werden. Dadurch verringert sich die Meßzeit pro Punkt auf den extrem niedrigen Wert von etwa 110 µs für normalisierte Messungen, was genau fünf Messungen während eines GSM-Impulses von 550 µs bedeutet. Voll systemfehlerkorrigierte Messungen im Fast Mode benötigen etwa 235 µs pro Punkt, bei weiterhin vollständiger Vorwärts- und Rückwärtsmessung und paralleler Korrekturrechnung. Die Rücklaufzeit nach einem Frequenz-Sweep beträgt unabhängig von der Betriebsart und der Anzahl der Meßpunkte etwa 5 ms.

Für besonders effiziente, aussagekräftige und schnelle Messungen können die genannten Eigenschaften in der speziellen Betriebsart **Segment-Sweep** vereint werden. Sie gestattet eine beliebige Platzierung von Meßpunkten, zugeschnitten auf die besonderen Bedürfnisse des Meßobjekts. Neben der Meßbandbreite können der Pegel und der Mittelungsfaktor pro Sweep-Segment beliebig gewählt werden, so daß zum Beispiel bei Filtermessungen maximale Dynamik im Sperrbereich, höchste Auflösung im Durchlaßbereich, Verhalten an Sperrpolen und Übertragung in der Filterwiederkehr bei maximaler Geschwindigkeit in einem Sweep auf den Bildschirm zu bringen sind. Abgleich- und Kontrollarbeiten, die in der Produktion bisher zyklische Messungen erforderten, lassen sich jetzt mit einer Darstellung bewältigen. Der Segment-Sweep steht natürlich in jedem der vier Darstellkanäle simultan zur Verfügung. Da alle vier Kanäle auf dem Farb-LCD auch mit Toleranzlinien und separaten Pass/Fail-Informationen angezeigt werden können, liegt in den Darstellungsmöglichkeiten, die die ZVR-Analysatoren bieten, weiteres Potential zur Durchsatzsteigerung im Produktionsbereich und zur zusätzlichen Testtiefe ohne Erhöhung der Prüfdauer.

Die schnelle Aufnahme und Anzeige der Meßdaten wird ergänzt durch einen ebenso schnellen Datentransfer über den **IEC-Bus**. So dauert beispiels-

weise das Auslesen eines Markers nur 15 ms, das Auslesen einer gesamten Kurve mit 401 Punkten weniger als 60 ms. Durch diese Kombination von schnellen Messungen und Datentransfer ergeben sich eklatante Rationalisierungspotentiale in Prüfabläufen.

## Meßgenauigkeit

Hervorzuheben ist auch die Meßgenauigkeit der ZVR-Netzwerkanalysatoren, die für viele typische Anwendungsfälle weit besser als die im Datenblatt angegebenen, eher konservativen Spezifikationen ist. Dies kann anhand von **Verifikationsmessungen** nachgewiesen werden. Zum Beispiel kann die Phasenmeßgenauigkeit für Reflexionsmessungen leicht überprüft werden. Dazu wird eine TOM-Kalibrierung (Through, Open, Match) bei dem Netzwerkanalysator ZVR durchgeführt. Als Meßtor 1 dient direkt sein Port 1 und als Meßtor 2 das Ende eines an Port 2 angeschlossenen, etwa 50 cm langen Meßkabels. Der Kalibrierstandard Through gestaltet sich hier besonders einfach durch die direkte Verbindung des Kabels mit Port 1. Als Leerlauf- und Abschlußstandards werden die im Kalibriersatz ZV-Z21 enthaltenen Standards Open und Match benutzt. Nach der Kalibrierung wird als Verifikationsmeßobjekt eine Kurzschlußbuchse aus dem Kalibriersatz ZCAN [5] an das Ende des Meßkabels angeschlossen. Diese Kurzschlußbuchse zeichnet sich dadurch aus, daß bei ihr die Kurzschlußebene exakt mit der Referenzebene, also der Stoßkante des Außenleiters, zusammenfällt. Entsprechend erwartet man hier breitbandig und mit hoher Genauigkeit als Phase des Reflexionsfaktors 180°. Zur Darstellung der Meßergebnisse wird über das Offset-Menü des ZVR dieser Phasenoffset von 180° eingegeben, wodurch der ZVR direkt seinen eigenen Phasenfehler anzeigt. Wie man in BILD 5 sieht, beträgt der typische Meßfehler weniger als 0,4°.

Eine andere wichtige Eigenschaft des kalibrierten Netzwerkanalysators, die seine Meßgenauigkeit sowohl für Trans-

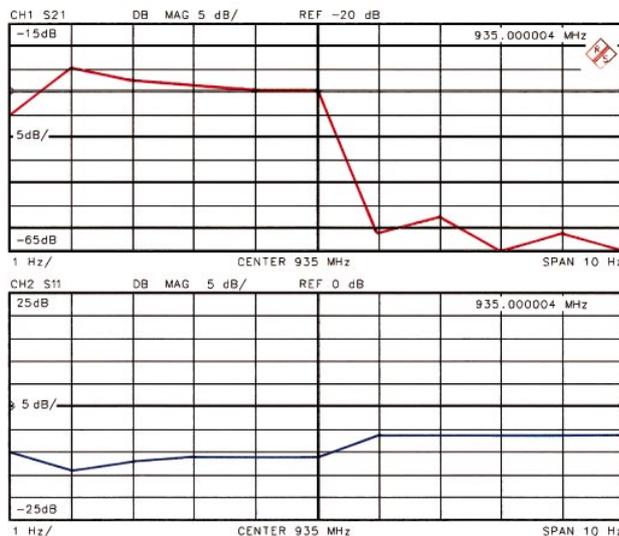


BILD 4  
Messung der  
Transmission (oben)  
und Reflexion (unten)  
eines Mobilfunk-  
verstärkers  
während eines  
GSM-Impulses  
(ca. 550 µs).

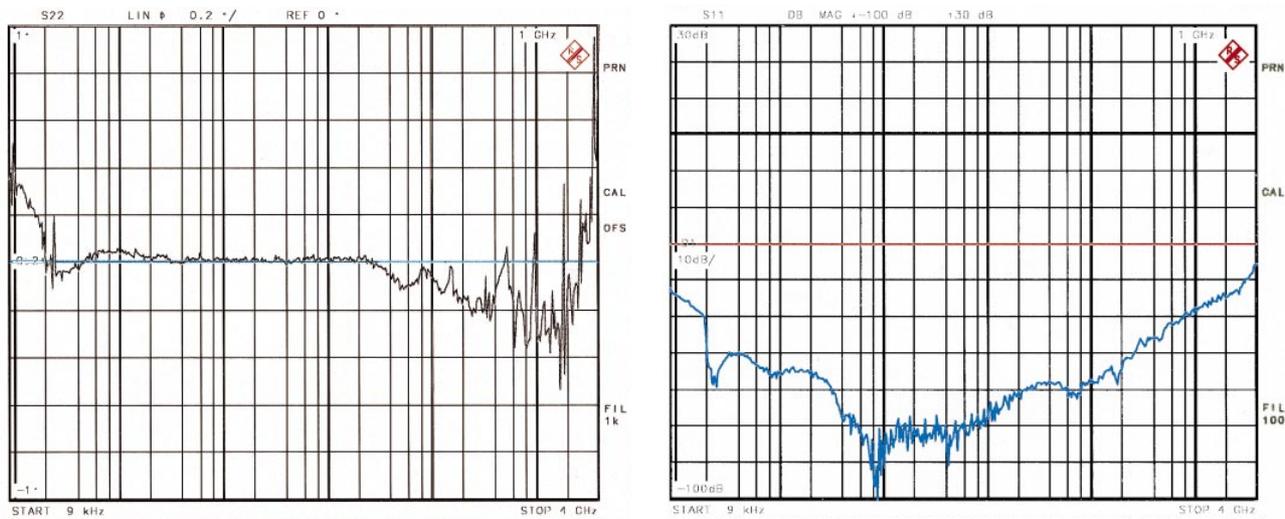


BILD 5 Links: Phasenfehler bei der Kurzschlußverifikation (Spezifikation  $<3^\circ + 0,4^\circ/\text{GHz}</math>); rechts: gemessene effektive Lasttoranpassung (Spezifikation  $<-30\text{ dB}</math>) nach Systemfehlerkorrektur (TOM).$$

missionsmessungen als auch für Reflektionsmessungen an Zweitoren beeinflusst, ist die **effektive Lasttoranpassung**. Bei schlecht angepaßtem Lasttor treten Mehrfachreflexionen zwischen Meßobjekt und Analysator auf, die besonders bei stark reflektierenden Meßobjekten zu erheblichen Meßungenauigkeiten führen. Insbesondere bei Bandbreitenprüfungen und Beurteilungen von Shape-Faktoren gehen Meßunsicherheiten dieser Art direkt in die anzugebende Spezifikation des Prüflings ein. Eine Messung der effektiven Lasttoranpassung ist auf einfache Weise möglich, indem man nach einer TOM-Kalibrierung beide Meßtore miteinander verbindet und direkt die Vorwärtsreflexion in das Meßtort 2 darstellt, wie es rechts in Bild 5 geschehen ist. Im Vergleich zum spezifizierten Wert von  $-30\text{ dB}$  erkennt man die in weiten Teilen des Frequenzbereichs deutlich höhere gemessene effektive Lasttoranpassung ( $<-50\text{ dB}</math>), wodurch in der Praxis Fehler durch Mehrfachreflexionen zwischen Analysator und Meßobjekt in der Regel vernachlässigt werden können.$

Als Beispiel für den Nutzen der hohen Meßgenauigkeit der ZVR-Analysatoren

speziell bei kleinen Pegeln sei die schnelle und verlässliche Suche von Nebenresonanzen bei Filterquarzen genannt. Aufgrund der dort vorgeschriebenen  $\pi$ -Netzwerke mit hohen Durchgangsdämpfungen in den Prüfadaptoren sind die Phasennulldurchgänge bei etwa  $60\text{ dB}$  Dämpfung zu detektieren. Dank der hohen Meßgenauigkeit und Dynamik des ZVR kann jetzt auch diese Messung mit Hilfe von Marker-Auswertefunktionen automatisiert werden. Mit der ZVR-Familie erschließt die vektorielle Netzwerkanalyse somit neue Anwendungen und wird auch den Entwicklungs- und Produktionsansprüchen der Zukunft gerecht.

Dr. Olaf Ostwald; Christian Evers

## LITERATUR

- [1] Ostwald, O.: 12-Term-Systemfehlerkorrektur bei der Netzwerkanalyse. Neues von Rohde & Schwarz (1984/85) Nr. 108, S. 26–27.
- [2] Engen, G. F.; Hoer, C. A.: Thru-Reflect-Line: An Improved Technique for Calibrating the Dual Six-Port Automatic Network Analyzer. IEEE Trans. MTT-27 (Dec. 1979) No. 12, pp. 987–993.
- [3] Eul, H. J.; Schiek, B.: Thru-Match-Reflect: One Result of a Rigorous Theory for De-embedding and Network Analyzer Calibration. 18th European Microwave Conference, Stockholm (Sept. 1988) pp. 909–914.
- [4] Rohde & Schwarz: Netzwerkanalysator. Deutsche Patentanmeldung Nr. DE4401068 vom 15.1.1994.
- [5] Ostwald, O.: Präzise Messungen durch Kalibriersatz ZCAN. Neues von Rohde & Schwarz (1988) Nr. 121, S. 37.

### Kurzdaten Netzwerkanalysator-Familie ZVR

Frequenzbereich	
mit Passiv-Testset	9 kHz... 4 GHz
mit Aktiv-Testset	300 kHz... 4 GHz
mit Option „Externe Messungen“	10 Hz... 4 GHz
Meßzeit	110 $\mu\text{s}$ /Punkt
Meßdynamik (mit Option „Externe Messungen“ und Meßbandbreite 10 Hz)	$>130\text{ dB}$
Meßbandbreiten	1 Hz... 10 kHz (halbdekadische Stufen) und 26,5 kHz (full)
Amplitudenmeßfehler	$<0,05\text{ dB}$
Phasenmeßfehler	$<0,4^\circ$
Kalibrierverfahren	TOM, TRM, TRL, TNA, TOSM, TOM-X, AutoCal
Anzeige	Farb-LCD mit 26 cm Diagonale
Pixelanzahl	640 x 480 (SVGA)
Fernsteuerung	IEC 625-2 (SCPI 1994.0) oder RS-232-C

### Näheres Leserdienst Kennziffer 150/01

## LaserVision System LV1

# Optische Bestückungsprüfung in Kombination mit klassischem Board-Test

Mit dem LaserVision System LV1 erweitert Rohde & Schwarz seine Gerätepalette für den Produktionstest gedruckter Schaltungen. Zusammen mit den In-circuit-Testsystemen von Rohde & Schwarz wird eine höhere Prüftiefe im Bestückungstest erreicht als mit rein elektrischen Meßmitteln. Eine Sichtprüfung kann dadurch entfallen. Da elektrischer und optischer Test parallel laufen, reduziert sich die Gesamtprüfzeit pro Board – ein wichtiger Aspekt in der Produktion.

Das LaserVision System kann als Einzelplatzsystem arbeiten; Hauptziel ist es aber, die klassischen Boardtester zu ergänzen und sich nur auf solche Fehler zu konzentrieren, die mit den elektrischen Meßmitteln nicht oder nur sehr schwer entdeckt werden können (z. B. Verpolung von Elkos oder falsch positionierte mechanische Bauteile). Durch diese gezielte Beschränkung ergibt sich ein erheblich attraktiverer Preis als bei den zum Teil drei- bis siebenmal so teuren Vision- und Röntgensystemen, die auch Lötstellen analysieren können und trotzdem meist einen nachfolgenden In-circuit-Test notwendig machen.

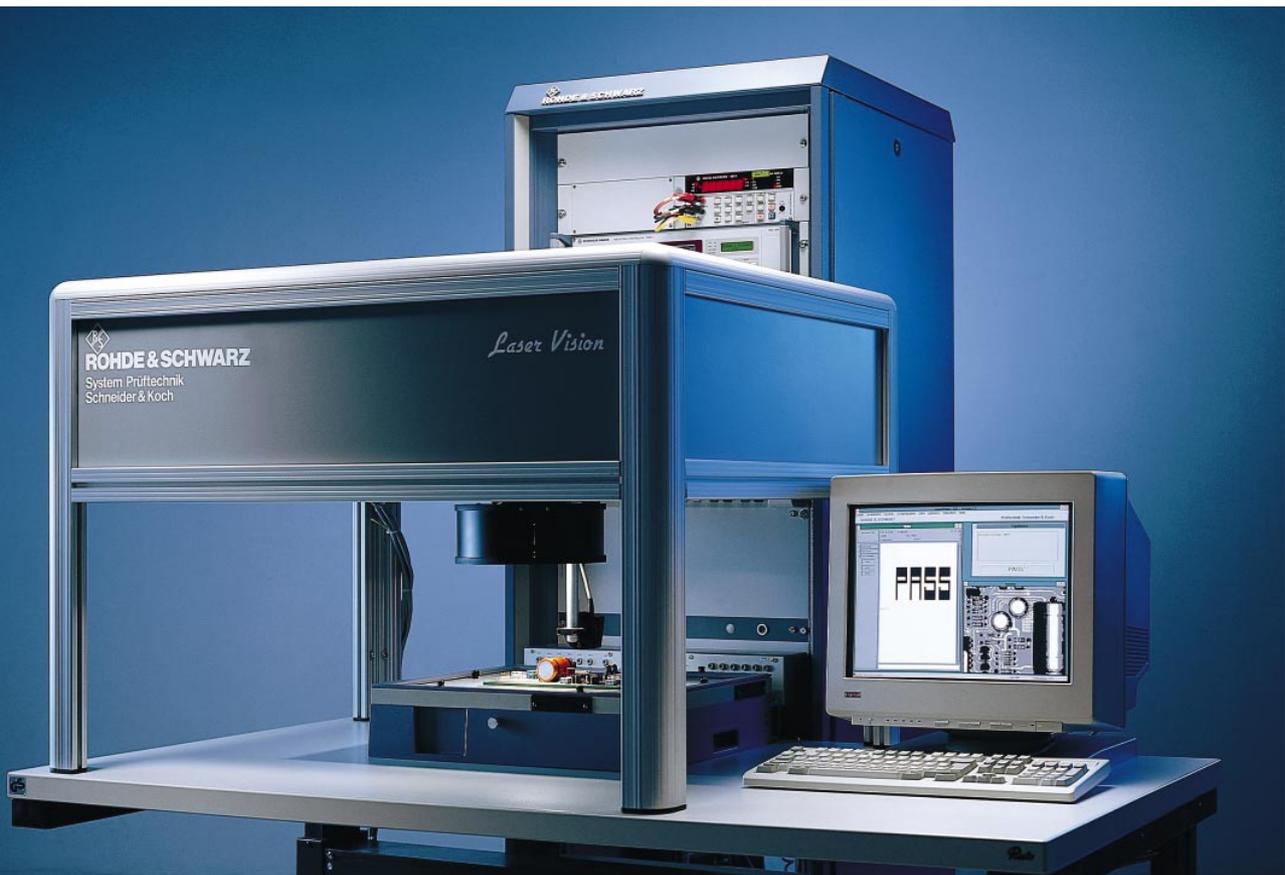


BILD 1 Kombination von Board-Testsystem TSA und LaserVision System LV1 beim elektrischen und optischen Test einer gedruckten Schaltung.  
Foto 41 878

Das LaserVision System LV1 prüft die Bestückung von Druckschaltungen in der Produktion mit optischen Mitteln. Hauptsächlich wird es in der Ferti-

gungslinie nach dem Lötprozeß eingesetzt. In Einzelfällen kann es auch angebracht sein, eine Bestückungsseite bereits direkt nach der SMD-Bestückung, noch vor dem Löten, zu prüfen. Das LV1 eignet sich hervorragend für den Einsatz in einem weiten Stückzahlbereich von der Stichprobenprüfung für die Qualitätssicherung bis zur 100%-Prüfung in der Massenproduktion.

## Meßverfahren

Die Meßeinheit des LV1 vereint die optische Bildverarbeitung mit zwei CCD-Kameras (Charge Coupled Devices) und das Laser-Triangulationsverfahren zur Höhenvermessung in einem Gerät. Beide Sensoren werden mit der XY-Positioniereinheit über das zu prüfende Board bewegt (BILD 1). Voraussetzung für stabile Meßergebnisse sind

Sichtbarkeit und reproduzierbarer Kontrast. Die geeignete Bildauflösung für die verschiedenen Bauteilgrößen wird durch zwei separate Kameras erreicht. Komponenten auf der Lötseite werden in einem zweiten Durchgang mit gewendetem Board oder auch von unten geprüft (In-line-Zuführung).

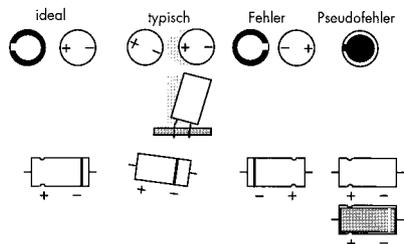


BILD 2 Polaritätsprüfung von stehenden und liegenden Elkos.

Der Bildverarbeitungsteil konzentriert sich auf einfache Merkmale wie Striche, Kerben, Markierungen – das aber mit allen zulässigen Streuungen, wie sie in der Fertigung vorkommen: leicht versetzte, verdrehte oder gekippte Einbaulage (BILD 2). Zur Polaritätsprüfung von Elektrolytkondensatoren wird beispielsweise die Lage der Markierung beziehungsweise des Plus- oder Minuszeichens als Kriterium verwendet. Der zulässige Suchbereich und die Abgrenzung von Nachbarkomponenten werden durch Positionieren und Verkleinern des Auswahlfensters festgelegt. Pseudofehler treten dann auf, wenn ein Bauteil nach optischen Gesichtspunkten beurteilt zwar falsch ist, sich aber elektrisch trotzdem richtig verhalten würde, zum Beispiel bei anderer Farbgebung oder Markierung, was bei Wechsel des Zulieferers auftreten kann.

Mit dem Laser-Teil können auch Bauteile mit geringem optischem Kontrast durch Messung der relativen Höhe, bezogen auf die Leiterplatte, überprüft werden. Durch Referenzmessungen lassen sich Meßfehler aufgrund von Krümmung des Prüflings kompensieren (BILD 3). Selbst kleinste Höhendifferenzen sind meßbar, so daß nicht nur fehlende, sondern auch verpolt eingesetz-

te ICs anhand der fehlenden Markierungseinbuchtung (Kerbe) erkannt werden. Bei ICs ohne Kerbe muß mit dem Bildverarbeitungsteil der Markierungsstrich oder die schräge Kante gesucht werden.

## Erkennbare Bestückungsfehler

Das **Vision-System** des LV1 erkennt:

- Polarität von Elkos (liegend oder stehend) oder Dioden,
- SMD-Bauelemente (je nach Kontrast),
- Parallelschaltungen von Bauelementen (z. B. Elko parallel zu Keramik Kondensator),
- kleine HF-Kondensatoren und Spulen, Dioden, Schutzschaltungen,
- Drähte, manuelle Änderungen,
- Anzeigen, LEDs, LCDs,
- Schalter, Brücken, Codierungen,
- mechanischen Komponenten und deren Lage.

Das **Laser-System** prüft:

- Vorhandensein von SMD-Bauelementen,
- Vorhandensein und Orientierung von ICs,
- Schalter, Brücken, mechanische Komponenten.

Welche Auswirkungen ein nicht erkannter Bestückungsfehler haben kann, sei an zwei Beispielen gezeigt: Ein verpoltter Elko in einem Netzteil explodiert erst bei Anlegen der vollen Spannung im Systemtest und stellt eine erhebliche Verletzungsgefahr für den Prüffeldmitarbeiter dar (typisch ist jeder hundertste

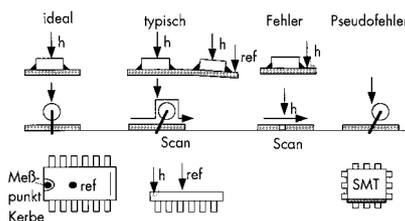


BILD 3 Bestückungsprüfung durch Höhenmessung.

handbestückte Elko verpolt). Eine fehlende Überspannungsschutzschaltung bleibt bei üblichen Testverfahren unerkannt, da sie in den meisten Fällen wegen Streß der Bauteile nicht elektrisch geprüft werden darf.

## Bedienung

Beide Teilsysteme des LV1 werden von demselben PC aus gesteuert und programmiert. Kamerabild und Auswertefenster werden mit der Maus positioniert (BILD 4). Die optischen Prüfungen erfolgen merkmalarientiert. Die Sollwerte können in die Felder eingegeben oder vom Prüfling gelernt werden; auch CAD-Übernahme ist möglich. Alle Einstellungen geschehen über Tasten und Felder, das Erlernen einer speziellen Prüfsprache entfällt. Die Bedienung ist praktisch intuitiv; zur Programmierung werden typisch zwei bis drei Minuten pro Bauteil benötigt. Zum Wechsel zwischen Testprogramm und Steuerung des LV1 bei Programmerstellung oder Debugging muß nur das entsprechende Bedienfenster angeklickt werden. Im Testbetrieb laufen die beiden Meß-Tasks parallel ab, am Ende werden die Ergebnisse zusammengefaßt und gemeinsam protokolliert.

## Wirtschaftlichkeit

Durch Kombination von elektrischem und optischem Prüfverfahren kommt man schneller zu einem zuverlässig laufenden Prüfprogramm und erhält dabei eine höhere Fehlerabdeckung als mit rein elektrischen oder rein optischen Meßmitteln. Zusammen mit einem Produktionstestsystem der Familien TSA [1; 2] oder TSU [3] von Rohde & Schwarz erhöht sich die Gesamttestzeit trotz der zusätzlichen Tests und damit erreichter höherer Prüftiefe nicht! Der normale elektrische Test (z. B. In-circuit-Test) und die optischen Tests laufen gleichzeitig ab, erst am Ende werden die Prüfergebnisse zusammengefaßt. Bei einem typischen Board mit einer In-circuit-Prüfzeit von 15 s können gleichzeitig 30 bis 50 Bauelemente optisch geprüft werden – eine ausreichende Anzahl,

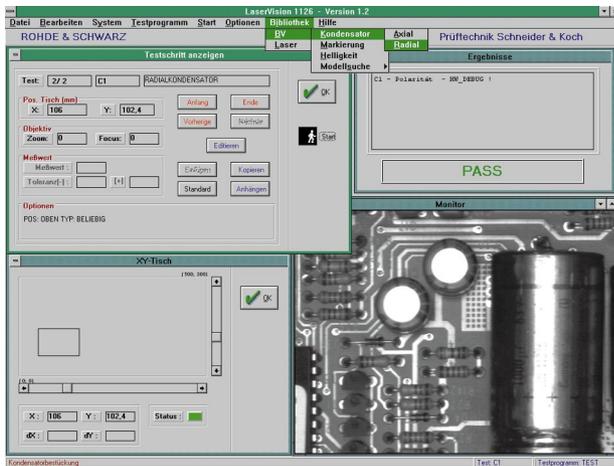


BILD 4  
Programmierung  
eines Elko-Tests  
mit dem Vision-Teil  
des LV1.

le oder beim Lötten aufgeschwommene, nicht-coplanare oder versetzte Steckverbinder, so daß die Boards im System nicht gesteckt werden konnten.

Das LaserVision System ist also eine leistungsstarke und preislich attraktive Ergänzung zu den Board-Testern, die dort greift, wo elektrische Bestückungstests an die Grenzen stoßen. Durch den parallelen Ablauf der Tests reduziert sich die Gesamttestzeit der Platinen bei gleichzeitiger Steigerung der Prüftiefe.

Dr. Lothar Tschimpke

da nur ein geringer Anteil von Bauteilen diese Zusatzmessungen erfordert. Wenn für die optischen Messungen ein elektrisches Signal nötig ist (z. B. zur Ansteuerung einer LED-Anzeige), können beide Meßvorgänge synchronisiert werden.

Das LaserVision System LV1 ersetzt in vielen Fällen einen Sichtprüfplatz. Im Gegensatz zum menschlichen Prüfer entsteht kein Fehlerschlupf durch Übermüdung; dem LaserVision System ist die Monotonie der Prüfarbeit gerade recht. Nur in zwei Punkten ist der Mensch der Maschine überlegen: Er erzeugt keine Pseudofehler und kann auch Änderungen adaptiv erkennen und richtig bewerten, mit denen der Prüfprogrammierer oder die Bildverarbeitungs-Software nicht rechnen konnte.

Durch den Kombinationstest reduziert sich die Anzahl der Einzelprüfstufen; daraus ergibt sich ein organisatorischer Vorteil im Prüfablauf, der besonders bei vollautomatisierten Fertigungslinien zum Tragen kommt, da mit jedem zusätzlichen Meßplatz neben der eigentlichen Standfläche zusätzlicher Aufwand für jede Haltestation und deren Peripherie hinzukommt. Deshalb ist das Ziel: nur ein Tester, nur ein Adapter, nur ein Programm und eine Prüfdatenerfassung, dabei jedoch volle Fehlerabdeckung.

## Erfahrungen

Umfangreiche Erfahrungen im Kombinationstest konnten bereits bei einem bedeutenden Leiterplatten-Zulieferer für einen der größten amerikanischen Computer- und Meßgerätehersteller gesammelt werden. Auf dem Kombinationstester werden 15 000 gedruckte Schaltungen (PC-Main-Boards) pro Monat geprüft. Dabei wurden bei 5% der Boards mechanische Fehler entdeckt, die früher durch den alleinigen elektrischen Test verborgen blieben. Damit liegt diese Erkennungsrate erheblich über der, die durch elektrische Messungen erreicht wird, obwohl eine geringere Anzahl von Bauelementen optisch geprüft wird. Die Pseudofehlerrate liegt unter 1% und ist damit erheblich besser als mit Manufacturing-Defects-Analysatoren erreichbar. Typische Fehler waren verpolte Elkos, schräg stehende Bautei-

## LITERATUR

- [1] Tschimpke, L.: Testen in Elektronik-Produktion und Service mit Testworkstation TSA. Neues von Rohde & Schwarz (1990/91) Nr. 132, S. 4-7.
- [2] Schröder, D.: Testworkstation TSAS zum Testen komplexer Leiterplatten in der Elektronikfertigung. Neues von Rohde & Schwarz (1992) Nr. 138, S. 4-7.
- [3] Kundinger, K.; Tschimpke, L.: Universal-Testsystem TSU – Vielseitige Prüfplattform für Produktion und Service elektronischer Baugruppen. In diesem Heft, S. 13-15.

### Kurzdaten LaserVision System LV1

Meßtechnik	Bildauswertung mit 2 CCD-Kameras, Laser-Entfernungsmessung
Board-Größe	max. 520 mm x 330 mm
Meßgeschwindigkeit	typ. 2...3 Bauelemente/s
Auflösung	
Vision-System	Kamera 1 25 µm, Kamera 2 67 µm
Laser-System	auf Bauteil typ. 20 µm, auf Leiterkarte typ. >0,5 mm
Option	Tisch ohne oder mit Verschiebemechanik

### Näheres Leserdienst Kennziffer 150/02

## Universal-Testsystem TSU

# Vielseitige Prüfplattform für Produktion und Service elektronischer Baugruppen

Das Testsystem TSU ist dank seines modularen Aufbaus eine universelle Prüfplattform für elektronische Baugruppen und Systeme. Es kann mit der gesamten Palette analoger oder digitaler Standardmeßtechnik der bekannten Rohde & Schwarz-In-circuit-Tester ausgestattet und mit VXI-Bus-Instrumenten erweitert werden. Die Anwendungen reichen vom klassischen Produktionstest bis hin zur Wartung und Reparatur.

Basisfunktionen eines Testsystems, wie automatische Adapterkennung, Hilfsspannungen für Adaptereinbauten, freie Interface-Leitungen und Vakuumsteuerung für Nadelbettadapter, selbstverständlich ebenfalls bereits im Grundaufbau integriert. Ein zentrales Steuermodul übernimmt die Kommunikation zwischen Steuerrechner und den Modulen. Über einen internen Analogbus sind analoge Signale, die entweder vom Prüfling oder von internen Modulen stammen, an jedem Modulsteckplatz verfügbar. Eine spezielle Anschaltkarte gestattet die Aufschaltung externer Geräte auf den Analogbus.



BILD 1 Das Universal-Testsystem TSU im kompakten Tischgehäuse. Foto 42 319

Der Trend nach immer kleineren und leistungsstärkeren Geräten in der Elektronik ist auch in der Prüftechnik spürbar. Mit dem Universal-Testsystem TSU dringt Rohde & Schwarz jetzt in die Größenordnung tragbarer Meßgeräte vor (BILD 1). Trotzdem sind den Ausbaumöglichkeiten nahezu keine Grenzen gesetzt. Kernelemente des TSU bewähren sich bereits seit einiger Zeit

in Funktionsprüfplätzen bei Rohde & Schwarz-Meßgerätebau in Memmingen im Allgäu, wo das breite Produktspektrum mit Signalen von DC bis HF adaptiert werden muß.

### Hardware-Aufbau

Das TSU-Grundsystem besteht im wesentlichen aus einem Modulrahmen mit 13 Steckplätzen und Stromversorgungen für die Meßtechnik und den Prüfling; Erweiterungen intern und extern sind durch die Konstruktion jederzeit möglich. Daneben sind die normalen

Abhängig vom Verwendungszweck und der geplanten Teststrategie wird das System mit unterschiedlichen Modulen ausgestattet. Es steht eine Vielzahl von Einschubkarten für analogen und digitalen Funktionstest und analogen In-circuit-Test zur Verfügung. Zusätzlich können externe IEC-Bus-Geräte oder auch ein VXI-Bus-Rahmen integriert werden. Durch einfache Interface-Karten können sogar Module der Testworkstation-Familie TSA/TSAS/TSAP [1 bis 3] oder der großen TSI/TSIC/TSP-Systeme [4] im TSU eingesetzt werden. Kundenspezifische Anwendungen

werden auf einem Applikationsmodul aufgebaut. Für unterschiedliche Signalanforderungen sind verschiedene Schaltfeldkarten erhältlich, darunter Relaiskarten für HF-Anwendungen bis zu einer Frequenz von 4 GHz und Karten für höhere Ströme (bis 8 A) und Spannungen (bis 250/380 V). Entsprechend kann die Signalführung an der Adapterschnittstelle sowie im Adapter ausgestattet werden. Je nach Systemausbau wird das TSU als Tischgerät oder im Schrankgestell betrieben (BILD 2).

## System-Software

Im TSU-System wird – wie auch bei den anderen Rohde & Schwarz-Testsystemen – die Software TSS unter Windows NT auf PC eingesetzt. Damit ist eine Kompatibilität zwischen allen Systemen dieser Familie gewährleistet. Die Programmiersprache ist eine strukturierte Hochsprache mit leicht lesbaren meßtechnischen Befehlen. Verschiedene Software-Werkzeuge und die benutzerfreundliche Benutzeroberfläche ermöglichen eine leichte und einfache Erstellung der Testprogramme. Analoge In-circuit-Tests werden aus der Schaltungsbeschreibung des Prüflings automatisch vom Testprogrammgenerator erzeugt. Die Schaltungsbeschreibung kann direkt vom CAD-System über eine Software-Schnittstelle übernommen oder auch manuell eingegeben werden.

Die Funktionstests können ebenfalls manuell oder einfacher mit dem interaktiven Testgenerator erstellt werden. Hierbei ist keine genaue Kenntnis der Programmiersprache nötig, da die Programmierung durch das Ausfüllen von Formularen geschieht, woraus anschließend automatisch der jeweilige Programmcode erzeugt wird. Fertige Testschritte oder Programmteile können sofort an der Hardware ausprobiert, verändert und an der entsprechenden Stelle im Testprogramm eingefügt werden. Die Meßdaten lassen sich mit der integrierten Meßkurvengrafik in Diagrammen darstellen und protokollieren.

Da gerade beim Debugging des Testprogramms und bei der Reparatur des Prüflings viel Zeit für die Suche nach einzelnen Schaltungsteilen oder Bauteilen in den Schaltplänen und im Layout



BILD 2 Bei Anwendungen, die viele Zusatzgeräte benötigen, kann das TSU-System in einen 19-Zoll-Schrank integriert werden.

aufgewendet wird, können der Schaltplan und das Layout auch auf dem Bildschirm des PC dargestellt werden. Die Suchzeiten lassen sich durch eingebaute Suchfunktionen drastisch reduzieren.

Über DDE (Dynamic Data Exchange) kann das Prüfprogramm mit anderen Microsoft-kompatiblen Produkten Daten in beiden Richtungen austauschen. So können beispielsweise Meßwerte direkt in ein Word- oder Excel-Formular eingetragen und protokolliert werden.

## Adapterkonzept

Ein besonderes Merkmal des TSU-Systems ist die universelle, kostengünstige Adapterschnittstelle, die neben den Kontakten für die normalen Anwendungen auch mit Kontakten für Signale im HF-Bereich bis zu 4 GHz und für hohe Ströme und Spannungen erweitert werden kann. Damit eignet sich das Testsystem auch für die Prüfung von Stromversorgungen, Leistungselektronik oder HF-Produkten, wie etwa schnurlosen Telefonen. Weitere Vorteile ergeben sich durch die Verwendung eines neuen Adaptersystems für Vakuum- oder Pneumatikbetrieb. Die Wechselplatten des Adapters enthalten nur das prüflingspezifische Nadelbett, alle anderen, wiederkehrenden Teile sind im Grundaufbau enthalten. Dadurch und durch die neuartigen, vorgefertigten Verdrahtungselemente lassen sich bis zu 60% der Kosten gegenüber einem herkömmlichen Adapter einsparen.

## Einsatz in Service und Wartung

Durch den modularen und flexiblen Aufbau sowie durch das handliche Format und die geringen Einstiegskosten ist das TSU-System für den Einsatz in Service und Wartung prädestiniert. Bestehende Testprogramme und Adapter können leicht aus der Fertigung übernommen werden, wenn die zu reparierenden Baugruppen bereits dort auf Rohde & Schwarz-Testsystemen geprüft wurden. Unter Verwendung von Umsetzungsprogrammen ist oft auch eine Übernahme von Testprogrammen und Adaptern anderer Testsysteme möglich. Hierdurch ergeben sich hohe Kosteneinsparungen.

Speziell für den militärischen Bereich und die Luftfahrtindustrie kann das TSU-

System auch mit der dort häufig verwendeten Testsprache ATLAS betrieben werden. Gerade hier stellt das TSU-System eine wirtschaftlich interessante Alternative zu den oft sehr teuren und aufwendigen Testsystemen dar, die bisher in diesem Bereich eingesetzt wurden.

### Prüfdatenspeicherung

Um in der Fertigung kontinuierlich den Überblick über die momentane Qualität der Fertigung zu haben, muß man die anfallenden Prüfdaten speichern und auswerten. Auch im Hinblick auf ISO9000 und das Produkthaftungsgesetz ist der Weg eines Produkts von der Fertigung bis in den Servicebereich von Bedeutung. Nur durch eine lückenlose Dokumentation aller während der Produktlebensdauer durchgeführten Arbeiten kann langfristig eine hohe Produktqualität garantiert werden.

Klaus Kundinger;  
Dr. Lothar Tschimpke

#### LITERATUR

- [1] Tschimpke, L.: Testen in Elektronik-Produktion und Service mit Testworkstation TSA. Neues von Rohde & Schwarz (1990/91) Nr. 132, S. 4–7.
- [2] Schröder, D.: Testworkstation TSAS zum Testen komplexer Leiterplatten in der Elektronikfertigung. Neues von Rohde & Schwarz (1992) Nr. 138, S. 4–7.
- [3] Hönle, H.: Powertest Station TSAP – Vollständige Prüfung von Leistungselektronik. Neues von Rohde & Schwarz (1994) Nr. 145, S. 11–13.
- [4] Schneider, J.; v. Gagern, C.: Performance-Test an Druckschaltungen mit TSP und CATE. Neues von Rohde & Schwarz (1988/89) Nr. 124, S. 4–11.

**Kurzdaten Universal-Testsystem TSU**

Testverfahren	Analoger In-circuit-Test, analoges IC-Check-Verfahren, analoger/digitaler Funktionstest, Emulationstest, Boundary-Scan-Test, Laser-Vision-Test
Analoger Test	Verschiedene Signalquellen und Meßinstrumente als Module oder externe Geräte integrierbar, interner Analogbus, Instrumentenmultiplexer für externe Geräte, Signalrelais mit Frequenzbereich DC...4 GHz, Pinbereich ausbaubar bis 576 Pins
Digitaler Test	Module für statischen Test (Datenrate max. 50 kHz) oder dynamischen Test (Datenrate max. 10 MHz), Pegelbereich bis zu ±30 V, Pinbereich ausbaubar bis 256 Pins
Rechner	Standard-PC mit Betriebssystem Windows NT
Software	TSS Windows, Interaktiver Testgenerator, Meßkurvengrafik, Qualitätsmanagement, papierlose Reparatur, grafische Debugging-Software, grafische Reparatur-Station, CAD/CAE-Anbindung

**Näheres Leserdienst Kennziffer 150/03**

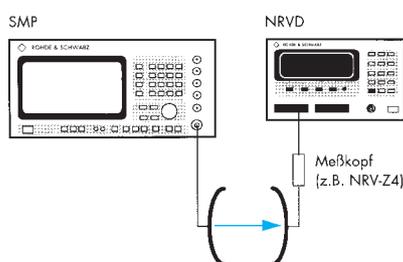
### Installation von Richtantennen für Mikrowellen-WLANs

Aus den Büros und Labors moderner Firmen ist er nicht mehr wegzudenken – der mit allem und jedem vernetzte PC. Die Vernetzung erfolgte dabei bisher hauptsächlich über aufwendig verlegte Koaxialkabel. Dank des Preisverfalls bei integrierten Schaltungen wird es wirtschaftlich immer interessanter, drahtlose Netze (WLANs) ins Auge zu fassen. Daß auf diese Weise mobile Computer wie Notebooks vernetzt werden können, liegt auf der Hand. Aber auch ganze Gebäude und abgelegene Werksbereiche können so drahtlos mit dem Hauptnetz verbunden werden – eine gute Lösung speziell für Länder, deren Infrastruktur sich noch im Aufbau befindet. Hierfür bieten sich vor allem kurze Richtfunkstrecken auf der ISM-Frequenz 2,45 GHz an. Spreizspektrum-Methoden wie Frequency Hopping oder Direct-Sequence-Spread-Spectrum-Verfahren erlauben es, daß mehrere benachbarte Netze auf der gleichen Frequenz betrieben werden können, ohne daß es zu gegenseitigen Störungen kommt oder die Datenströme etwa abgehört werden könnten.

Da bei diesen Übertragungsverfahren die Sendenergie über ein breites Frequenzband (ca. 2 MHz) verteilt wird, ist das Signal mit üblichen

HF-Indikatoren wie Leistungsmessern oder Spektrumanalysatoren nicht zu detektieren. Dies macht dem Installateur bei der Einrichtung solcher Richtfunkstrecken das Leben nicht gerade einfach, müssen doch die Antennen der Transceiver-Stationen exakt zueinander ausgerichtet werden. Bei kurzen Entfernungen mag das noch mit „Augenmaß“ gehen, ist aber die Funkfeldlänge im km-Bereich, versagen diese Methoden meist mangels „Weitsicht“.

Ersetzt man, wie in dem BILD dargestellt, die Transceiver durch einen **Signalgenerator SMP** am einen und einen **Leistungsmesser NRVD** mit Sensor (oder auch Spektrumanalysator) am anderen



### Meßstip

Funkfeldlänge	Dämpfung
1 km	50,3 dB
2 km	56,3 dB
3 km	59,8 dB
4 km	62,3 dB
5 km	64,3 dB

Übertragungsdämpfung zwischen Sender und Empfänger bei 2,45 GHz, Antennengewinn 25 dB.

Ende der Richtfunkstrecke, können die Antennen ganz leicht aufeinander ausgerichtet werden. Mit dem SMP wird dazu ein CW-Signal mit der ISM-Frequenz 2,45 GHz und einem Pegel von beispielsweise +20 dBm erzeugt (das können typischerweise alle SMP02 und SMP22). Angenommen, jede Antenne hat einen Gewinn von 25 dB, und die Funkfeldlänge beträgt 5 km, so ergibt das eine Übertragungsdämpfung von etwa 64,3 dB (TABELLE), das heißt, der Leistungsmesser wird bei optimal eingestellten Antennen –44,3 dBm anzeigen.

Wilhelm Kraemer

Näheres über SMP unter Kennziffer 150/04

## TV-Monitoring- und -Meßsysteme TS6100

# Video- und Audio-Parameter von TV-Sendern unter Kontrolle

Hohe Verfügbarkeit ist ein außerordentlich wichtiger Aspekt beim Betrieb von Rundfunk-Sendeanlagen. Deshalb setzen Netzbetreiber immer mehr auf automatische Überwachungseinrichtungen, um frühzeitig die Ausfallwahrscheinlichkeit beurteilen zu können. Mit der Systemfamilie TS6100 bietet Rohde & Schwarz individuelle Lösungen für Monitoring sowie für Messungen an TV-Sendern und CATV-Anlagen während und außerhalb des Programmbetriebs.

Rundfunkanstalten haben die Aufgabe, Programme mit einer garantierten Zuverlässigkeit – meist 99,9%, das heißt mit nicht mehr als 9 Stunden Ausfall pro Jahr! – auszustrahlen beziehungsweise zu verteilen. Die TV-Monitoring- und -Meßsysteme der Typenreihe TS6100 von Rohde & Schwarz (BILD 1) helfen dem Netzbetreiber, diese Forderung wirtschaftlich zu erfüllen. **Schwerpunkte des Systemkonzepts** sind:

- Modularität,
- Einsatz von Standardkomponenten (Hardware und Software),
- Konfiguration von der Minimal- bis zur pflichtenheftkonformen Lösung,

- in Stufen aufrüstbar,
- fernbedienbar und fernabfragbar,
- statistische Auswertung der Meßergebnisse.

### Systemfamilie und Einsatzbereiche

Grundsätzlich wird bei den Systemen zwischen Überwachen und Messen unterschieden: TS6110 und TS6120 decken den Bereich Überwachung ab, TS6130, TS6140 und TS6150 sind Meßsysteme, die auch als Überwachungssysteme konfiguriert werden können (duale Lösungen). Mit diesen



BILD 1  
TV-Meßsystem  
TS6130 mit Video  
Measurement System  
VSA, CCVS Gene-  
rator SFF und Audio  
Monitoring System  
AMON.  
Foto 42 233

Grundsystemen und den zugehörigen Optionen kann der Betreiber die optimale Lösung für die jeweilige Überwachungs- beziehungsweise Meßanforderung in der gewünschten Tiefe zusammenstellen.

Das **Überwachungssystem TS6110** verwendet eine Video-PC-Karte als Meßkopf. Diese Karte kann in jeden zum IBM-Standard kompatiblen Rechner eingebaut werden, da die System-Software unter Windows 3.1 läuft. Aufgrund der hohen Feldstärken, die an Sendestationen auftreten, ist ein störstrahlungssicherer PC empfehlenswert – beispielsweise der PSM7 von Rohde & Schwarz [1]. Das TS6110 ist ein Low-Cost-Monitoring-System.

Hauptkomponente des **Überwachungssystems TS6120** ist das Video Measurement System VSA [2]. In der einfachsten Konfiguration übernimmt dessen eingebauter 486/66-Rechner auch die Funktion eines System-Controllers. Für komplexere Anwendungen kann ein externer Controller eingesetzt werden. Zahlreiche Optionen erlauben die Anpassung an die jeweiligen Aufgaben (BILD 2). Hervorzuheben ist die Audio-Option AMON; sie gestattet es, die Audioparameter unterbrechungsfrei während des laufenden Programms zu überwachen, da das Audiosignal selbst als Meßsignal verwendet wird. Gleichzeitig ist die Übertragung von Zusatzdaten (z. B. dynamischen RDS-Daten) über die Audio-Zuführung möglich; dies erspart teure Datenleitungen.

Das **Meßsystem TS6130** wurde speziell für Messungen während des Sendebetriebs ausgelegt. Durch die Einführung der Halbleiter-Technologie bei den TV-Stationen haben sich die Betriebskonzepte geändert. Statt Doppelsenderanlagen findet man heute meist Einzelsender vor (eventuell mit passiver Vorstufenreserve). Messungen und Einstellungen am Reservesender sind also nicht mehr möglich und müssen deshalb am Betriebssender vorgenommen werden. In der Grundversion besteht das TS6130 aus dem Video Measure-

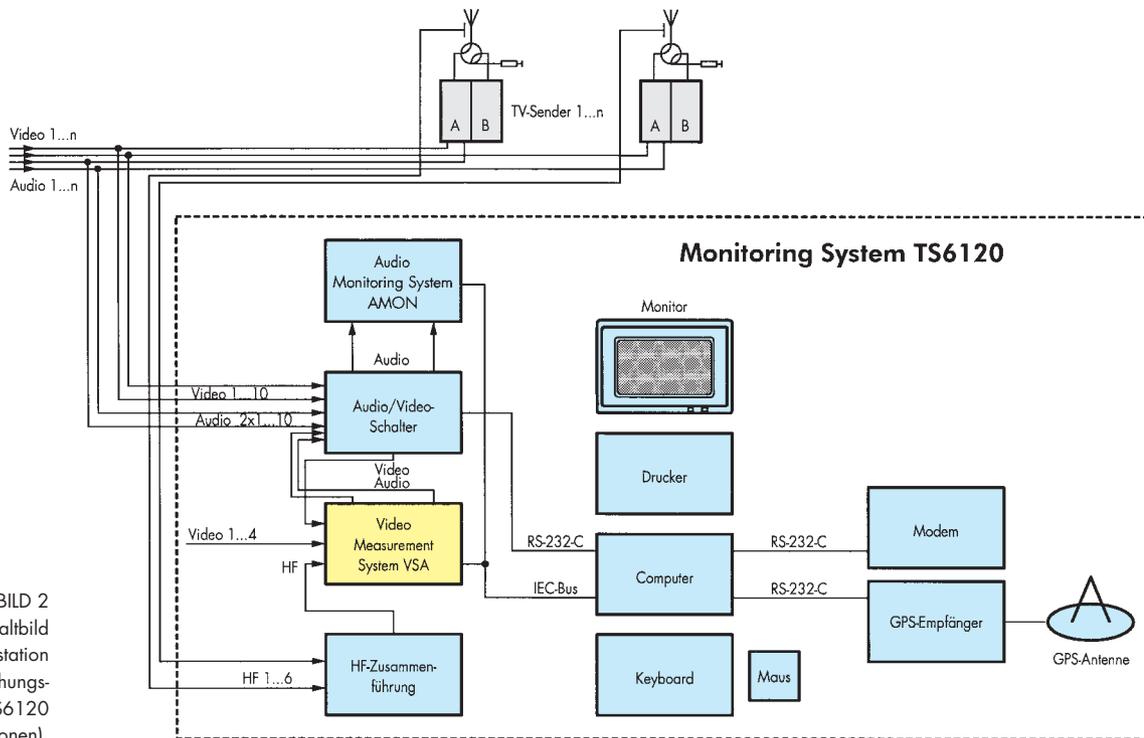


BILD 2  
Blackschaltbild  
einer TV-Sendstation  
mit Überwachungs-  
system TS6120  
(blau Optionen).

ment System VSA, dem Multistandard-FBAS-Generator SFF [3] und der System-Software TS6100/Win. Der SFF liefert ein normgerechtes FBAS-Video signal und gestattet die Generierung individueller Prüf signale. Es werden die wichtigsten Parameter des Basisbandes, des Videotextes, des HF-Signals (z. B. die Bildträgerphase) und des Audiosignals ausgewertet beziehungsweise gemessen. Damit ist ein Abgleich des Senders während der Programmausstrahlung möglich.

Das **Vollbild-Meßsystem TS6140** baut auf dem Spectrum Analyzer FSEA20 [4] auf. Die Gruppenlaufzeit wird mit der Kombination FBAS-Generator SFF und Videoanalysator VSA gemessen. Weitere Systemkomponenten sind ein Präzisionsdemodulator, ein Steuerrechner, ein Signalschaltfeld (für HF, ZF und NF) und die System-Software TS6100/Win. Den Kern des Meßsystems bilden der Steuerrechner und das Signalschaltfeld. Sämtliche Signale von HF über ZF bis NF werden hier entsprechend der jeweiligen Messung an die richtigen Ein- und Ausgänge der Meßgeräte geschaltet, so daß umständliches, manuelles Anschalten ent-

fällt. Mit diesem System kann der Sender auf Einhaltung der Pflichtenheftswerte überprüft werden.

Herzstück des **Vollbild-Meßsystems TS6150** ist der TV Network Analyzer SOKF / SWKF [5]. Ähnlich dem TS6140 wird das TS6150 für Sendermessungen außerhalb der Programmzeiten eingesetzt. Weitere Systemkomponenten sind ein Präzisionsdemodulator, ein Steuerrechner, ein Signalschaltfeld und die System-Software. Die klassische Meßmethode für TV-Sender basiert auf dem Network Analyzer. Mit ihm können der Amplituden- und Gruppenlaufzeitfrequenzgang in der Video- und ZF-/HF-Ebene gemessen werden. Das eingebaute Oszilloskop beim SOKF dient zur Auswertung der Videosignale in der Zeitebene. Wie das TS6140 kann auch dieses System den Sender auf Einhaltung der Pflichtenheftswerte überprüfen.

### Software TS6100/Win

Die TV-Monitoring- und -Meßsysteme TS6100 verwenden die System-Software TS6100/Win zum Überwachen und Messen (BILD 3). Die statistische

Auswertung der Ergebnisse erfolgt durch mitgelieferte Makros entweder unter MS-Excel oder MS-Access. Die Vorzüge der grafischen Benutzeroberfläche Windows 3.1 sind eine einheitliche Bedienung, Multitasking und Vielseitigkeit bei der Einbindung anderer Programme.

Das Konzept der Software TS6100/Win berücksichtigt alle **Überwachungs- und Meßaufgaben in fünf Modi:**

- Der **automatische Modus** wird hauptsächlich zum Überwachen und Beobachten ausgewählter Parameter benutzt. Dies geschieht zu be-

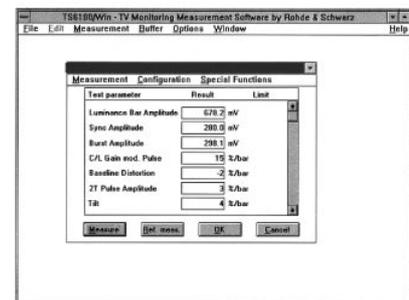


BILD 3 Die System-Software TS6100/Win läuft unter Windows 3.1.

stimmten Zeiten an einem Tag und kann sich über mehrere Tage, Wochen, Monate oder Jahre erstrecken. Falls einer dieser Parameter eine Grenze über- oder unterschreitet, wird Alarm ausgelöst, der bei einer bemannten Station auf dem Bildschirm angezeigt und bei einer unbemannten Station über ein Modem an die Zentrale weitergeleitet wird. Selbstverständlich werden alle Daten lokal gespeichert und können jederzeit zur Auswertung und Reproduktion herangezogen werden.

- Im **interaktiven Modus** kann schnell ein bestimmter Teilbereich überprüft werden. Der automatische Ablauf geht dabei in Wartestellung.
- Der **direkte Modus** dient zum Ansteuern der einzelnen Geräte über virtuelle Bedienoberflächen zum schnellen Einstellen und Messen.
- **Run Script** dient zum Ablauf einer bestimmten Messung (Skript). Mit Hilfe der Skripten – einer Makrosprache – kann der Benutzer seine eigenen Meßabläufe schreiben. Debug-Hilfen und Prüfmöglichkeiten sind in der Skript-Entwicklungsumgebung enthalten und vereinfachen das Erstellen und Verändern der Skripten.
- **Run Sequence** dient zum beliebigen Kombinieren einzelner Messungen. Damit können individuelle Meßabläufe zusammengestellt und nach Bedarf aufgerufen werden.

Ein Drucker gestattet die Dokumentation der Meßergebnisse in grafischer oder tabellarischer Form. Der Anwender kann dabei den Bericht nach seinen Wünschen konfigurieren. Der dynamische Datenaustausch bietet die Möglichkeit, Daten zwischen verschiedenen Windows-Programmen auszutauschen. Durch das Optionskonzept ist die Software einfach und zukunftsicher erweiterbar. Zu einem Software-Kern werden jeweils noch die benötigten Treiber für die Geräte und zusätzliche Software-Optionen hinzugefügt. Diese Modularität verleiht der Software große Flexibilität. Für die Sicherheit wird in den Software-Paketen mit Paß-

wörtern und verschiedenen Benutzerebenen gesorgt. Somit ist gewährleistet, daß die Meßdaten nur von lizenzierten Benutzern bearbeitet werden können und die Systemkonfiguration nur von autorisierten Personen vorgenommen wird.

## Grafische Bedienoberfläche

Neben den in Windows üblichen Menüpunkten Datei, Bearbeiten, Fenster und Hilfe wird die Software TS6100/Win über zwei weitere Menüs – Messung und Optionen – gesteuert.

Im **Menü Messung** werden die einzelnen Geräte interaktiv bedient. Für jedes Gerät wird dafür eine virtuelle Oberfläche zur Verfügung gestellt. Die automatischen Meßabläufe, die über Skripten definiert sind, werden hier gestartet. Weiterhin besteht die Möglichkeit, den automatischen und den interaktiven Meßmodus zu starten.

Im **Menü Optionen** werden einmalig die Gerätekonfiguration mit jeweils der Schnittstelle (z. B. IEC-Bus, RS-232-C, TTL, AT-Bus) und der Pfadkonfiguration spezifiziert. In diesem Menü wird auch der Fernmeldekanal ausgewählt. Bei fernbedienten Stationen ist es wichtig, daß die Alarm-, Fehler- und Abfragemeldungen nicht auf dem Bildschirm erscheinen, sondern beispielsweise über ein Modem an die Zentrale geleitet werden, bei der dann eine Aktion ausgelöst wird. Eine andere Möglichkeit ist, die Meldungen in eine Log-Datei zu schreiben. Außerdem werden hier die Benutzer-Level und die Kennwörter der verschiedenen Benutzer vergeben.

## Systemleistungen

Wesentliche Voraussetzung für die effiziente Nutzung eines Systems durch den Kunden sind nicht zuletzt die vom Hersteller erbrachten Pre- und After-Sales-Leistungen. Dabei gewährleistet eine sachgemäße Beratung die optimale Anpassung des Systemdesigns an die speziellen Anforderungen des Kunden. Umfangreiche Funktionstests sowie eine ordnungsgemäße Inbetriebnahme und ein gezieltes Training sorgen schließlich für die schnelle Verfügbarkeit des Systems. Über diese selbstverständlichen Leistungen hinaus bietet Rohde & Schwarz im Rahmen eines kundenspezifischen Wartungskonzeptes eine dauerhafte Unterstützung an.

Michael Lehmann; Gerhard Strauss

### LITERATUR

- [1] Bues, D.; Stegmaier, J.; Vahldiek, D.: Industrial Controller PSM – Automatisch Messen und Steuern in Fabrik und Labor. Neues von Rohde & Schwarz (1994) Nr. 146, S. 19–21.
- [2] Bichlmaier, T.; Finkenzeller, R.: Video Measurement System VSA – Vier TV-Meßgeräte plus Controller in einem Kompaktgerät. Neues von Rohde & Schwarz (1995) Nr. 147, S. 18–21.
- [3] Mahnken, D.: SAF und SFF, die neuen Videogeneratoren für die TV-Meßtechnik. Neues von Rohde & Schwarz (1992) Nr. 138, S. 14–17.
- [4] Wolf, J.: Spectrum Analyzer FSEA/FSEB – Neue Dimensionen in der Spektralanalyse. Neues von Rohde & Schwarz (1995) Nr. 148, S. 4–8.
- [5] Dürselen, A.; Ebersberger, G.; Osterloh, G.: TV Network Analyzer SWKF – Moderne TV-Wobbelmeßtechnik von 0,01 bis 900 MHz. Neues von Rohde & Schwarz (1994) Nr. 144, S. 26–28.

### Kurzdaten TV-Monitoring und -Meßsysteme TS6100

Frequenzbereich	TS6110/6120/6130/6150	45 ... 860/900 MHz
	TS6140	9 kHz ... 3,5 GHz
Meßmodi		automatisch, interaktiv, direkt, Skript, Skript-Sequenz
Software		TS6100/Win (unter Windows 3.1)
Schnittstellen		IEC-Bus, RS-232-C, TTL, AT-Bus

**Näheres Leserdienst Kennziffer 150/05**

Spectrum Analyzer FSE mit Option FSE-B7

# Vektorsignalanalyse, unverzichtbar im digitalen Mobilfunk

Der Spectrum Analyzer FSE führt nicht nur Messungen im Spektralbereich mit hoher Dynamik und Präzision durch, sondern kann jetzt mit der Option Vektorsignalanalyse auch alle im Mobilfunkbereich vorkommenden Signale – seien sie analog oder digital moduliert – demodulieren und deren Modulationsparameter messen.



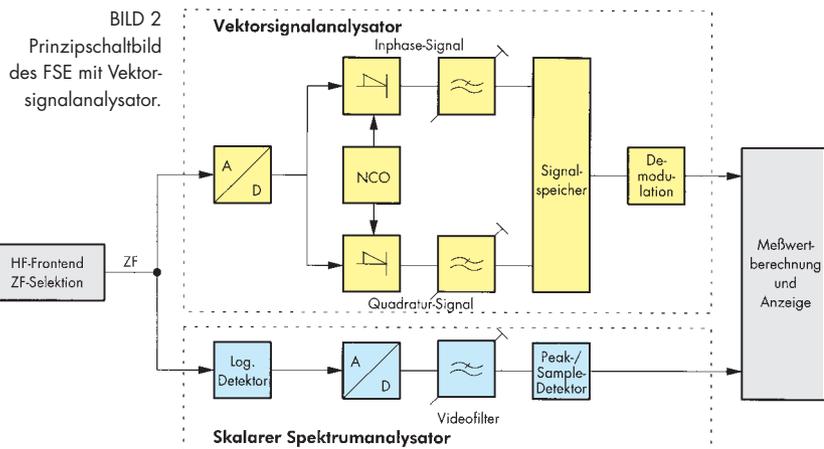
BILD 1 Spectrum Analyzer FSE mit Option Vektorsignalanalyse für die Messung digitaler Modulationsparameter.

Bei digitalen Modulationsverfahren sind neben dem Spektrum des Sendesignals auch das Verhalten im Zeitbereich und die Qualität der komplexen Modulation von Bedeutung. Übliche skalare Spektrumanalysatoren können lediglich die HF-Parameter wie Leistung im Kanal, belegte Bandbreite, Nachbarkanalleistung und Nebenwellen digital modulierter Sendesignale im Frequenzbereich normgerecht messen. Aber schon der Leistungsverlauf im Zeitbereich muß bei TDMA-Übertragungsverfahren beispielsweise in der Regel auf festgelegte Synchronisationsfolgen wie Pre- oder Midambles bezogen werden. Da der Zeitbezug in der im Signal enthaltenen Information steckt, muß hierzu das HF-Signal bis auf Bitebene demoduliert werden. Die Bits dienen anschließend als Triggerbezug für die Darstellung und Messung der Bursts. Übliche Spektrumanalysatoren benötigen für diese Messung einen externen Trigger, den

das Meßobjekt liefern muß. Damit kommen nur solche Meßobjekte in Frage, die einen Trigger zur Verfügung stellen können, und es sind nur qualitative Messungen möglich. Völlig ungeeignet sind skalare Spektrumanalysatoren zur Ermittlung der Modulationsfehler des HF-Signals. Diese sind jedoch bei allen Standards für digitale Funkübertragung spezifiziert und müssen daher gemessen werden.

Der Spectrum Analyzer FSE [1] mit der Option Vektorsignalanalyse (FSE-B7) erfüllt erstmalig alle Anforderungen, die in den Standards an die Messung der HF-Parameter digital modulierter Signale gestellt werden. Das bedeutet: Er genügt den hohen Ansprüchen der Messungen im Spektralbereich in bezug auf Dynamik, Intermodulationsverhalten und Phasenrauschen, und er liefert gleichzeitig den Zeitbezug für die Messung von Bursts und mißt exakt die Modulationsparameter und deren Fehler (BILD 1).

Erreicht wird diese „Erstmaligkeit“ durch Kombination eines hochwertigen skalaren Spektrumanalysators mit einem Vektorsignalanalysator. Nach dem gemeinsamen HF-Frontend bis 3,5 GHz oder 7 GHz und der ZF-Selektion wird das ZF-Signal in einen Pfad für den skalaren Spektrumanalysator und einen zweiten für den Vektorsignalanalysator aufgeteilt (BILD 2). Im Spektrumanalysator wird das ZF-Signal logarithmiert und gleichgerichtet. Anschließend steht nur noch der Betrag des Meßsignals zur Verfügung, die Phaseninformation geht verloren. Der Vorteil dabei ist die erreichbare Dynamik bei logarithmischer Pegeldarstellung, da der Logarithmierer eine Pegelkompression vornimmt. Die dem Logarithmierer folgenden Stufen müssen nur noch das komprimierte Signal verarbeiten. Der FSE erreicht hier eine Dynamik von 110 dB. Beim Vektorsignalanalysator wird das ZF-Signal direkt durch den A/D-Wand-



ler abgetastet und dann durch digitale Mischung ins Basisband transformiert. Dabei erhält man den Realteil und den Imaginärteil des Meßsignals beziehungsweise dessen Betrag und Phase. Die gesamte Signalinformation bleibt somit erhalten und kann ausgewertet werden. Im Prinzip könnte man den Vektorsignalanalysator auch als Spektrumanalysator verwenden. Die Dynamik des skalaren Spektrumanalysators ist jedoch dann durch den A/D-Wandler eingengt. Deshalb enthält der FSE mit der Option Vektorsignalanalyse beide Verfahren, wobei er das für die jeweilige Messung optimale nutzt.

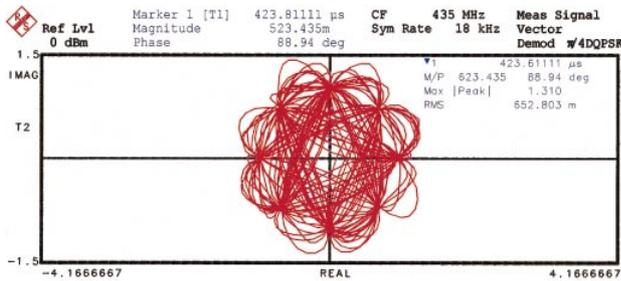


BILD 3  
Vektordiagramm eines TETRA-Signals.

signals und wertet es nach Maßgabe der Modulationsart aus.

Damit sind alle HF-Signale verarbeitbar, die im **Mobilfunkbereich** üblich und standardisiert sind:

- GSM, DCS1800 (PCN) oder DCS1900 (PCS) weltweit,
- NADC (North American Digital Cellular, USA),
- Qualcomm CDMA (Code Division Multiplex Access),
- PHP (Personal Handy Phone, Japan),
- PDC (Personal Digital Cellular, Japan),
- DECT (Digital European Cordless Telephone, Europa, Kanada),
- CDPD (Cellular Digital Packed Data),

- Inphase- und Quadratur-Signal,
- Augen- oder Trellis-Diagramm,
- Vektordarstellung im Polardiagramm,
- Constellation-Diagramm,
- Tabelle mit den demodulierten Bits.

BILD 3 zeigt als Beispiel ein TETRA-Signal in der Vektordarstellung im Polardiagramm. TETRA arbeitet mit  $\pi/4$ -DQPSK-Modulation und einer Datenrate von 36 kbit/s.

Zur Auswahl des Signalausschnitts sind umfangreiche Triggerfunktionen verfügbar. Die Grobtriggerung kann freilaufend, pegelabhängig oder durch ein externes Signal erfolgen. Damit wird der Beginn der Meßwertaufnahme in den Speicher festgelegt. Innerhalb des Speicherbereichs kann nach einem Burst gesucht werden. Dies ist vor allem bei TDMA-Signalen wichtig, da die Information in Zeitschlitzen übertragen wird. Es kann aber auch auf Bitfolgen im Signal synchronisiert werden. Die Darstellung wird dann auf im Signal vorhandene Synchronisationsfolgen bezogen (z. B. Midamble im GSM-Burst).

## Demodulation analog und digital modulierter Signale

Bei der Vektorsignalanalyse demoduliert der FSE alle im Mobilfunkbereich üblichen Modulationen, seien es analoge Verfahren wie AM oder FM oder digitale Verfahren wie 2FSK, 4FSK, BPSK, QPSK, DQPSK, Offset-QPSK,  $\pi/4$ -DQPSK, 8PSK, 16QAM, MSK und GMSK. Ideale Testsignallieferanten hierfür sind die Rohde & Schwarz-Signalgeneratoren SME und SMHU58 [2]. Bei digital modulierten Signalen erwartet der FSE nur die Eingabe der Modulationsart, der Symbolrate und des Empfangsfilters und demoduliert dann das HF-Signal bis auf Bitebene. Die Symbolrate ist bis zu 1,6 Megasymbolen pro Sekunde frei wählbar. Als Empfangsfilter stehen Gauß-Filter, Kosinus-Filter und Wurzel-Kosinus-Filter mit frei einstellbaren Parametern zur Verfügung. Der Demodulator des FSE-B7 synchronisiert sich auf die Frequenz und den Symboltakt des Meß-

- MOBITEX (Mobiles Datensystem),
- TETRA (Trans-European Truncated Radio),
- ERMES (European Radio Message System),
- CT2/CT3 (Cordless Telephone),
- APCO25 (Association of Public Safety Communications Officers, Project 25),
- TFTS (Terrestrial Flight Telephone System).

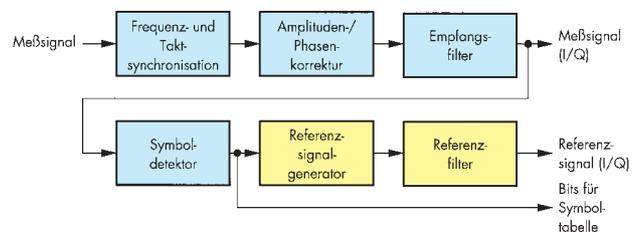
Diese Standards sind direkt mit Softkeys aufrufbar. Der FSE wertet das Signal nach folgenden Gesichtspunkten aus und stellt das **Ergebnis am Bildschirm** dar:

- Betrag und Phase oder Frequenz über der Zeit,

## Messung der Modulationsfehler

Mit die wichtigste Messung an digital modulierten Signalen ist die Bestimmung der Modulationsfehler. Je nach Modulationsart ist entweder der Phasenfehler (Modulation mit konstanter Amplitude, z. B. GSM) oder der Phasen- und Amplitudenfehler (Modulation mit Amplituden- und Phasenanteil, z. B. NADC, TETRA, PHP, PDC) von Bedeutung und in den entsprechenden Standards spezifiziert. Zur Berechnung der Fehler erzeugt der FSE aus dem demodulierten Bitstrom wieder das analoge, ideal modulierte Signal im Basisband (I/Q-Ebene). BILD 4 zeigt die einzelnen Verarbeitungsschritte.

BILD 4  
Verarbeitungsschritte im FSE bei der Ermittlung von Modulationsfehlern.



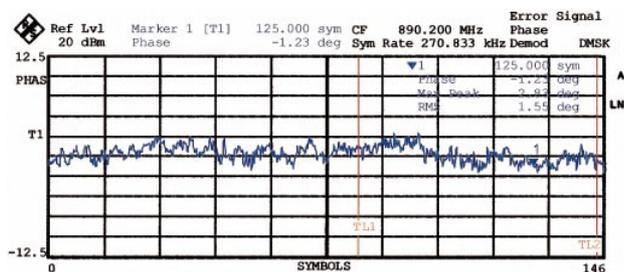


BILD 5  
Phasenfehler eines GSM-Bursts, dargestellt über dem nutzbaren Bereich des Bursts.

Das Meßsignal und das Referenzsignal werden zur Berechnung der Modulationsfehler in allen Parametern verglichen. Das Ergebnis kann entweder zeitbeziehungsweise symbolabhängig als Meßkurve dargestellt oder als Summenwert numerisch in einer Fehlertabelle ausgegeben werden. Als Beispiel für eine Fehlermessung zeigt BILD 5 den zeitlichen Verlauf des Phasenfehlers eines GSM-Bursts.

Von besonderer Bedeutung bei der Messung des Modulationsfehlers sind die Fehlergrenzen des Meßgerätes selbst. In der Praxis sollte das Meßgerät um den Faktor 10 genauer sein als das Betriebsgerät. Bei GSM zum Beispiel darf der RMS-Phasenfehler maximal  $5^\circ$ , der Peak-Phasenfehler maximal  $20^\circ$  betragen. Speziell beim Phasenrauschen erreicht der FSE so hervorragende Werte, daß für GSM ein Eigenfehler für die Phasenmessung von  $<0,5^\circ$  (typisch  $0,2^\circ$ ) effektiv und  $<1,5^\circ$  Spitze garantiert werden kann. Für die  $\pi/4$ -DQPSK-Modulationen bei NADC, TETRA oder PDC ist der Betrag für den Vektorfehler (Error Vector Magnitude)  $<0,7\%$  effektiv und  $<2\%$  beim Spitzenwert. Damit können die zugelassenen Toleranzen in den Standards nahezu ganz dem Meßobjekt zugeschlagen werden, und man muß nicht einen erheblichen Anteil für das Meßgerät reservieren.

## Leistungsmessung im Zeitbereich

Bei Übertragungsverfahren, die im Zeitmultiplex arbeiten, ist jedem Teilnehmer nur ein bestimmter Zeitausschnitt im Übertragungskanal zugewiesen. Die Zeitbedingungen sind in Form von Toleranzmasken festgelegt, die jeder Sen-

der einzuhalten hat. Der Zeitbezug für die Toleranzmaske ist meist eine Synchronisationsfolge im Signal (z. B. die Midamble bei GSM, DCS1800 oder DCS1900). Die exakte Messung des Burst-Verlaufs ist daher nur durch Demodulation des Signals möglich. Der FSE ermittelt mit der Vektorsignalanalyse den exakten Zeitbezug durch Auswertung der demodulierten Bits und deren Zuordnung zu den Abtastwerten im Meßwertspeicher. Bei acht Abtastwerten pro Symbol sind die Fehlergrenzen für den Zeitbezug ohne Taktsynchronisation  $<6,25\%$  der Symboldauer, mit Taktsynchronisation  $<1\%$  der Symboldauer.

## Meßgeschwindigkeit

Neue Maßstäbe setzt der FSE nicht nur in der Spektralanalyse in punkto Dynamik, Präzision und Meßgeschwindigkeit, sondern auch in der Modulationsanalyse. Die hohe Meßgeschwindigkeit wird durch eine bisher in Spektrumanalysatoren nicht übliche Rechenleistung erzielt. Ein interner 486-PC ist zuständig für die Bedienoberfläche und die Fernsteuerung. Ansonsten ist er frei

für Applikationsprogramme, die im FSE ablaufen, ohne daß die Meßgeschwindigkeit durch Timesharing mit Meßabläufen leidet. Die Meßabläufe, die Auswertung der Meßergebnisse und deren Darstellung auf dem Bildschirm übernimmt ein Netz aus fünf Transputern. Die Demodulatoren und die Modulationsmessungen sind in vier digitalen Signalprozessoren realisiert, die an das Transputernetz gekoppelt sind. Diese Rechnerleistung führt zum Beispiel bei der Bestimmung des GSM-Phasenfehlers zu fünf Messungen pro Sekunde.

Aufgrund seiner hervorragenden Eigenschaften in der Spektralanalyse und in der Vektorsignalanalyse sowie seiner Flexibilität ist der FSE ein ideales Entwicklungs-Tool. Aber auch in der Produktion ist er dank seiner Meßgeschwindigkeit und seiner normgerechten Standardeinstellungen eine preiswerte „One-Box-Solution“ für alle Messungen der HF-Parameter von Sendern.

Josef Wolf

### LITERATUR

- [1] Wolf, J.: Spectrum Analyzer FSEA/FSEB – Neue Dimensionen in der Spektralanalyse. Neues von Rohde & Schwarz (1995) Nr. 148, S. 4–8.
- [2] Lüttich, F.: Neue Signalgenerator-Eigenschaften für die Erfordernisse des digitalen Mobilfunks. Neues von Rohde & Schwarz (1995) Nr. 149, S. 44–45.

### Kurzdaten der Vektorsignalanalyse im FSE

Frequenzbereich	100 kHz...3,5/7 GHz
Demodulatoren	AM/FM/PM, 2FSK, 4FSK, BPSK, QPSK, DQPSK, O-QPSK, $\pi/4$ -DQPSK, 8PSK, 16QAM, MSK, GMSK
Symbolrate	max. 1,6 Msymb/s
Empfangsfilter	Gauß, Kosinus, Wurzel-Kosinus, $\alpha/BT = 0,2 \dots 1$
Darstellung	Betrag, Phase, Frequenz, Augen-/Trellis-Diagramm, Vektordiagramm, Constellation-Diagramm, demodulierte Bits
Messung	Betragsfehler, Phasenfehler, Frequenzfehler, Fehlervektor (Betrag), I/Q-Offset, I/Q-Imbalance

### Näheres Leserdienst Kennziffer 150/06

## Digitale Überwachungspeiler DDF0xM

# Moderne Überwachungspeilung von HF bis UHF

Die kompakten, modular aufgebauten und fernbedienbaren digitalen Überwachungspeiler DDF0xM arbeiten als korrelatives Interferometer oder nach dem bewährten Watson-Watt-Verfahren. Sie lassen sich problemlos in rechnergesteuerte Empfangssysteme einbinden, etwa bei der postalischen Funküberwachung, im militärischen Bereich, bei Polizei, Grenzschutz, Zollbehörden und Küstenwache. Für stationären und mobilen Einsatz steht ein umfangreiches Antennenprogramm zur Verfügung – auch Großbasissysteme, die selbst bei schwierigen Umgebungsbedingungen hohe Genauigkeit und Empfindlichkeit aufweisen.

weiligen Peilaufgabe angepaßt werden. Neben dem klassischen Peilverfahren nach Watson-Watt bietet der DDF auch moderne **Korrelationsverfahren**, die gegenüber den klassischen Methoden viele **Vorteile** haben:

- Höchstmaß an Genauigkeit, Empfindlichkeit und Flexibilität,
- Großbasis-Kreisgruppenantennen mit minimaler Strahlerzahl realisierbar (z. B. Kreisgruppe mit 1 m Durchmesser und neun Antennenelementen für den großen Frequenzbereich 20 bis 1300 MHz oder ein Kreis von etwa 50 m Durchmesser für den gesamten KW-Bereich),

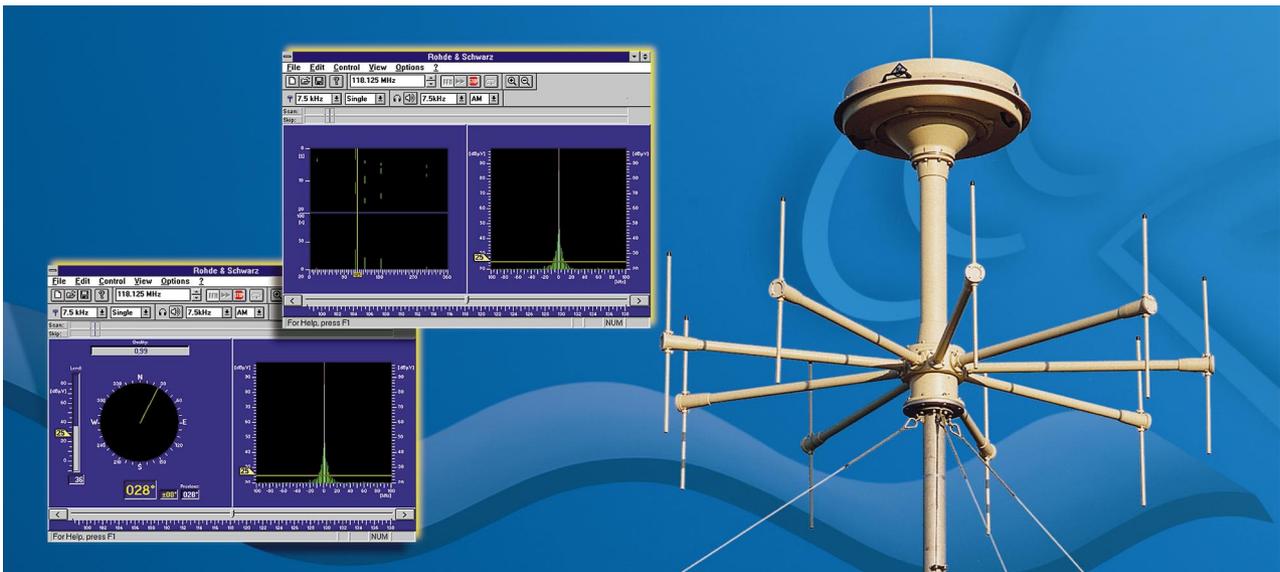


BILD 1 Bedienoberfläche des digitalen HF-VHF-UHF-Überwachungspeilers DDF0xM im Festfrequenz-Betrieb und VHF-UHF-Peilantenne.

Über viele Jahre hinweg haben sich die Rohde & Schwarz-Doppler-Peiler PA010 und PA055 sowie deren mobile Versionen PA510 und PA555 überall in der Welt als außerordentlich erfolgreich erwiesen. Systembedingt sind dem Doppler-Peiler Grenzen hinsichtlich der Erfassung sehr kurzer Signale gesetzt, wie sie bei Frequenzsprung-, Burst- und GSM-Sendungen üblich sind. Um auch derartige Signale problemlos peilen zu können, hat Rohde & Schwarz eine neue Peilergeneration entwickelt, die sich der digitalen Signalverarbeitung bedient: den DDF0xS für den schnellen Suchbetrieb [1] und jetzt den DDF0xM für überwiegend Monitoring-Aufgaben

im Frequenzbereich 0,3 bis 3000 MHz (BILD 1). Auch mit DDF0xM-Peilern ist Such- beziehungsweise Scan-Betrieb möglich, wobei die Erfassungswahrscheinlichkeit im Vergleich zu herkömmlichen Peilern, die das Signal auf jeweils nur einem Kanal verarbeiten, wesentlich höher liegt. Grundsätzlich analysieren die Peiler der DDF-Familie alle Signale innerhalb eines Frequenzfensters entsprechend der gewählten Auflösung gleichzeitig. Im Suchbetrieb verhalten sich diese Peiler wie mehrere parallelgeschaltete Peilgeräte.

Die DDF-Peiler bestimmen zunächst die komplexen Antennenspannungen der Peilantenne und berechnen daraus dann Azimut und eventuell Elevation. Das Verfahren kann dabei der je-

- großer Spielraum bei der Wahl der Antennengeometrie,
- bei mobilem Einsatz besonders effektive Reduktion der durch die Plattform hervorgerufenen Peilfehler möglich durch Anwendung von Kalibrierverfahren,
- Korrelationsfaktor kann als Peilgütekriterium herangezogen werden,
- als Vorstufe zu hochauflösenden Peilverfahren verwendbar.

Zur Messung der komplexen Antennenspannungen können ein- bis n-zügige Peilempfänger eingesetzt werden. Der DDF0xM verwendet ein dreizüdiges Vektorvoltmeter, mit dem sich auch Monopulspeilungen durchführen lassen (z. B. nach Watson-Watt). Es basiert auf dem VHF-UHF-Empfänger ESMC [2]

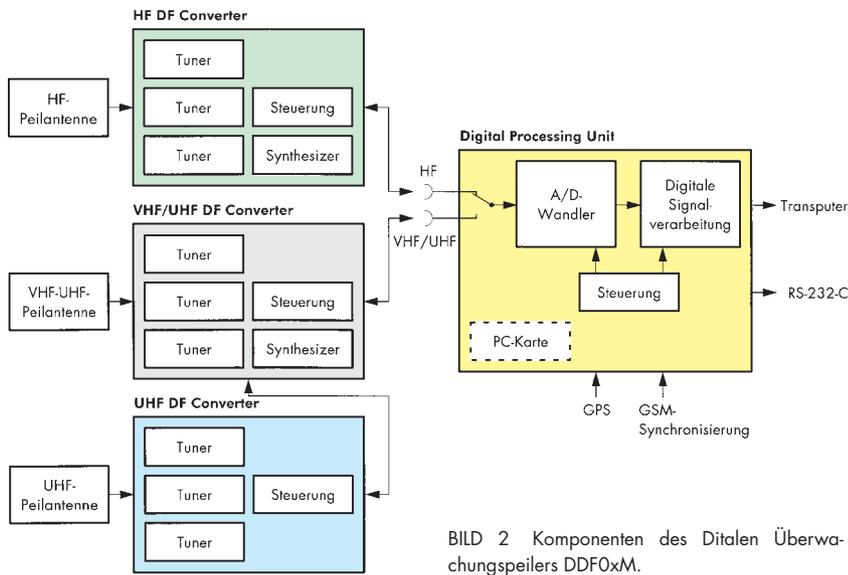


BILD 2 Komponenten des Digitalen Überwachungspeilers DDF0xM.

und stellt damit einen hochwertigen Peilempfänger dar. Großbasispeilantennen werden paarweise abgetastet, so daß sich auch für diese Anwendung kurze Peilzeiten ergeben.

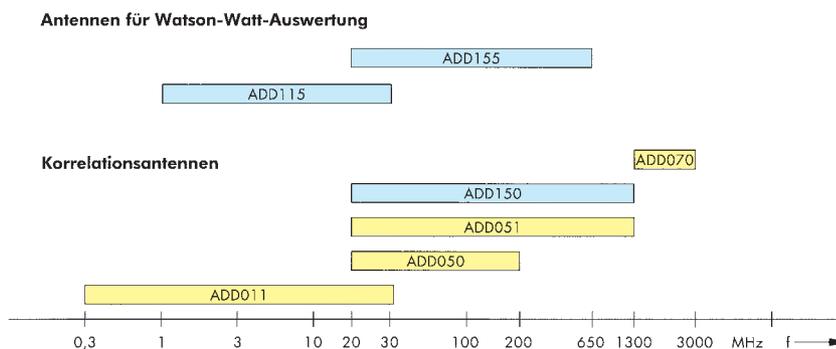
## Aufbau

Die Überwachungspeiler sind in folgenden **Versionen** lieferbar:

- DDF01M für HF (0,3 bis 30 MHz),
- DDF05M für VHF/UHF (20 bis 1300/3000 MHz),
- DDF06M für HF/VHF/UHF (0,3 bis 1300/3000 MHz).

In den dreizügigen Empfänger-Frontends wird das Empfangssignal in eine ZF von 768 kHz umgesetzt (BILD 2). Die Digital Processing Unit wandelt diese ZF mit einer Auflösung von 16 bit in die digitale Form um und verarbeitet

BILD 3 Übersicht über die Peilantennen ADD (blau für mobilen, gelb für stationären Einsatz).



diese Daten mit einer Echtzeitbandbreite von 200 kHz (VHF/UHF) beziehungsweise 25 kHz (HF) unter Anwendung schneller Fourier-Transformation und Polyphasen-Filterbänken weiter.

Die Peiler DDF0xM verfügen in ihrer Grundausstattung – abgesehen von Leuchtdioden für Statusmeldungen des Systems – über keinerlei Anzeige- und Bedienelemente auf der Frontplatte; sie werden über einen externen PC bedient, der als Betriebssystem MS Windows NT™ benutzt und für den die DDF-Bedien-Software serienmäßig mitgeliefert wird. Die Digital Processing Unit ist optional auch mit einem integrierten PC und einer farbigen TFT-Anzeige lieferbar (ca. 12 cm x 16 cm; 480 x 640 Pixel). Bei dieser Ausführung wurde vor allem auf eine hohe Unterdrückung der computerspezifischen Störstrahlung geachtet, was besonders für den Einsatz des Peilers in einem Fahrzeug von großer Wichtig-

keit ist, bei dem Peilantenne und Peilgerätesatz im allgemeinen nahe beieinander sind.

## Antennenprogramm

Als Peilantennen stehen **zwei Kategorien** für die DDF-Peiler zur Verfügung (BILD 3):

- die für höchste Peilgeschwindigkeit ausgelegten, monopulsfähigen Kompaktantennen ADD115 und ADD155, die zusammen den Bereich 1 bis 650 MHz abdecken (Watson-Watt-Verfahren),
- die Korrelations-Peilantennen ADD011, ADD050, ADD150, ADD051 und ADD070, die sich vor allem durch ihre hohe Peilgenauigkeit und ihre Unempfindlichkeit gegen Mehrwegeempfang auszeichnen.



BILD 4 HF-Peilantenne ADD011 (0,3 bis 30 MHz, Korrelation). Foto 42 342

Charakteristisch für alle sieben Antennen sind folgende **Merkmale**:

- große Bandbreite,
- integrierter Blitzschutz (bei ADD150, ADD050 und ADD051 serienmäßig gegen direkten Blitzschlag),
- großer Dynamikbereich,
- kompakte Bauweise,
- Anschlußmöglichkeit für elektronischen Kompaß.

**HF-Antennen:** Die kompakte, in einem Radom mit nur 1,1 m Durchmesser untergebrachte **ADD115** für den Frequenzbereich 1 bis 30 MHz hat zwei orthogonal angeordnete Rahmenele-



BILD 5  
VHF-UHF-Peilantenne  
ADD051  
(20 bis 1300 MHz,  
Korrelation).  
Foto 42 334/1

mente sowie eine Rundempfangsantenne und eignet sich aufgrund ihrer geringen Größe und ihrer leichten, aber trotzdem robusten Bauweise uneingeschränkt für mobilen Einsatz. Die für stationären und verlastbaren Einsatz konzipierte **ADD011** für 0,3 bis 30 MHz (BILD 4) ermöglicht Peilung auch steil einfallender Raumwellen sowie die Er-

Abmessungen prädestinieren die Antenne für den Einsatz auf Fahrzeugen, Schiffen und Flugzeugen. Durch den serienmäßigen Schutz gegen direkte Blitzschläge kann die Antenne auch uneingeschränkt auf hohen Masten und Gebäuden montiert werden. Gesteigerte Genauigkeit und Empfindlichkeit im Frequenzbereich 20 bis 200 MHz bie-

**UHF-Antenne:** Für den Frequenzbereich 1300 bis 3000 MHz steht die **ADD070** zur Verfügung. Sie ist als Kreisgruppenantenne mit zentralem Reflektor aufgebaut und gestattet die problemlose Kombination mit den VHF-UHF-Antennen auf einem gemeinsamen Mast.

## Betriebsarten

Die wichtigste Betriebsart der DDF0xM-Peiler ist die Peilung auf einer festen Frequenz (Fixed Frequency Mode, FFM). Innerhalb der Betriebsart FFM (BILD 6) gibt es verschiedene Möglichkeiten, das Verhalten des Peilers an die Signalcharakteristik anzupassen. Als Anzeigeart ist außer der konventionellen numerischen (dreistellig) und polaren mit Elevations- und Peilgüteanzeige auch die Form des Histogramms wählbar. Zusätzlich wird das Spektrum in der Signalumgebung ( $\pm 12,5$  kHz im HF-Bereich,  $\pm 100$  kHz im VHF-UHF-Bereich) in der gewählten Auflösung in Echtzeit angezeigt.

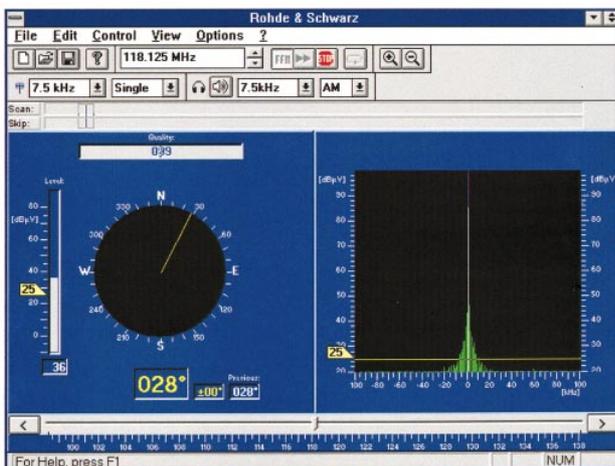


BILD 6 Bedienoberfläche des DDF0xM im Festfrequenz-Betrieb.

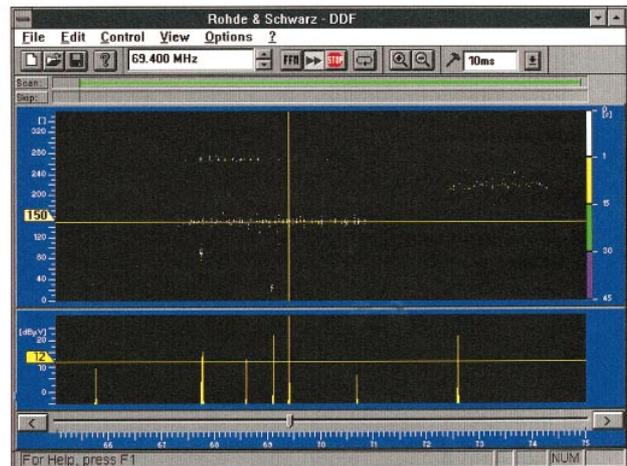


BILD 7 Bedienoberfläche in der Betriebsart Scan.

mittlung der Elevation und damit auch die Ortung der Signalquelle nach dem Prinzip der Single Station Location.

**VHF-UHF-Antennen:** Die für universelle Anwendung konzipierte **ADD150** überstreicht den Frequenzbereich 20 bis 1300 MHz und ist in einem Radom mit 1,1 m Durchmesser und rund 0,2 m Höhe untergebracht. Die kompakten

Antennen prädestinieren die Antenne für den Einsatz auf Fahrzeugen, Schiffen und Flugzeugen. Durch den serienmäßigen Schutz gegen direkte Blitzschläge kann die Antenne auch uneingeschränkt auf hohen Masten und Gebäuden montiert werden. Gesteigerte Genauigkeit und Empfindlichkeit im Frequenzbereich 20 bis 200 MHz bietet die Antenne **ADD050**. Sie ist als Kreisgruppenantenne mit 3 m Durchmesser ausgeführt und kann damit stationär und verlastbar eingesetzt werden. Die Kombination der beiden Antennen durch einen Verbindungsmast führt zur Peilantenne **ADD051** (BILD 5), die den vollen Bereich 20 bis 1300 MHz mit maximaler Genauigkeit und Empfindlichkeit abdeckt.

Wegen seiner kurzen Peilzeit (erforderliche Signaldauer im VHF-UHF-Bereich  $\leq 500$   $\mu$ s, bei Amplituden-Monopuls-Auswertung bis zu 10  $\mu$ s) eignet sich der DDF05M mit Hilfe externer Synchronisation auch zur Peilung von GSM-Signalen. Da beim Korrelationsverfahren im HF-Bereich bei Raumwellenempfang außer dem Azimut auch die Elevation ermittelt wird, kann mit

dem DDF01M auch Ortung nach dem Single-Station-Location-Prinzip betrieben werden (Software-Option).

Außer auf einer festen Frequenz erlauben die Peiler DDF0xM auch Suchbetrieb, bei dem die Vorzüge der für die Spektralanalyse genutzten großen Echtzeitbandbreite voll zum Tragen kommen. Im Scan-Modus (BILD 7) sucht der Peiler einen durch Start- und Stoppfrequenz definierten Bereich mit wählbarer Auflösung ab, wobei nur solche Peilwerte angezeigt werden, die oberhalb einer eingestellten Bewertungsschwelle liegen, und der Suchvorgang beim Erfassen eines Signals nicht unterbrochen wird. Im Gegensatz dazu wird im Search-Modus der Suchprozeß beim Antreffen eines Signals über der Bewertungsschwelle für eine vorwählbare Zeit unterbrochen, damit das erfaßte Signal näher untersucht werden kann. Der Suchprozeß läßt sich aber nicht nur auf Frequenzbereiche anwenden, sondern auch auf individuelle, im Speicher abgelegte Frequenzkanäle (bis zu 1000).

Selbstverständlich können die DDF0xM-Peiler in all ihren Funktionen über be-

liebige Distanzen fernbedient werden, wobei allerdings der Grad der Funktionalität von der auf der Datenstrecke verfügbaren Übertragungsgeschwindigkeit abhängt. Im Ortungsprogramm WinLoc [3] steht ein Treiber zur Verfügung, der im Fixed-Frequency-Modus betriebene DDF0xM-Peiler in dieses Triangulationssystem einbindet.

Franz Demmel; Ulrich Unselt;  
Dr. Eckhard Schmengler

## LITERATUR

- [1] Bott, R.: Digital Direction Finder DDF – Moderne Suchpeilung von 0,5 bis 1300 MHz. Neues von Rohde & Schwarz (1994) Nr. 146, S. 26–28.
- [2] Boguslawski, R.; Egert, H.-J.: VHF-UHF Compact Receiver ESMC – Funkerfassung im VHF-UHF-Bereich leicht gemacht. Neues von Rohde & Schwarz (1993/94) Nr. 143, S. 11–13.
- [3] Alberter, G.; Deutges, H.; Hinkers, G.: Funkortung mit Standard-Software WinLoc. Neues von Rohde & Schwarz (1994) Nr. 144, S. 42–43.

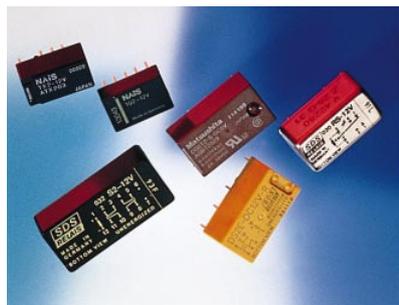
### Kurzdaten Digitale Überwachungspeiler DDF0xM

	DDF01M	DDF05M
Frequenzbereich	0,3...30 MHz	20...1300 (3000) MHz
Peilverfahren	korrelierendes Interferometer, Watson-Watt	
Peilfehler	<1° RMS mit ADD011	<1° RMS mit ADD051
Empfindlichkeit	typ. 1 µV/m mit ADD011	typ. 1 µV/m mit ADD051
Betriebsarten	FFM, Scan, Search	
Echtzeit-Bandbreite	25 kHz	200 kHz
Dynamik	120 dB	
Minimale Signaldauer	<5 ms	<500 µs
Demodulationsarten	AM, FM, SSB	
Anzeigen	FFM	
	Peilwert numerisch und polar, Peilgüte, Pegel, Elevation, Spektrum innerhalb der Echtzeitbandbreite, Peilwert über Zeit (Wasserfalldarstellung)	
Scan	Pegel und Peilwerte über Frequenz, Frequenzspektrum und dessen Zeitabhängigkeit (Wasserfalldarstellung)	

### Näheres Leserdienst Kennziffer 150/07

## Matsushita-Relais im Audio Analyzer UPD messen Audiotechnik der Spitzenklasse

„Wenn die Klangwellen von HiFi-Geräten oder Verstärkern gemessen werden, sind nicht selten Relais im Spiel. So auch im Audio Analyzer UPD der Firma Rohde & Schwarz – einem kompakten, universellen Meßgerät zur Ermittlung sämtlicher



Audioparameter an analogen und digitalen Schnittstellen. Die herausragende Qualität dieses Geräts mit integriertem PC ist vor allem auf seine digitale Technologie zurückzuführen.“ Dieses Loblied auf unseren Audio Analyzer UPD fanden wir in einem Applikationsbericht in der „newsline“ (Nr.1/Mai 1995) der Matsushita Automation Controls Deutschland GmbH.

Matsushita Automation Controls ist eine weltweit operierende Unternehmensgruppe, die Präzisionskomponenten sowie Systeme zur Fabrikautomation vertreibt und ist ein Tochterunternehmen der Matsushita Electric Works Ltd., Japan, einem der größten Elektrokonzerne der Welt. Das Produktionsprogramm umfaßt Relais, Timer und

## Referenz



Zähler, Schalter und Steckverbinder, Sensoren, speicherprogrammierbare Steuerungen und Bildverarbeitungssysteme. Sö

## UHF-TV-Transistorsender NH500

# Die neue Referenz für Fernsehsender: ecoTV

Etwa ein Jahr nach den TV-Transistorsendern für TV-Bereich III bringt Rohde & Schwarz die TV-Transistorsenderfamilie NH500 für Bereich IV/V auf den Markt. Dank des Baukastenprinzips lassen sich einfach und kostengünstig Sender für Leistungen von 5 bis 30 kW und alle denkbaren Reservekonzepte sowie verschiedene Standards aufbauen.



BILD 1 UHF-TV-Transistorsender NH500, der Fernsehsender mit dem Beinamen ecoTV.

Die neuen UHF-TV-Transistorsender der Typenreihe NH500 (BILD 1), die Rohde & Schwarz beim TV-Symposium '95 in Montreux präsentierte [1], arbeiten wie auch die VHF-Transistorsender NM..5 [2] mit dem Steuersender SD200. Dieser vollständig elektronisch abstimmbare Steuersender ist für Farbfernsehsignale in PAL, PALplus, NTSC oder SECAM sowie für Zweiton- und Stereobetrieb ausgelegt (IRT oder Nicam). Er treibt ohne zwischengeschalteten Vorverstärker direkt die Verstärkereinschübe für Bild und Ton (BILD 2). Die Vielfachredundanz aller HF-Leistungsstufen und Netzgeräte (viele gleiche Module im Einschub) bietet auch bei Betrieb mit nur einem Einzelsender sehr hohe Sendebetriebsicherheit.

Den Beinamen „ecoTV“ verdankt der Sender seinem geringen Leistungsverbrauch, seinem geringen Platzbedarf und dem geringen Logistikaufwand durch baugleiche Bild- und Tonverstärker. Daraus ergeben sich Einsparungen in den laufenden Betriebskosten und bei den Kosten der Infrastruktur. Als **Hauptmerkmale** der Transistorsender NH500 sind zu nennen:

- klarer, übersichtlicher modularer Aufbau,
- Leistungsstufen 5/7,5/10/15/20/30 kW,
- keine Signalverschlechterung bei Ausfall oder Entnahme von Verstärkereinschüben,
- Selbstschutzeinrichtungen in jedem Verstärker- und Netzteileinschub,
- patentierte R&S-Schaltungen für Leistungsregelung, Phasensteller und dynamische Kennlinienentzerrung,

- Steuersender mit Vorentzerrung nichtlinearer Endstufenkennlinien, geregelter Ausgangsleistung für Bild und Ton, geregelten Modulationsignalen, Synthesizer, Präzisionsoffset, Restseitenbandfilter in SAW-Technologie, Synchronimpulsregenerierung, Zweiton-Codierung, Speicher für vier Sendergrundeinstellungen einschließlich Vorentzerrung,
- getrennte Bild- und Tonverstärkung,
- breitbandige Verstärker und Leistungskoppler von 470 bis 860 MHz,

- bipolare Hochleistungs-Doppeltransistoren,
- niedrige Sperrschichttemperatur der Endstufentransistoren ( $< 120^{\circ}\text{C}/\text{APL} = 50\%$ ),
- Netzteil mit primär getakteten Schaltreglern und sehr hohem Wirkungsgrad,
- Mikroprozessor-Steuerung für Betrieb, Überwachung, Fernbedienung,
- integrierte Ablöseautomatiken für Option „Passive Vorstufenreserve“, „Aktive Endstufenreserve“, „Passive Senderreserve“,
- sehr geringe Wärmeabgabe an den Senderaum durch Druck- und Sauglüftung,
- hoher Senderwirkungsgrad,
- optional PAL-, PALplus-, NTSC- oder SECAM-Übertragung,
- optional parallele oder serielle Fernschnittstelle.

## Mechanischer Aufbau und Funktion

Die konsequent schnittstellenabgestimmte Modulbauweise gestattet nahezu alle Senderkonfigurationen in bezug auf Aufstellungsort und Reservekonzept des Kunden. Mechanisch teilt sich der Sender in **Trägergestell Steuersender** für Steuersender SD200, Sendersteuerung mit Anzeige-Display und Fernschnittstelle, Bild-Ton-Weiche und Farbträgerfalle sowie **Trägergestell Leistungsverstärker** für Bild- und Tonverstärker inklusive Leistungskoppler, Absorber, Stromversorgung und Oberwellenfilter. Ein Leistungsverstärkergestell kann bis zu zehn Einschübe entsprechend einer Bildleistung von 10 kW und einer Tonleistung von 1,8 kW aufnehmen. Für größere Leistungen werden einfach weitere Trägergestelle mit Verstärkereinschüben angereicht. Eine Überwachungseinheit je Gestell meldet die Betriebszustände an die zentrale Sendersteuerung.

Die **Verstärker- und Netzteileinschübe** sind automatisch gesteckt (Versorgungsspannung, HF-Eingang, HF-Ausgang, Steuer- und Überwachungsbuss). Verstärker- und Netzteileinschübe können ohne Betriebsunterbrechung ausgetauscht werden. Nach Lösen einer Sicherungsklinke am Netzteileinschub wird die Versorgungsspannung und damit die HF-Leistung des zu entnehmenden Verstärkereinschubs blockiert – der Einschub kann leistungslos gezogen werden. Netzteil und Verstärkereinschub bilden zusammen einen Luftkanal. Das Verstärkergestell kommt daher mit einem energiesparenden Niederdruck-Luftkühlsystem aus.

Die HF-Leistung der **Bildverstärker- und Tonverstärkereinschübe** im Gestell fassen in Triplate-Technik aufgebaute 0°-Koppler zusammen. Die zugehörigen Absorber sind auf einem Kühlkörper direkt im Senderkühlluftstrom montiert. Bild- und Tonleistung werden über einen Diplexer auf die gemeinsame Antennenleitung geführt. Eine Farbträgerfalle für Signale im

Abstand  $-4,43$  und  $-8,84$  MHz vom Bildträger verhindert Nebenaussendungen im unteren Restseitenband. Blitz-einschläge in die Antenne hält ein integrierter Blitzableiter vom Senderausgang fern.

Die **Mikroprozessor-Sendersteuerung** sorgt für die folgerichtige Einschaltung, Überwachung, Display- und LED-Anzeige sowie Fernbedienung des Senders. Die Hardware zur Steuerung einer „Passiven Vorstufenreserve“ oder „Aktiven Endstufenreserve“ oder „Passiven Senderreserve“ ist bereits integriert. Zur Aktivierung benötigt man nur noch die HF-Schalter mit Steuer- und HF-Kabel und Software.

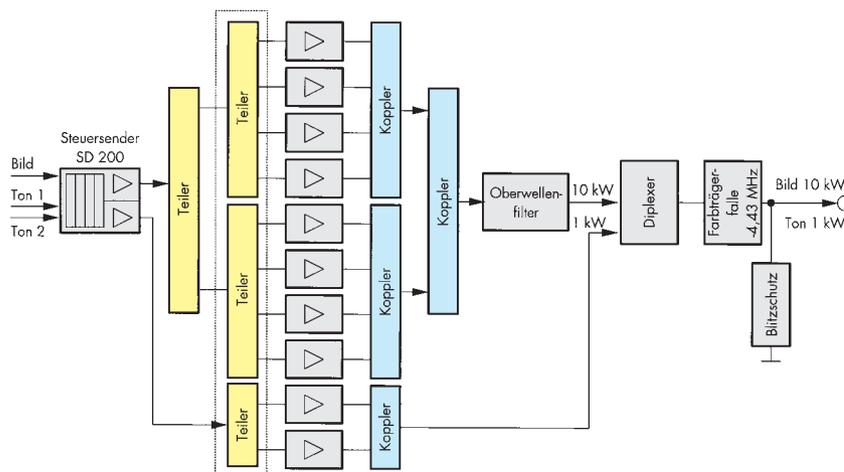
## Steuersender und 1,5-kW-Breitband-Verstärker

Der **Steuersender SD200** erzeugt normgerechte HF-Bild- und HF-Tonsignale, regeneriert die Synchronimpulse und enthält Entzerrer für lineare, nichtlineare und dynamische Endstufenfehler. Er ist für Split- oder Combined-Betrieb ausgestattet und zweitonfähig nach dem IRT- und Nicam-Verfahren. Der Steuersender ist vollständig über Software elektronisch einstellbar. Alle Parameter wie Grundeinstellung der Pegelung oder endstufenspezifische Vorentzer-

runger werden von der Anzeigeneinheit aus per Tasten und Rollkeys ausgeführt und netzausfallsicher gespeichert. Für besondere Betriebszustände, etwa Betrieb mit reduzierter Leistung, für Reparaturfälle oder  $(n+1)$ -Reserve können vier Konfigurationen festgelegt werden. Diese beinhalten zum Beispiel Einstellwerte für Pegel, Linearität und Gruppenlaufzeit. Der Steuersender kann mit Kommando auf eine neue Konfiguration eingestellt werden.

**Bild- und Tonverstärker** sind baugleich. Der Verstärkereinschub ist für 1,5 kW Synchronspitzenleistung und für 900 W CW- oder Spitzen-Tonleistung (Zweitontbetrieb) ausgelegt. Er gliedert sich in geregelten Vortreiber mit integriertem Eingangspegelwächter, Pegel- und Phasensteller sowie A-Treiberstufe für die AB-Treiber der AB-Endstufentransistoren. Acht voneinander entkoppelte Endstufenmodule mit einer Typenleistung von 220 W werden zur Nennleistung von 1,5 kW (Bild) beziehungsweise 900 W (Ton) zusammengeschaltet. Die Gesamtverstärkung des Einschubs beträgt etwa 53 dB. Der Leistungskoppler mit integrierten Meßrichtkopplern für Überwachung und Monitoring ist als abgleichfreie Druckschaltung aufgebaut. Die HF-Verstärker arbeiten mit Standardtransistoren; derzeit stehen Transistoren von vier namhaften Transistorherstellern zur Auswahl; diese können ohne Änderung von Bauteilbestückung oder Abgleich eingesetzt werden.

BILD 2 Prinzipschaltbild des 10-kW-TV-Senders NH510.



Die Verstärkereinschübe sind für Streß-Betrieb wie Fehlanpassung bei VSWR 1,5, Dauer-Schwarzbild und Zulufttemperatur bis +45 °C ausgelegt. Ein Überwacher, aufgebaut in moderner SMD-Technologie, schützt den Verstärker vor Überlastung und meldet der Sendersteuerung den Betriebszustand des Einschubs. Die patentierte Leistungsregelschaltung verhindert bei Ausfall eines 220-W-Leistungsmoduls ein Hochregeln der übrigen 220-W-Module. Alle Leistungsmodule verbleiben auf gleichem Pegel und Arbeitspunkt. Daher ändern sich die Verzerrungen nicht, der Betrieb behält die gleichen Qualitätsdaten. Auf der Einschubfrontseite melden LEDs Verstärkerdefekt, VSWR > 1,5, Verstärkerübertemperatur und HF-Pegel am Verstärkereingang außer Toleranz. Zudem können der HF-Ausgangspegel, die HF-Phase und die HF-Schwelle der Ausgangsleistung eingestellt werden.

## Sendersteuerung, Überwachung und Ablöseautomatik

Die Sendersteuerung ist die Schaltzentrale des Senders. Sie sorgt für den folgerichtigen Ablauf der Einschaltung von Lüfteranlage, Netzteil und Steuerleistung. Zudem überwacht sie den Luftstrom, die Ein- und Austrittstemperatur sowie den Betriebszustand der HF-Leistungseinschübe, der Netzgeräte und des Gesamtsenders. Voll integriert sind weiterhin eine Ablöseautomatik für „Passive Vorstufenreserve“, „Passive Senderreserve“ und „Aktive Endstufenreserve“ mit entsprechenden Bedienfeldern. Diese werden durch passende Frontplattenabdeckung und Software aktiviert.

Ein übersichtliches Display erlaubt die gleichzeitige Anzeige von drei frei wählbaren Betriebsparametern. Angezeigt werden Bild-, Ton-1- und Ton-2-Leistung oder reflektierte Leistung Bild, reflektierte Leistung Ton, Zulufttemperatur, Ablufttemperatur, Absorberleistung Diplexer usw. Einen aktuellen Fehler zeigt das Display in der Statuszeile. Alle Grundeinstellungen wie Leistungs-

pegel, HF-Schwellen oder Temperaturwarnschwelle der Abluft werden per Tasten und Rollkeys ausgeführt und netzausfallsicher gespeichert. Bis zu 40 Senderstörungen mit Datum und Uhrzeit finden im Tiefenspeicher Platz und können bei Bedarf angezeigt werden. An der Fernwirkschnittstelle stehen alle nach Pflichtenheft relevanten Meldungen und Kommandos optional parallel (Relaistechnik 1864-1) oder seriell (Bitbus/IEC864-2) zur Verfügung.

## Stromversorgung und Senderkühlung

Zwei Verstärkereinschübe werden jeweils von einem Netzteilanschub versorgt. Für höchste Zuverlässigkeit enthält der Leistungsteil des Einschubs drei identische, getrennt arbeitende, primär getaktete Schaltregler für die Kollektorstromversorgung sowie zwei Gleichspannungswandler zur Basisstromversorgung der HF-Transistoren. Die hohe Schaltfrequenz von etwa 100 kHz ermöglicht ein Minimum an Baugröße und Gewicht bei gleichzeitig hohem Netzteil-Wirkungsgrad von rund 86%. Integrierte Überwacher schützen das Netzgerät gegen Überstrom, Überspannung und Übertemperatur.

Die mit Computersimulation optimierten Kühlkörper für Verstärker- und Netzteilanschub mit sehr geringem Druckabfall erlauben den Einsatz leistungssparender Niederdrucklüftersysteme. Die Zu- und Abluft kann dem Sender von oben oder unten zugeführt werden.

## Digitale Signalübertragung

Für künftige digitale TV-Signalübertragung ist der Sender ebenfalls vorbereitet. Im Steuersender brauchen lediglich die Baugruppen Bildmodulator und Überwacher gegen entsprechend modifizierte Baugruppen ausgetauscht zu werden. Der Vorentzerrer für die AB-Endstufen kann COFDM-Signale entzerren (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex). Leistungs- und Pegelwächter im Verstärker sind ebenfalls für eine Umstellung vorbereitet.

Hans Seeberger

### LITERATUR

- [1] Nies, J.: Weltpremiere beim TV-Symposium in Montreux für die UHF-TV-Transistorsender NH500. Neues von Rohde & Schwarz (1995) Nr. 149, S. 46.
- [3] Seeberger H.: 10-kW-VHF-TV-Transistorsender NM145E – Der volltransistorierte und breitbandige TV-Hochleistungssender. Neues von Rohde & Schwarz (1994) Nr. 146, S. 4–6.

### Kurzdaten UHF-TV-Transistorsender NH500

Frequenzbereich	470... 860 MHz
Ausgangsleistung Bild	5/7,5/10/15/20/30 kW
Ausgangsleistung Ton	0,5/0,75/1/1,5/2/3 kW
Ausgangsimpedanz	50 Ω
Standard	B/G, M/N, D/K, I (andere auf Anfrage)
Netzanschluß	3 x 230/400 V, 47... 63 Hz
HF-Ausgang	RL 68 bzw. RL100, je nach Leistung

**Näheres Leserdienst Kennziffer 150/08**

## 150-W-HF-Dipol HX002A1

# Die Antenne für zuverlässige Kurzwellenverbindungen

**Auch im Zeitalter von Glasfaser- und Satellitenverbindungen gibt es Bedarf für weitere Kommunikationsmedien. Erfahrungen in Krisensituationen zeigen, daß auch bei sehr breitbandigen und leistungsstarken Satellitenverbindungen Engpässe entstehen können. Die Kurzwelle kann sich nach wie vor als Nachrichtenträger mit vielen Vorteilen empfehlen – und mit ihr der HF-Dipol HX002A1 von Rohde & Schwarz.**



BILD 1  
150-W-Kurzwellen-  
dipol HX002A1.  
Foto 410579

Unabhängigkeit von einer Infrastruktur, kostenloses Übertragungsmedium und große Fortschritte bei der Entwicklung sicherer Übertragungsverfahren haben die Kurzwelle in vielen Fällen zu einem wertvollen Informationsträger gemacht. Die Antenne hat dabei einen entscheidenden Einfluß auf die Übertragungsqualität. Verluste an dieser Stelle der Übertragungskette können nicht mehr wettgemacht werden. Deshalb zahlen sich Investitionen in modernste Antennen immer aus. Besonders in der 100-W-Klasse kommt es darauf an, keine Strahlungsleistung durch vermeintlich billige Typen zu verschenken. Da moderne Übertragungsverfahren oft mit einer großen Bandbreite arbeiten, kommt der Antenne zur Erzielung eines ausreichenden Signal/Rausch-Abstandes immer größere Bedeutung zu.

Mit dem 150-W-HF-Dipol HX002A1 (BILD 1) stellt Rohde & Schwarz der bewährten Antenne HX002 für 1 kW [1] eine nach neuesten Gesichtspunk-

ten gestaltete Version für die 100-W-Klasse zur Seite. Problemlose und kostengünstige Montage, optimierte Strahlungseigenschaften und maximale Zuverlässigkeit zeichnen sie aus.

Für den Nutzer der Kurzwelle steht die Verfügbarkeit der Kommunikationsverbindung im Mittelpunkt des Interesses. Antennen mit optimierten Antennenkonstruktionen wie Strahlungscharakteristik und Gewinn leisten dabei einen entscheidenden Beitrag. Die Strahlungscharakteristik muß auf die zeit- und frequenzabhängigen Beugungseigenschaften der Ionosphäre und auf Orientierung und Länge der Nachrichtenverbindung abgestimmt sein: Entfernungen bis zu einigen hundert Kilometern erfordern steile Abstrahlwinkel und tiefe Betriebsfrequenzen; größere Distanzen verlangen nach flachen Abstrahlwinkeln und höheren Betriebsfrequenzen [2]. Problematisch sind dabei vor allem die kurzen und mittleren Entfernungen, da die hierfür verwendbaren

tiefen Frequenzen dem Wunsch nach einer kompakten Antenne naturgemäß entgegenstehen. Vielfach hat man sich hier mit Stab- und Schleifenantennen beholfen. Die Nachteile dieser Lösungen gegenüber dem HF-Dipol HX002A1 verdeutlicht BILD 2. Trotz akzeptabler Gewinnwerte der Stabantenne verhindert die Nullstelle im Zenit der Strahlungscharakteristik eine wirksame Steilstahlung; es kommt zur Ausbildung der sogenannten „Toten Zone“. Schleifenantennen weisen zwar nach oben gerichtete Strahlung auf,

der Wirkungsgrad und damit der Gewinn lassen jedoch bei den Abmessungen lieferbarer Antennen zu wünschen übrig.

Dipolantennen, horizontal in ausreichender Höhe über Grund angeordnet, bieten bei verlustarmer Ausführung die gewünschte Strahlungscharakteristik bei zufriedenstellendem Gewinn. Allerdings verlangen kompakte, im Vergleich zur Betriebswellenlänge kleine Antennen mit hohem Wirkungsgrad verlustarme Abstimmnetzwerke, damit die Anpassung an das Speisekabel beziehungsweise an den Senderinnenwiderstand sichergestellt ist. Diese Netzwerke müssen in größeren Frequenzbereichen – beispielsweise für Systeme mit automatischem Verbindungsaufbau – in Sekundenbruchteilen vollautomatisch abgestimmt werden können. Breitbandlösungen in Form von mit Widerständen bedämpften Dipolen (realisiert als Belasteter Dipol, Terminated Folded Dipole, Inverted-V,

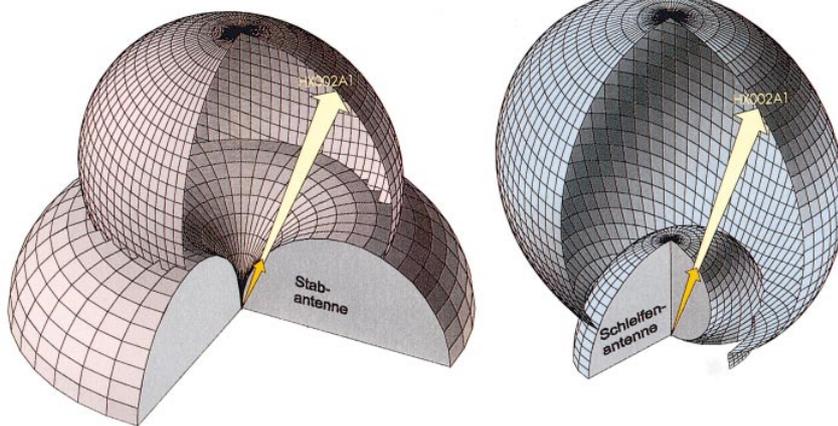


BILD 2 Räumliche Strahlungsdiagramme von Stabantenne, Schleifenantenne und HX002A1 bei  $f = 3$  MHz. Links: maßstäblich die Gesamtcharakteristik der HX002A1 im Vergleich zu der einer Stabantenne. Rechts: Relation zwischen der Charakteristik einer Schleifenantenne von 1,4 m Seitenlänge und der HX002A1. Die Pfeile geben eine typische Richtung für eine Verbindung über mittlere Entfernung an. Die Pfeillänge ist ein Maß für die erzeugte Feldstärke.

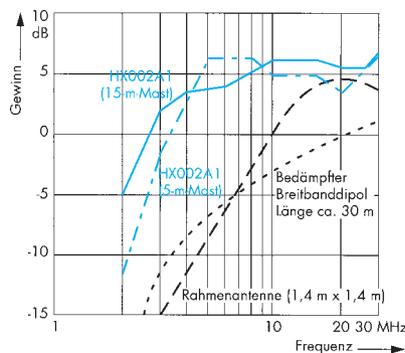
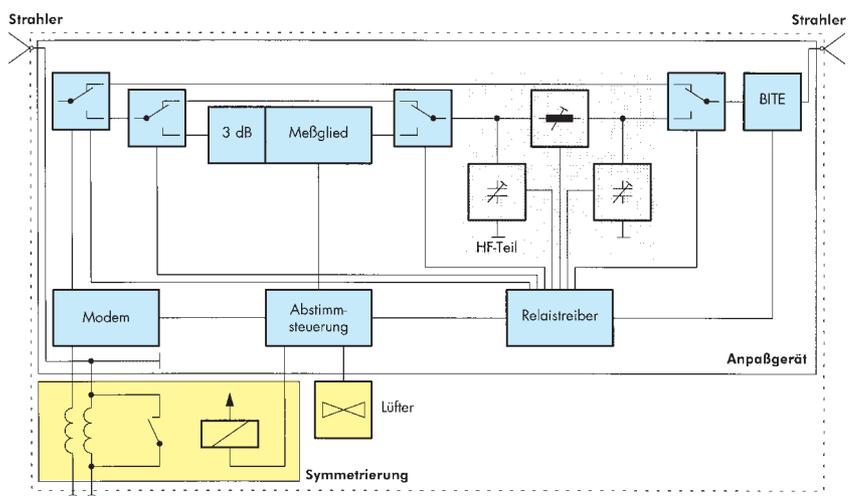


BILD 3 Gewinnwerte verschiedener Kurzwellenantennen.

- Ein-Mast-Montage,
- kompakte Abmessungen,
- hohe Gewinnwerte,
- kein Steuerkabel erforderlich,
- Einstellzeit unter 30 ms.

Erreicht werden diese hervorragenden Eigenschaften durch Integration des Anpaßnetzwerks in die Speisezone des Dipols und den Einsatz modernster Mikroelektronik. Das geringe Gewicht von nur 35 kg zusammen mit der selbsttragenden Ein-Mast-Konstruktion mit nur 10 m Spannweite prädestinieren die Antenne für Einsatz unter Platzbeschränkungen, wie beispielsweise auf Dächern in eng bebauten Gebieten. Dafür bietet Rohde & Schwarz den Mast KM002A1 mit 5 m Höhe an,

BILD 4 Prinzipschaltung des HF-Dipols HX002A1.



für Aufbauten über Erdboden oder sehr großen Dachflächen steht der 15-m-Mast KM451B2 zur Verfügung.

Mit der unteren Grenzfrequenz von 1,5 MHz wird der Einsatzbereich der Antenne gegenüber üblichen HF-Steilstrahlern wesentlich erweitert: Unterhalb von 2 MHz ist die Antenne so ausgelegt, daß sie überwiegend Bodenwellen anregt. Dadurch wird die Verfügbarkeit von Funkverbindungen bis zu Streckenlängen von etwa 100 km weiter gesteigert. Das resultiert aus der Unabhängigkeit dieser sich längs der Erdoberfläche ausbreitenden Wellen vom Ionosphärenzustand.

## Aufbau

Im kompakten Antennenkopf des HF-Dipols HX002A1 sind die Strahler befestigt und die automatisch arbeitende Anpaßeinheit sowie die Symmetrierung untergebracht (BILD 4). Die Abstimmeelemente des HF-Teils bestehen aus einer Reihe verlustarmer Kondensatoren und Luftspulen, deren Werte binär gestaffelt sind. Die Abstimmsteuerung mit deren Herzstück, einem Mikrocontroller, sorgt für eine schnelle und lückenlose Abstimmung. Die typische Abstimmzeit bei unbekanntem Frequenzbereich beträgt 3 s. In einem Lernspeicher werden die Abstimmeeinstellungen für bis zu 1500 Frequenzen nichtflüchtig gespeichert; die Zeit für Wiederholabstimmungen wird somit auf typisch

Delta-Antenne usw.) weisen selbst bei wesentlich größeren Abmessungen kaum akzeptable Gewinnwerte auf (BILD 3 [3]). Außerdem macht die erforderliche Infrastruktur – wie zwei Maste, zusätzliche Fundamente oder Verankerungspunkte auf Nachbargebäuden – den Vorteil einer relativ preisgünstigen Antennenausführung häufig zunichte.

Der **150-W-HF-Dipol HX002A1** erfüllt die genannten Forderungen in bisher nicht gekannter Vollständigkeit; seine wesentlichen **Merkmale** sind:

200 ms drastisch reduziert. Bei dem ebenfalls möglichen Kanalbetrieb werden vorher gelernte Abstimmstellungen ohne Nachstimmung direkt eingestellt. Hier sinkt die Einstellzeit noch einmal auf weniger als 30 ms.

Eine eingebaute Selbsttest- und Überwachungseinheit (Built In Test Equipment, BITE) meldet jeden unzulässigen Betriebszustand an den angeschlossenen Transceiver. So kann die Antenne bei Auftreten von Übertemperatur, Überspannung und Überstrom geschützt werden. Bemerkenswert ist die Verbindung zum Transceiver oder Anschlußgerät: Die Versorgungsspannung, die Hochfrequenz und die Steuersignale werden über ein einziges einadriges Koaxialkabel übertragen. Weil man so ohne zusätzliches Steuerkabel auskommt, wird der Aufbau der Antenne besonders einfach und kostengünstig.

## Einsatz

Die Antenne HX002A1 kann mit praktisch jedem 100-W-Kurzwellentransceiver betrieben werden (BILD 5) – besonders einfach mit Geräten von Rohde & Schwarz. Damit ist die Antenne die ideale Ergänzung der HF-Funkgerätfamilie XK2000 mit all ihren Vorteilen [4]. Bei Anlagen mit dem XK852 sorgt das **Anschlußgerät GX002A1** für die Integration der Antenne in das Bedienkonzept des Transceivers. Es ist in keinem Fall eine extra Bedienung der Antenne erforderlich, sie wird immer vollautomatisch durch den Transceiver gesteuert. Dies gilt selbstverständlich auch für Anlagen, die den ALIS-Prozessor von Rohde & Schwarz zum automatischen Verbindungsaufbau benutzen.

Grundsätzlich kann jede vorhandene 100-W-Kurzwellenanlage von den Vorteilen der HX002A1 profitieren. Das Anschlußgerät GX002A1 fungiert hierbei als Bindeglied zwischen einem 100-W-Transceiver anderen Fabrikats und der Antenne. Die **Bedienung der Antenne** beschränkt sich dann auf drei Funktionen:

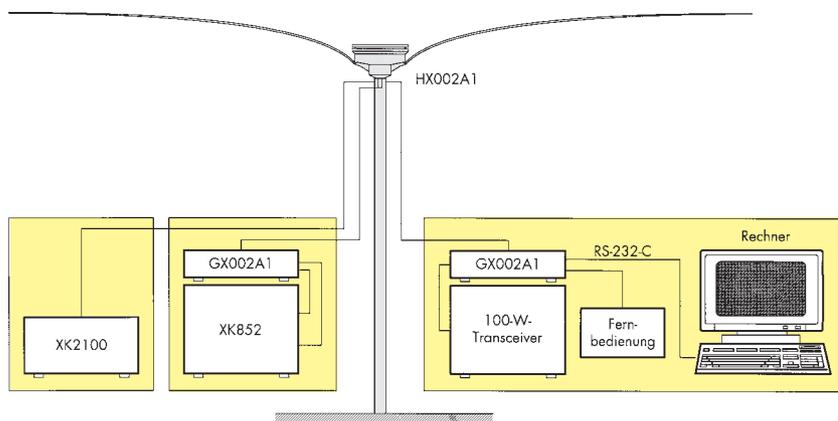


BILD 5 Einsatzmöglichkeiten des Dipols HX002A1.

- Auslösen einer Abstimmung,
- Wahl des Empfangsmodus (Schmalbandbetrieb, Breitbandbetrieb),
- Auslösen des Selbsttests und Anzeige des Testergebnisses beziehungsweise der kontinuierlichen Überwachung wichtiger Größen in der Antenne.

Diese Bedienvorgänge lassen sich am Anschlußgerät selbst, von einer Fernbedienung oder von einem PC über eine RS-232-C-Schnittstelle vornehmen. Über diese Schnittstelle sind auch die Stumm-Abstimmung und der Kanalaufwurf möglich. Wenn in der Antenne ein unzulässiger Betriebszustand eintritt, wird dies an beide Schnittstellen gemeldet, so daß Vorkehrungen zum Schutz der Antenne (z. B. Abschalten

der HF) getroffen werden können. Somit läßt sich die Antenne auch in bereits vorhandene Kurzwellenanlagen rasch und einfach integrieren.

Franz Demmel; Axel Klein

## LITERATUR

- [1] Demmel, F.: HF-Sendedipol HX002. Neues von Rohde & Schwarz (1985) Nr. 112, S. 39–40.
- [2] Stark, A.: Ausbreitung elektromagnetischer Wellen. Neues von Rohde & Schwarz (1986) Nr. 112 bis 115 (Repetitorium).
- [3] Belrose, J.S.; Royer, G.M.; Petrie, L.E.: HF Wire Antennas over Real Ground: Computer Simulation and Measurement. AGARD Lecture Series No. 165, 1989.
- [4] Helmke, B.; Wachter, G.: HF-Sender/Empfänger XK2100 – Kurzwellen digital, die zukunftssichere Weitverbindung. Neues von Rohde & Schwarz (1994) 144, S. 4–7.

### Kurzdaten 150-W-HF-Dipol HX002A1

Frequenzbereich	1,5...30 MHz
Zulässige HF-Leistung	150 W PEP, 100 W CW
Erforderliche Abstimmleistung (bei Nicht-R&S-Sendern)	50...100 W
Eingangsimpedanz	50 Ω
Welligkeit	≤ 1,5 (typ. 1,3)
Abstimmzeit	neu typ. 3 s, Wiederholung typ. 200 ms, stumm ≤ 30 ms
Dipollänge/Gewicht	10,7 m/ca. 35 kg
Abstimmgerät GX002A1	
Versorgung	Batt. 22...32 V, Netz 100/120/220/230 V ± 10%
Gewicht	8,5 kg

### Näheres Leserdienst Kennziffer 150/09

# Testsignale für digitales Fernsehen

Das digitale Fernsehen ist stark im Kommen. Herkömmliche Fernsehempfänger sind für die digitalen Signale nicht geeignet, neue Empfänger oder zumindest Zusatzgeräte werden gebraucht. Die Entwicklung ist bei allen auf diesem Gebiet engagierten Herstellern in vollem Gange. Man benötigt natürlich auch Signalquellen, die definierte Testsignale liefern. Hier bietet sich die Gerätekombination Arbitrary Waveform Generator ADS [1] und Signalgenerator SMHU58 mit I/Q-Modulator [2; 3] an (BILD 1).

Satellitenübertragung gewählt. Die mögliche Datenrate hängt dabei ab von der zur Verfügung stehenden Transponder-Bandbreite des Satelliten und dem gewünschten Fehlerschutz der Digitalübertragung. Die Transponder-Bandbreite beträgt beim Astra 1D beispielsweise 33 MHz und wird bei den Nachfolgesatelliten auf über 50 MHz erweitert. Um hier möglichst flexibel zu sein, hat man eine ganze Reihe von Datenraten standardisiert, die von etwa 40 bis über 80 Mbit/s reichen. Je höher die Bandbreite, desto höher die

Verhältnis aufweist, kann man hier zu einer höherstufigen Modulation greifen. Man hat eine 16QAM, eine 32QAM oder sogar eine 64QAM zur Verfügung, mit der man in jedem Modulationsschritt 4, 5 oder 6 Bits anstelle der 2 Bits bei QPSK übertragen kann. Auf diese Weise erreicht man Datenraten bis zu 42 Mbit/s in einem 8-MHz-Kanal (BILD 3).

Die Ausstrahlung des digitalen Fernsehens über **terrestrische Fernsehsender** hat mit einer Kombination der Probleme des terrestrischen digitalen Hörfunks (DAB) und des Kabelfernsehens fertig zu werden. Zum einen tritt wie bei DAB der Mehrwegeempfang auf, zum anderen sind die zur Verfügung stehenden Frequenzen in 7 beziehungsweise 8 MHz breite Kanäle eingeteilt. Man ist hier gerade dabei, auch die Modulationsarten dieser beiden Systeme zu kombinieren: COFDM mit 64QAM der einzelnen Träger (BILD 4). Da die Bandbreite des Signals breiter sein darf als bei DAB, kann man die Trägeranzahl erhöhen. Im Moment denkt man an bis zu 6785 Träger im Abstand von rund 1,1 kHz. Damit erreicht man in etwa die Datenrate im Kabelnetz von 42 Mbit/s in einem 8-MHz-Kanal beziehungsweise 7/8 davon (35 Mbit/s) in einem 7-MHz-Kanal.

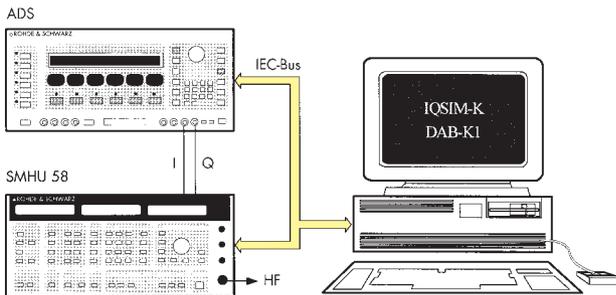


BILD 1  
Messaufbau zur Testsignalgenerierung für das digitale Fernsehen.

## Übertragungswege bei DVB

Beim digitalen Fernsehen DVB (Digital Video Broadcasting) gibt es drei Verbreitungswege: die Übertragung über Satelliten, die Einspeisung in Kabelnetze und die terrestrische Ausstrahlung über TV-Sender. Diese Übertragungswege unterscheiden sich aber in ihrer Charakteristik so gravierend, daß man auch drei unterschiedliche Modulationsverfahren standardisieren mußte.

mögliche Bitrate. Mit höherer Bitrate können mehr Programme gleichzeitig übertragen werden (BILD 2).

Bei der Einspeisung in **Kabelnetze** tritt ein Problem auf: Die bestehenden Kabelnetze haben eine Bandbreite von 8 MHz, die man nicht mehr ohne weiteres ändern kann. Das neue Medium Digitalfernsehen muß sich also den Gegebenheiten anpassen und mit einer Bandbreite von 8 MHz auskommen. Mit einer QPSK-Modulation wie beim Satellitenfernsehen wäre nur eine Datenrate von 8 Mbit/s möglich gewesen. Da die Datenübertragung im Kabelnetz aber recht ungestört ist und zudem ein sehr gutes Signal/Rausch-Ver-

Eine **Satellitenübertragung** verhält sich im Prinzip wie eine Richtfunkstrecke. Hierfür hat sich seit langem QPSK als Modulationsverfahren bewährt. Diese Modulationsart wurde auch für die Sa-

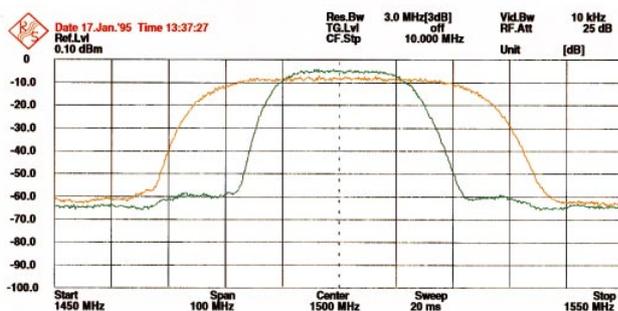


BILD 2  
Spektrum von DVB-Signalen über Satelliten.

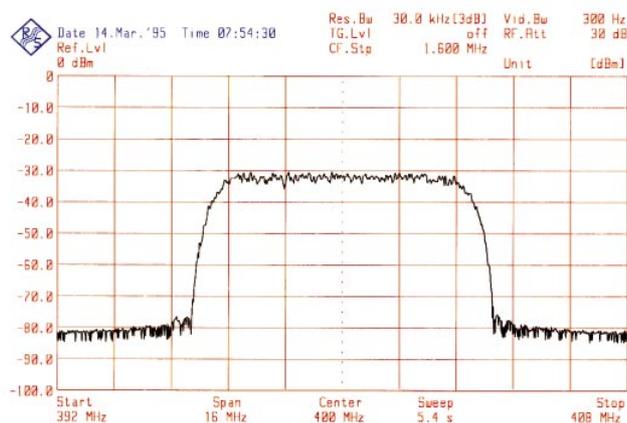


BILD 3 DVB-Signal für das Kabelnetz.

man die Signale mit IQSIM-K oder mit DAB-K1.

Die **Software IQSIM-K** beherrscht nahezu sämtliche Modulationsarten, mit denen Daten auf einem einzelnen Träger übertragen werden können: FSK, PSK und natürlich die hier besonders interessierenden Modulationsarten QPSK und 16/32/64QAM. Die wählbare Filterung der Datenflanken nach dem in der DVB-Norm vorgeschriebenen  $\sqrt{\cos}$ -Abfall ist ebenso vorhanden und kann flexibel eventuellen Normänderungen und Ergänzungen angepaßt werden. Besonders interessant für Entwicklungslabors dürfte die Möglichkeit sein, dem an sich sehr sauberen Modulationssignal gezielt Störungen aufzuprägen, zum Beispiel überlagertes Rauschen für Bitfehlerratenmessungen, oder Modulationsfehler, wie sie durch nichtideale I/Q-Modulatoren der Sender entstehen können. Die vielfältigen eingebauten Signalanlysemöglichkeiten, wie Spektrumsdarstellung des modulierten Signals, Eye-Pattern, Vektordarstellung und die Darstellung der I/Q-Signale lassen die Simulation des modulierten Signals bereits im PC zu. Nach dem Transfer der Signale zum ADS stehen diese sofort zur Modulation des SMHU58 zur Verfügung.

COFDM-Signale für das terrestrische digitale Fernsehen erfordern eine völlig andere Art der Berechnung und Handhabung. Aus diesem Grund wurde für diese Signale die **Software DAB-K1**

entwickelt. Die Anzahl der zu erzeugenden Träger läßt sich von 2 bis 8190 einstellen, der Trägerabstand kann frei gewählt werden. Die Phasenlagen und Amplitudenwerte der einzelnen Träger können aus einem Daten-File eingelesen werden. Über ein solches File wird zum Beispiel ein DVB-Signal für das terrestrische digitale Fernsehen erzeugt. Die Amplitudenaufösung beträgt dabei 12 bit und reicht auch für eine eventuelle 256QAM der einzelnen Träger aus. Aus den vorgegebenen Phasen- und Amplitudenwerten berechnet das Programm den Zeitverlauf eines Signals, dessen Spektrum nach der I/Q-Modulation genau die vorgegebenen Werte aufweist. Natürlich lassen sich auch bei DAB-K1 Störungen gezielt vorgeben. Zur Simulation von Fading kann beispielsweise eine gewisse Anzahl von Trägern unterdrückt werden oder eine zufällige Störung der Amplituden beziehungsweise Phasenlagen aufgebracht werden. Ein besonderes Problem dieser Signale sind kurzzeitig auftretende, hohe Amplitudenspitzen, deren Begrenzung sich simulieren läßt.

Soll eine Folge von COFDM-Symbolen simuliert werden, wie es ja einem Hörfunk- oder Fernsehprogramm entspricht, werden einfach mehrere Symbole nacheinander berechnet und im ADS gespeichert. Bis zu 25 unterschiedliche Symbole (oder insgesamt 64 k Datenworte) haben im ADS Platz. Aus diesen Symbolen stellt man dann eine Sequenz zusammen, in der einzel-

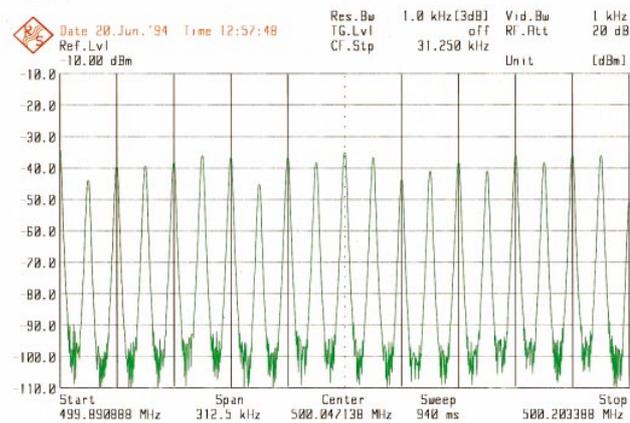


BILD 4 Ausschnitt aus dem Spektrum eines terrestrischen DVB-Signals (COFDM mit 64QAM).

ne Symbole auch mehrfach vorkommen dürfen. DAB-K1 kann auch eine Sequenz mit einer zufälligen Symbolfolge bilden. Die Sequenz wird in den ADS übertragen und ruft dann die einzelnen Symbole nacheinander auf. Das Spektrum eines so generierten Signals entspricht vollständig dem, was sich mit Musik- oder Videomodulation ergibt.

Zur Erzeugung der für das Satellitenfernsehen benötigten breitbandigen Signale ist der Arbitrary Waveform Generator AWG2021 von der Firma Tektronix erhältlich. Dieser ist in seinen Eigenschaften dem ADS sehr ähnlich und kann auch mit SMHU58 und Software IQSIM-K kombiniert werden.

Albert Winter

#### LITERATUR

- [1] Titze, H.-G.: AMS und ADS – Anwendungsbeispiele moderner ARB-Generatoren. Neues von Rohde & Schwarz (1991) Nr. 135, S. 25–27.
- [2] Lüttich, F.; Hecht, A.: Signalgenerator SMHU58 mit I/Q-Modulator. Neues von Rohde & Schwarz (1990/91) Nr. 132, S. 8–11.
- [3] Winter, A.: Testsignalerzeugung für Digital Audio Broadcasting mit den Generatoren ADS und SMHU58. Neues von Rohde & Schwarz (1992) Nr. 139, S. 24–25.
- [4] Application Note 1GPAN27: Testsignale für digitalen Rundfunk und digitales Fernsehen.
- [5] Winter, A.: Leichte Generierung von COFDM-Signalen mit Software DAB-K1. Neues von Rohde & Schwarz (1994) Nr. 145, S. 28–30.
- [6] Winter, A.: Bandbelegungssimulation mit SMHU58 und ADS. Neues von Rohde & Schwarz (1995) Nr. 147, S. 36–37.

Näheres unter Kennziffer 150/10

# BER-Messungen mit Basisstations-Testsystem TS8510



BILD 1 GSM/PCN-Basisstations-Testsystem TS8510. Foto 41 749

Das Testsystem TS8510 ist für Typzulassungsmessungen an GSM- und PCN-Basisstationen konzipiert [1]. Die Tests sind in den GSM-Spezifikationen 11.21 und 11.23 beschrieben (GSM Spec. 11.21 enthält die HF- und Link-Management-Tests, GSM Spec. 11.23 die Signalisierungstests). Herzstück der Anlage ist das Digital Radiocommunication Test Set CRTP04 [2]. Als Signalisierungseinheit ist es für den Verbindungsaufbau mit der Basisstation zuständig, und mit seinen zwei Signalquellen simuliert es den Verkehrskanal und ein GMSK-moduliertes Störsignal. Nach dem Verbindungsaufbau mißt das CRTP04 Leistungsrampe, Phasenfehler sowie die Bitfehlerrate. Außerdem fungiert das CRTP04 als System Controller. Ein Spektrumanalysator, ein Fading-Simulator, zwei Signalgeneratoren zur Störsignalerzeugung, eine HF-Schaltmatrix, ein Leistungsmesser für die Pfadkompensation und ein Protokolltester vervollständigen das Meßsystem.

Bei Entwicklung und Zulassung von Basisstationen kommt der Vermessung der Empfänger entscheidende Bedeutung zu. Die Güte des Empfängers ist maßgeblich für die Qualität der Basisstation verantwortlich. In analogen Netzen wird die Empfängerqualität durch die Messung des Signal/Rausch-Verhältnisses oder des Klirrfaktors des demodulierten Nutzsignals bestimmt, in digitalen Netzen dagegen durch Messung der Bitfehlerrate vor der D/A-Umsetzung. Hier stößt man im GSM- und PCN-Netz auf eine Schwierigkeit. Zur Messung der Bitfehlerrate werden nämlich nur die Bits, die das Nutzsignal repräsentieren, herangezogen. Bei GSM werden in einem 20-ms-Rahmen 456 Bits übertragen, dabei repräsentieren aber nur 260 Bits das Nutzsignal. Von den 260 Nutzbits sind 182 Bits mit Redundanz versehen, nur 78 Bits werden ohne Fehlerschutz übertragen. Die restlichen 196 Bits dienen zur Fehlererkennung beziehungsweise Fehlerkorrektur. In GSM spricht man von Class-I-Bits (geschützten Bits) und Class-II-Bits (ungeschützten Bits). Innerhalb der Class-I-Bits unterscheidet man die Class-Ia-Bits und die Class-Ib-Bits. Sie sind alle durch eine Faltungscodie-

rung, Class-Ia-Bits zusätzlich durch drei Parity-Bits geschützt. Anhand der Parity-Bits beurteilt der Empfänger die Qualität der Daten und weist bei einem nicht korrigierbaren Fehler in den Class-Ia-Bits den gesamten Frame zurück. Der Empfänger ersetzt den verworfenen Frame durch einen interpolierten Erwartungswert.

Die GSM-Spezifikation sieht folgende **Bitfehlerratenmessungen im Verkehrskanal** vor:

Bit Error Ratio (BER)

$$\text{BER} = b_f / b_o$$

mit  $b_f$  Anzahl der fehlerhaften Bits und  $b_o$  Gesamtzahl aller Bits,

Frame Erasure Ratio (FER)

$$\text{FER} = f_{bfi} / f_o$$

mit  $f_{bfi}$  Anzahl der als fehlerhaft gekennzeichneten Frames und  $f_o$  Gesamtzahl aller Frames,

Residual Bit Error Ratio (RBER)

$$\text{RBER} = b_{fok} / b_{ok}$$

mit  $b_{fok}$  Anzahl der fehlerhaften Bits in nicht als fehlerhaft gekennzeichneten Frames und  $b_{ok}$  Gesamtzahl der Bits aller guten Frames.

Neben Bitfehlerratenmessungen im Verkehrskanal sieht die GSM-Spezifikation auch **Bitfehlerratenmessungen in Signalisierungskanälen** vor. Diese Messungen werden durch Vergleich der Bits im oder nach dem Empfänger durchgeführt. Dabei setzt die Spezifikation spezielle Testinterfaces an der Basisstation voraus, die jedoch meist herstellerspezifisch sind und sich daher für ein universelles Testsystem nicht eignen. Auf spezielle Testinterfaces kann verzichtet werden, wenn an der Abis-Schnittstelle gemessen wird. In diesem Fall ist jedoch zu beachten, daß die Bits an dieser Schnittstelle bereits fehlerkorrigiert sind. Um aussagefähige Meßergebnisse zu erhalten, muß man die Fehlerkorrektur in der Basisstation abschalten, ansonsten ist die BER-Mes-

sung nur an den ungeschützten Class-II-Bits möglich.

Bei der im **Testsystem TS8510 realisierten Bitfehlerratenmessung** wird der von der Basisstation empfangene Datenstrom zum Sender der Basisstation geführt und an das Testsystem zurückgesendet. Der „Loopback“ erfolgt entweder an der  $A_{bis}$ -Schnittstelle oder, wenn in der Basisstation vorgesehen, in der Empfängereinheit noch vor der Fehlerkorrektur (BILD 2). Im letzteren Fall sind zwei Loopback-Modi zu unterscheiden, zum einen werden die Daten ohne Fehlerkorrektur zurückgeschleift und zum anderen werden die Bits eines als fehlerhaft markierten Frames zu Null gesetzt und über den Sender der Basisstation an das Testsystem gesendet. Die Ermittlung der BER, FER und RBER übernimmt das CRTPO4. Mit diesem Meßaufbau sind auch Bitfehlerratenmessungen in den Signalisierungskanälen möglich, sofern die Basisstation über einen geeigneten Loopback verfügt. Vor jeder Bitfehlerratenmessung wird der Signalweg vom  $A_{bis}$ -Interface über den Sender der Basisstation zum Empfänger des CRTPO4 vermessen, damit sichergestellt ist, daß sämtliche Daten, die über diesen Signalweg laufen, ohne Bitfehler übertragen werden.

In den GSM-Spezifikationen sind mehrere Bitfehlerratenmessungen an Basisstationsempfängern vorgeschrieben. Im **Test Static Layer 1 Receiver Functions** wird die Bitfehlerrate unter „Idealbe-

dingungen“ gemessen. Der Pegel des vom CRTPO4 generierten Testsignals liegt bei diesem Test bei rund  $-80$  dBm. Die im Loopback-Modus arbeitende Basisstation sendet das empfangene Signal zum CRTPO4 zur Auswertung zurück. Die Bitfehlerrate darf den Wert  $0,0001\%$  nicht überschreiten. In Schritten wird der Pegel des Nutzsignals dann bis  $-15$  dBm erhöht. Die Bitfehlerrate darf bis  $0,001\%$  steigen. Als letzter Schritt wird das Signal durch den Fading-Simulator geschleift, die zulässige Bitfehlerrate beträgt nun  $3\%$ .

Wird im Test „Static Layer 1 Receiver Functions“ der Basisstation nur das Nutzsignal angeboten, so werden bei weiteren Tests dem Nutzsignal ein oder mehrere Störsignale zugemischt. Im Test **Static Reference Sensitivity** erzeugt das CRTPO4 das Nutzsignal mit einem Pegel von  $-104$  dBm. Der HF-Generator SME03 liefert zwei Störsignale in den beiden Nachbarzeitschlitzen des Nutzsignals mit einem um  $50$  dB höheren Pegel. Die RBER der Class-II-Bits darf  $2\%$  nicht übersteigen.

Weiter verschärft werden die Empfangsbedingungen im Test **Multipath Reference Sensitivity Conditions**. Hierbei wird das Nutzsignal durch den Fading-Simulator verfälscht. Die Bitfehlerrate wird vom CRTPO4 bei den Fading-Profilen „Typical Urban  $50$  km/h“, „Rural Area  $250$  km/h“ und „Hilly Terrain  $100$  km/h“ gemessen. Die RBER der Class-II-Bits darf zwischen  $7\%$  bei „Rural Area“ und  $9\%$  bei „Hilly Terrain“ liegen.

Die Störfestigkeit des Empfängers bei vorhandenem Nutz- und Störsignal auf derselben Frequenz prüft der Testcase

**Reference Interference Level**. Das Störsignal des HF-Generators hat einen um  $9$  dB geringeren Pegel als das vom CRTPO4 erzeugte Nutzsignal. Der Test wird wiederholt, wobei der Störer nun auf der Frequenz des Nutzsignals  $+200$  kHz mit einem  $9$  dB höheren Pegel sendet, und in einem weiteren Testschritt beträgt der Offset des Störers  $400$  kHz, der Pegel liegt  $41$  dB über dem Nutzsignal.

Sehr hohe Anforderungen an Meßobjekt und Meßsystem stellt der Testcase **Blocking** (BILD 3). Das vom CRTPO4

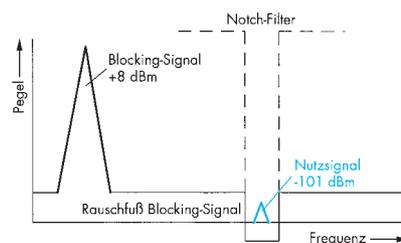
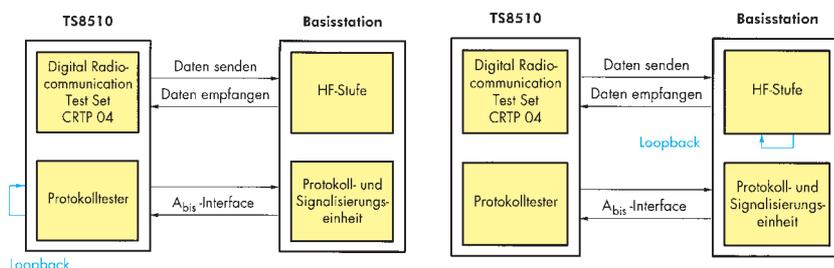


BILD 3 Blocking-Messung mit dem Basisstations-Testsystem TS8510.

erzeugte Nutzsignal weist einen Pegel von  $-101$  dBm auf. Der Mikrowellen-generator des TS8510 erzeugt das Blocking-Signal. Im Frequenzbereich  $100$  kHz bis  $12,75$  GHz liegt der Pegel bei  $+8$  dBm. Die Anforderungen an den Signal/Rausch-Abstand des Testsignals sind bei diesem Test enorm hoch. Die Meßbandbreite des Basisstationsempfängers liegt bei  $200$  kHz. Bei einer Eingangsbandbreite von  $200$  kHz beträgt die auf  $1$  Hz bezogene Rauschleistung  $10 \lg(200 \text{ kHz}/1 \text{ Hz}) = 53$  dB. Das erforderliche Signal/Rausch-Verhältnis errechnet sich zu  $8 \text{ dBm} - (-101 \text{ dBm}) + 53 \text{ dB} + 10 \text{ dB (Reserve)} = 172 \text{ dBc}$ ! Dieses extrem hohe Rauschverhältnis wird durch den Einsatz eines Notch-Filters im TS8510 erreicht.

Der Testcase **Intermodulation Characteristics** verifiziert die Linearität des Basisstationsempfängers. Das Signal

BILD 2 Loopback-Möglichkeiten bei der Bitfehlerratenmessung: links an der  $A_{bis}$ -Schnittstelle, rechts in der Basisstation.



gemisch besteht aus einem  $-104$  dBm starken Nutzsignal und zwei Störsignalen mit  $-43$  dBm. Die Intermodulationsprodukte der Störsignale überlagern das Nutzsignal. Gemessen wird die RBER der Class-II-Bits, sie darf 2% nicht überschreiten.

Bei allen Empfängertests müssen die Signale dem Prüfling mit sehr genauem Pegel angeboten werden. Hierfür sorgt eine komplexe **HF-Schaltmatrix**. Sie filtert die Signale, mischt sie und ver-

stärkt sie oder schwächt sie ab. Zur Minimierung der Frequenzabhängigkeit sind zwei Hochfrequenzstastköpfe an strategisch wichtigen Punkten der Schaltmatrix eingebaut. Ein Kanal dient zur Überwachung der Sendepiegel des Basisstations-Testsystems, der zweite zur Überwachung der Empfangspegel. Mit diesen Meßköpfen werden Referenzwerte ermittelt, die bei den aktuellen Messungen auftretende Pegelfehler automatisch kompensieren.

Michael Manert; Wilfried Tiwald

## LITERATUR

- [1] Tiwald, W.: Typzulassungsprüfungen für GSM/PCN-Basisstationen mit Testsystem TS8510. Neues von Rohde & Schwarz (1993) Nr. 143, S. 28.
- [2] Schubert, W.: Digital Radiocommunication Test Set CRTP04 – Der Meßplatz für Basisstationen des Mobiltelefonstandards PCN/DCS1800. Neues von Rohde & Schwarz (1993) Nr. 143, S. 8–10.

Näheres Leserdienst Kennziffer 150/11

## Lautsprechermessungen mit Audio Analyzer UPD

Entwicklung und Produktion hochwertiger Lautsprecher-Chassis und -Boxen sind ohne einen zuverlässigen und schnellen Audio-Meßplatz nicht denkbar. Er generiert alle nötigen Signale (Rauschen, Sinus, Burst) und mißt die Reaktionen von elektrischen und akustischen Komponenten. Beim Audio Analyzer UPD von Rohde & Schwarz [1] werden Lautsprechermessungen durch ein als Application Note erhältliches Steuerprogramm unterstützt, das bei vorhandener Option UPD-K1 [2] direkt unter der UPD-Software geladen und gestartet werden kann (BILD 1). Dadurch lassen sich sämtliche Gerätefunktionen des UPD auch bei laufender Applikation über die gewohnte Gerätebedienung ausführen. Dieses Programm erweitert die Funktionen des UPD um spezielle **Meßabläufe und Berechnungen für Lautsprechermessungen**:

- Impedanzmessung und abgeleitete Parameter nach DIN IEC268, Teil 5,
- Schalldruckmessungen (Übertragungsbereich, Wirkungsgrad und Abstrahlwinkel),
- Phasengang und Gruppenlaufzeit,
- Klirrfaktormessungen,
- Polaritätsmessungen.

Neben dem Einsatz in Entwicklungslabors eignet sich das Programm auch für Produktionstests, zum Beispiel durch



BILD 1 Audio Analyzer UPD bei der Messung von Lautsprechern im Tonstudio. Foto 41 751/7

Vorgabe der Daten eines Referenzlautsprechers und der erlaubten Toleranzwerte (Go/NoGo-Test).

Impedanz- und Schalldruckmessungen werden nach verschiedenen Verfahren angeboten, die je nach Anwendungsfall hinsichtlich Meßzeit oder -genauigkeit optimiert sind. Für den Meßaufbau werden (außer bei der Impedanzmessung) noch ein Leistungsverstärker und ein Präzisions-Meßmikrofon benötigt.

Nach dem Start des Applikationsprogramms erfolgt die gesamte **Bedienung** ausschließlich über Softkeys, die op-

tisch und funktional an die UPD-Bedienung angelehnt sind, oder durch Tastatureingaben im Dialogbetrieb. Die Betätigung von Softkeys kann aufgezeichnet und wiedergegeben werden (Makro-Betrieb), so daß sich Messungen in beliebigen Sequenzen aneinanderreihen lassen, was beispielsweise für Produktionstests interessant ist. Per Softkey-Bestätigung kann der Anwender nach jeder Messung temporär in die UPD-Bedien-Software umschalten, dort zum Beispiel die Grafik skalieren und beschriften und dann in die Applikation zurückkehren.

Die **Impedanzmessung** umfaßt die Aufnahme des Impedanzverlaufs über der Frequenz und die Berechnung aller

relevanten Widerstandswerte und Parameter wie Gesamtgüte und äquivalentes Volumen eines Lautsprechers (BILD 2). Da der UPD über einen DC-Generator und eine DC-Meßfunktion verfügt, kann der Gleichstromwiderstand ohne Zusatzgeräte erfaßt werden. Resonanzimpedanz und -frequenz sowie Abstimmfrequenz werden aus der Impedanzkurve ermittelt, Gesamtgüte und äquivalentes Volumen gemäß DIN IEC268, Teil 5, berechnet. Das absolute Minimum und Maximum der Impedanz liefern die entsprechenden UPD-Grafikfunktionen.

Der **Verlauf des Schalldrucks über der Frequenz** (BILD 3) erlaubt Rückschlüsse auf das Klangverhalten eines Lautsprechers, zeigt, ob die Frequenzweichen korrekt dimensioniert sind und deckt darüber hinaus falsche Polung einzelner Chassis einer Box auf. Durch die Messung des Schalldrucks bei einer festen Frequenz können der maximale Schalldruck (bei Nennleistung) und die Empfindlichkeit (bei 1 W) ermittelt werden. Die Empfindlichkeit wiederum wird als Referenzwert für die 0-dB-Linie der Übertragungsfunktion und den 0-dB-Punkt bei der Ermittlung des Abstrahlwinkels benötigt.

Zur Einstellung der Ausgangsleistung steht eine automatische Routine zur Verfügung, die – nach Angabe der Lautsprecher-Nennimpedanz – den Generatorpegel so lange nachregelt, bis die Ausgangsleistung erreicht ist.

Die Messung kann nach drei Methoden erfolgen:

1. FFT-Analyse eines speziellen Pseudo-Rauschsignals; bevorzugte Anwendung: schnelle Messungen des gesamten Frequenzbereichs, beispielsweise im Produktionstest.
2. Frequenz-Sweep mit Sinus-Signalen; bevorzugte Anwendung: Messungen unter Freifeldbedingungen (z. B. im schalltoten Raum) und Nahfeldmessungen, also überall dort, wo Schallreflexionen nicht auftreten oder nicht ins Gewicht fallen.

3. Frequenz-Sweep mit Burst-Signalen; bevorzugte Anwendung: Fernfeldmessungen (auch in nicht schalltoten Räumen). Dabei wird der im UPD serienmäßig enthaltene Burst-Generator für einen speziell programmierten Sweep verwendet, der nur jeweils die erste Periode der Schallwelle mißt.

Bei den Sweep-Messungen besteht die Möglichkeit, den unteren und oberen Frequenzbereich mit unterschiedlichem Mikrofonabstand getrennt zu messen und die einzelnen Kurven von Nah- und Fernfeld an einer numerisch oder grafisch wählbaren Übergangsfrequenz miteinander zu verbinden.

Zur **Überprüfung der Phasen-Linearität** eignet sich ein linearer Frequenz-Sweep, bei dem die Phase zwischen dem Lautsprechereingang und der erzeugten Schallwelle gemessen wird. Bei einem linearen Phasengang (Idealfall) ergibt sich eine Gerade. Damit ein kontinuierlicher Phasengang ohne 360°-Sprünge entsteht, werden die

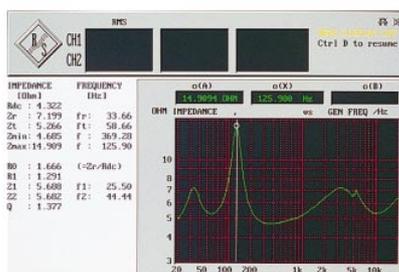


BILD 2 Impedanzverlauf mit Meßprotokoll (Resonanzfrequenz und -impedanz, Gleichstromwiderstand, Gesamtgüte usw.).



BILD 3 Frequenzgang und errechneter Übertragungsbereich eines Lautsprechers (nach DIN IEC268, Teil 5).

aufgenommenen Sweep-Punkte, die der UPD von 0 bis 360° mißt, von der Applikations-Software nachbearbeitet. Dazu dürfen aber die Phasenmeßergebnisse zweier benachbarter Sweep-Punkte nicht mehr als 180° voneinander abweichen. Dies stellt die Applikations-Software automatisch sicher, indem sie – ausgehend von dem angegebenen Mikrofonabstand – ein passendes Frequenzinkrement errechnet.

Um Linearitätsfehler besser sehen zu können, kann man den Phasengang auch als Linearitätsabweichung oder Gruppenlaufzeit darstellen. Aus dem Phasen-Meßergebnis bei einer festen Frequenz ist durch Vergleich mit einem Referenz-Meßobjekt eine mögliche Verpolung erkennbar (Abweichung um 180° von der Referenz). Voraussetzung ist, daß der Mikrofonabstand bei Meß- und Referenzobjekt hinreichend genau eingehalten wird, weshalb sich dieses Polaritätsmeßverfahren überwiegend für tiefe Frequenzen eignet.

Zur **Verzerrungsmessung** werden die Total-Harmonic-Distortion-Anzeigen THD total, THD d2, THD d3 und THD+N angeboten. Es kann sowohl der Klirrfaktor bei einer festen Frequenz als auch der Frequenzgang der Verzerrung dargestellt werden, und zwar als Balkendarstellung von Einzelmessungen, als Kurvendarstellung des Frequenzgangs oder als Frequenzspektrum der Harmonischen (FFT).

Martin Schlechter

## LITERATUR

- [1] Kerchen, W.: Audio Analyzer UPD erzeugt und mißt analoge und digitale Audiosignale. Neues von Rohde & Schwarz (1992) Nr. 139, S. 13 – 15.
- [2] Hempel, J.: Automatische Audiomessungen mit der komfortablen Selbststeuerung im Audio Analyzer UPD. Neues von Rohde & Schwarz (1993) Nr. 143, S. 29 – 30.

Näheres unter Kennziffer 149/12

# Signalgenerator SME für Tests an ERMES-, FLEX- und POCSAG-Pagern

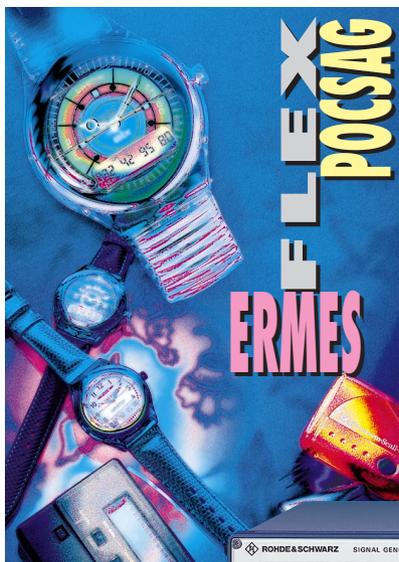
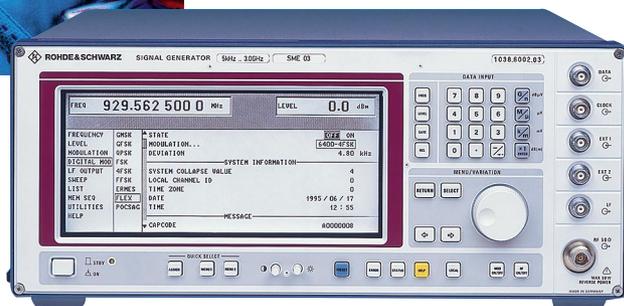


BILD 1  
Signalgenerator SME,  
der Experte für alle  
Pager-Systeme.



bilden die Systemvorschriften sowie der Qualitätsanspruch des Herstellers. Ein ERMES-Pager erfüllt zum Beispiel den in der Norm vorgeschriebenen Empfindlichkeitstest, wenn er acht von zehn Rufen korrekt erkennt, die mit einer Feldstärke von 25 dBV/m empfangen wurden (Rufsicherheit 80%). Ein Hersteller muß zusätzlich wegen schwankender Fertigungstoleranzen Sicherheitsreserven berücksichtigen, das heißt also, empfindlichere Empfänger herstellen, um sicher die Normanforderungen erfüllen zu können.

Nicht nur in der digitalen Mobilfunktechnik, sondern auch auf dem Markt der Personrufempfänger etablieren sich zunehmend neue Systeme. Zu nennen sind hier beispielsweise ERMES [1] (European Radio Message System) und FLEX [2], die neben dem 1979 entstandenen POCSAG [3] (Post Office Code Standardization Advisory Group) – in Deutschland besser bekannt unter dem Namen Cityruf [4] – Anwendung finden. Die unidirektionale Verbindung vom Sender zum Pager-Empfänger, der den Erhalt der Nachricht nicht quittiert, ist das gemeinsame Merkmal dieser Systeme. Selbstverständlich müssen alle Pager in Entwicklung, Produktion und Service geprüft werden: Hierfür bietet Rohde & Schwarz den Signalgenerator SME an (BILD 1), der die Signalisierung sämtlicher genannter Systeme beherrscht.

Eine wesentliche, systemunabhängige Prüfung für Pager ist die Messung der **Empfindlichkeit**. Den Qualitätsmaßstab

Ein weiterer Test prüft die Wiedergewinnung der **Synchronität**. Dies ist die Fähigkeit des Empfängers, nach einer kurzen Unterbrechung des Empfangs die erforderliche Synchronität zum gesendeten Signal wiederherzustellen. Gemäß der FTZ-Richtlinie 171TR1 (Cityruf) wird an den Empfänger eine Prüfmodulation gesendet, in der für eine bestimmte Zeit der Pegel um 40 dB gegenüber dem Signalpegel abgesenkt wird (BILD 2). Der Empfänger muß trotzdem noch Rufe empfangen können, ohne die Synchronität zum Sendesignal zu verlieren.

Der Signalgenerator SME generiert die Testsignale für beide Tests ohne externe Zusatzeinrichtungen. Der Anwender wird im Aufsetzen der Nachricht an den Pager durch komfortable Bedienmenüs unterstützt. Aus einigen wenigen Angaben, zum Beispiel Pager-Adresse oder Nachrichteninhalt sowie weiteren netzspezifischen Angaben erzeugt der SME das komplette Datenprotokoll.

## Unterscheidungsmerkmale der Pager-Systeme

Alle drei Systeme erlauben die Übertragung von Ton-, von numerischen und von alphanumerischen Nachrichten. Trotzdem gibt es erhebliche Unterschiede (blauer KASTEN).

**POCSAG** ist ein weit verbreitetes System, das aus England stammt; in Deutschland wird es für Cityruf und Scall eingesetzt. Da POCSAG-Empfänger fest auf eine Frequenz eingestellt sind, arbeiten die Funknetze im Zeitschlitzverfahren: Die Sender wechseln mit einer Zykluszeit von bis zu zwei Minuten die Sendefrequenz, so daß benachbarte Sendezonen immer verschiedene Frequenzen benutzen. Sender innerhalb einer Sendezone arbeiten im Gleichwellenbetrieb. Die verwendeten Frequenzen liegen – je nach Land – zwischen 450 und 470 MHz. Das Übertragungsprotokoll ist vergleichsweise einfach aufgebaut. Die Aussendung von Telegrammen erfolgt nicht in einem starren Zeitraster. Eine Übertragung kann jederzeit beginnen, so daß ein Empfänger ständig „mithören“ muß, um keine Nachrichten zu verpassen. Die einzelnen Nachrichtenwörter sind durch Prüfsummen geschützt. Damit auch Empfangsstörungen ausgeglichen werden können, die länger als ein Nachrichtenwort sind, kann eine Nachricht bis zu dreimal wiederholt werden.

**FLEX** wurde ab 1993 von Motorola entwickelt, wobei besonderer Wert auf eine gegenüber POCSAG bessere Kanalausnutzung, die Erhöhung der Übertragungssicherheit und einen möglichst geringen Energieverbrauch des Empfängers gelegt wurde. Gleichzeitig können aber vorhandene POCSAG-Sender mit geringfügigen Änderungen für FLEX weiterverwendet werden. Es ist sogar ein Zeitmultiplex-Mischbetrieb bei-

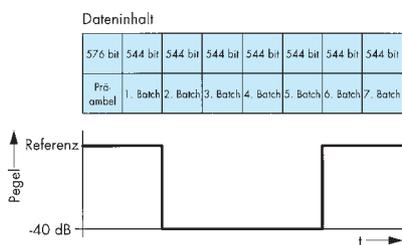


BILD 2 Prüfsignal zum Test der Wiedergewinnung der Synchronität bei Cityruf nach FTZ-Richtlinie 171TR1.

der Dienste möglich. FLEX benutzt eine FSK mit zwei oder vier Zuständen, womit eine Datenrate von bis zu 6400 bit/s erzielt wird. Um die Übertragungssicherheit zu erhöhen, „verschränkt“ man die (mit Prüfsummen versehenen) Nachrichten: Zuerst wird von allen Worten das erste Bit gesendet, dann von allen Worten das zweite usw. Empfangsstörungen von einigen Dutzend Bit Länge werden somit auf alle Nachrichtenworte verteilt und können durch die Prüfsummen korrigiert werden.

Die FLEX-Aussendungen sind starr an die Uhrzeit gekoppelt. Zu jeder vollen Stunde beginnt ein neuer Zyklus. Nachrichten für bestimmte Empfänger-Adressen können nur zu genau festgelegten Zeitpunkten innerhalb eines Zyklus auftreten. Dadurch braucht der Empfänger, nachdem er sich einmal synchronisiert hat, nur noch zu einem Bruchteil der Zykluszeit empfangsbereit zu sein, ohne Nachrichten zu verpassen, und kann so Batteriestrom sparen. FLEX erlaubt zusätzlich die Übertragung transparenter Binärdaten. Damit wäre in Verbindung mit einem Computer beispielsweise der Empfang von aktuellen Börsenkursen technisch möglich.

**ERMES** arbeitet im Gegensatz zu POCSAG nicht mit einem Zeitscheibenverfahren, sondern mit Frequenzmultiplex. Die ERMES-Norm definiert 16 Kanäle und 16 Empfängerklassen. Die Sender arbeiten wie bei FLEX in einem festen, uhrzeitsynchronen Zeitraster. Für jede Empfängerklasse strahlt der Sender in einem Zeitfenster von 750 ms Nachrichten aus und wechselt dann zur nächsten Empfängerklasse. Da jeder Kanal mit einer anderen Empfängerklasse beginnt, kann der Empfänger durch einen Kanalwechsel alle 750 ms ständig einen Sender empfangen, der gerade Nachrichten seiner Klasse ausstrahlt (bei Vollausbau). Dieses System stellt erhöhte Anforderungen an den Empfänger, erlaubt aber eine flexible Erweiterung des Netzes von einem bis zu 16 Sendern pro Sendezone, wobei zusätzliche Sender allen Empfängern zugute kommen. ERMES benutzt wie FLEX die „Verschachtelung“ einzelner Bits der Nachrichtenwörter zur Erhöhung der Übertragungssicherheit.

## Ein Signalgenerator für alle Pager-Systeme

Der Signalgenerator SME kann Ton-, numerische und alphanumerische Telegramme für alle drei Paging-Verfahren erzeugen. Für alphanumerische Nachrichten stehen Speicherplätze für drei vordefinierte und drei frei einstellbare Nachrichtentexte zur Verfügung. Zwischen der Aussendung von Fülldaten und Nachrichten kann durch Tastendruck oder externen Trigger umgeschaltet werden. Abhängig vom Verfahren bietet der SME außerdem folgende **Besonderheiten**:

## POCSAG

- Bitraten 512, 1200, 2400 bit/s,
- Modulationsarten FSK und FFSK,
- wählbarer Frequenzhub,
- frei einstellbare Zeitschlitzdauer.

## FLEX

- Einstellbarkeit aller wichtigen Netz- und Systeminformationen,
- Verfügbarkeit aller Nachrichtenarten einschließlich Special Numeric, Secure und Binary Messages,
- auf Wunsch automatische Anpassung von Übertragungsparametern bei Einstellung des Capcodes,
- alle drei Bitraten (1600, 3200 und 6400 bit/s) und beide Modulationsarten (2FSK und 4FSK) einstellbar,
- Simulation von Zeitscheiben mit Daten anderer Verfahren,
- Emergency Resynchronisation,
- Berücksichtigung der Cycle Number bei der Aussendung (Signal ist über eine Stunde hinweg normgerecht).

## ERMES

- Einstellbarkeit aller wichtigen Netz- und Systeminformationen,
- gezielte Verfälschung der Bits eines Nachrichtenwortes,
- freie Wahl der Empfängerklassen, die Nachricht erhalten sollen.

Mit diesen Eigenschaften stellt der Signalgenerator SME eine konkurrenzlose Signalquelle für alle Pager-Systeme dar. Dank des flexiblen Gerätekonzepts ist nicht nur heute eine komfortable und preisgünstige Integration unterschiedlichster Datenprotokolle von Pager-Systemen möglich, sondern auch zukünftige, neu entstehende Systeme können unterstützt werden.

Mathias Leutiger; Daniel Schröder

Pager-System	Cityruf (POCSAG)	FLEX	ERMES
Sendefrequenz	3 Frequenzen, 465,970...466,230 MHz	nicht festgelegt	16 Kanäle, 169,4125...169,8125 MHz
Modulation	FSK mit 2 Zuständen	FSK mit 2 oder 4 Zuständen	FSK mit 4 Zuständen
Datenrate	512...2400 bit/s	1600...6400 bit/s	6250 bit/s
Anzahl mögl. Adressen	2 <sup>21</sup> pro Frequenz	ca. 10 <sup>9</sup> pro Netzbetreiber	2 <sup>22</sup> pro Netzbetreiber
Einsatzgebiet	Europa	USA, asiatischer Raum	Europa (im Aufbau)
Notwendige Optionen im Signalgenerator SME	DM-Coder SME-B11, Speichererweiterung SME-B12, POCSAG-Option SME-B42	DM-Coder SME-B11, Speichererweiterung SME-B12, FLEX-Option SME-B41	DM-Coder SME-B11, Speichererweiterung SME-B12

## LITERATUR

- [1] ETSI TC-PS: Paging System (PS); European Radio Message System (ERMES), ETS 300 133.
- [2] Motorola Paging Group: FLEX™ Protocol Specification G1.7, 1995.
- [3] British Post Office: A Standard Code for Radiopaging (POCSAG), 1979.
- [4] Deutsche Bundespost Telekom: Cityruf, Funkrufempfänger, betriebliche und technische Merkmale. FTZ171TR1, 1991.

Näheres über SME unter Kennziffer 150/13

# Interferenz-Analyse in digitalen Mobilfunknetzen

Nachbar- und Gleichkanal-Interferenzen sind die wesentlichen Ursachen für Störungen beim Mobilfunk in digitalen Netzen mit GSM-Standard. Es kann eine Reihe von Maßnahmen zu deren

Interferenzen eingestuft. Alle Interferenzmessungen beziehen sich auf den Down-Link, die Verbindung von der Basisstation zum Mobiltelefon. Eine Priorität der Down-Link-Messung liegt



BILD 1 Der Digital Radio Analyzer PCSD bildet das Kernstück des Interferenz-Analyse-Systems PCSD-K1/K11. Foto 42 147

Beseitigung ergriffen werden, nachdem der Störer lokalisiert wurde. Dazu bietet Rohde & Schwarz die passende Meßtechnik. Das **Interferenz-Analyse-System PCSD-K1/K11** vereint empfindliche HF-Technik mit Hochleistungsrechnern und Algorithmen zur Messung von:

- Gleichkanalinterferenzen,
- Nachbarkanalinterferenzen,
- Reflexionsleistungen,
- Rauschleistungen,
- Schmalbandstörungen,
- Leistungsdichtespektren,
- Leistungen im Broadcast Control Channel (BCCH).

Bei Gleich- und Nachbarkanal-Interferenzen wird die netzeigene Störquelle identifiziert und je nach Kanaltyp in permanente und verkehrabhängige

vor, weil Basisstationen ohnehin weniger störanfällig sind und bei zu starken Interferenzleistungen einen Frequenzwechsel durchführen können.

## Hardware-Komponenten des Interferenz-Analyse-Systems

Für verschiedene Anwendungsfälle sind passende Optionierungen des Interferenz-Meßsystems möglich. In der Basisversion besteht es aus dem Digital Radio Analyzer PCSD (BILD 1), der neben einem vollständigen PC eine dreikanalige 12-bit-A/D-Wandlerkarte und eine Prozessorplatine mit dem bewährten i860-Vektorprozessor enthält. Auf der HF-Seite wird der Meßempfänger ESVD mit einem für die Interferenzmessungen erforderlichen geringen Phasenrauschen verwendet. Dieses Basissystem erlaubt den vollen Umfang der Interferenzmessungen bei der Standmessung. Für den mobilen Betrieb kann die Basisversion mit einem GPS-Empfänger erweitert werden.

## Meßverfahren

Eine Messung mit dem Interferenz-Analyse-System entspricht der Identifikation einer oder mehrerer Fahrradlampen in der Lichtmenge von 100 Autoscheinwerfern während einer 0,5 s dauernden Beobachtung mit bloßem Auge aus 200 km Entfernung. Der Vergleich bezieht sich auf das Bestimmen der Nominalleistung und das Erkennen des BCC (Base Station Color Codes) einer oft über mehrere Zellen weit entfernten Basisstation, die durch ihre Kanalbelegung Störungen in einer anderen Mobilfunkzelle verursachen kann. Die Nominalleistung bezeichnet die Leistung der Funkwellen des BCCH-Kanals einer Basisstation an der Meßstelle und ist Grundlage der Interferenzmessungen (BILD 2). Die Rolle der Autoscheinwerfer wird übernommen von belegten frequenzgleichen Gesprächs- oder Signalisierungskanälen der untersuchten oder einer nahegelegenen Basisstation sowie anderen Störungen, die eine Analyse der einzelnen netzeigenen Interferenzquellen erschweren.

Bei **Standmessungen** (Software-Option PCSD-K1) werden zur Nominalleistungsmessung und BCC-Erkennung bis zu 640 000 Samples des ZF-Signals aufgenommen und in wenigen Sekunden mit speziellen Methoden der Signalverarbeitung und eigens dafür entwickelten Algorithmen zur Mustererkennung analysiert. Die Mustererkennung kann mehrere BCCHs auf einem Kanal mit Leistungsverhältnissen bis 40 dB aufspüren. Eine Wahrscheinlichkeitsanalyse der BCCs erlaubt die Zuordnung von gefundenen BCCHs zu einer oder in Einzelfällen mehreren Basisstationen. Mit Hilfe einer optimierten Nullraumprojektion werden die Nominalleistungen potentiell störender Basisstationen mit einer Empfindlichkeit von  $-135$  dBm bestimmt.

Bei **mobilen Messungen** (Software-Option PCSD-K11) können je nach Gerä-

tekonfiguration ein bis drei Störsender gleichzeitig verfolgt werden. Zur Auswahl des Störers und zur Synchronisation geht jeder mobilen Messung eine hochauflösende Standmessung voraus. Während einer Meßfahrt werden die BCCH-Leistungen der störenden Basisstationen zeitkontinuierlich über die Wegstrecke ermittelt. Dabei versorgt der GPS-Empfänger das System ständig mit Orts- und Bewegungsinformationen. Die sehr seltene, bei BCCH- und BCC-Gleichheit auftretende Mehrdeutigkeit der Störeridentifikation in der Standmessung wird durch einen ortsbezogenen Signallaufzeitvergleich bei der mobilen Messung endgültig aufgehoben.

Die Möglichkeit der Leistungsmessung und Identifikation von BCCH-Trägern eröffnet folgendes **Meßkonzept für Gleichkanal- und Nachbarkanal-Interferenzen**: Auf der Grundlage einer Frequenzbelegungstabelle, bestehend aus den Basisstationsdaten einer untersuchten Region, selektiert das Gerät am Meßort automatisch alle Frequenzen, auf denen BCCHs von solchen Basisstationen ausgesendet werden, die durch ihre Kanalbelegung Gleich- oder Nachbarkanalinterferenzen auf wenigstens einem Kanal der Trägerstation verursachen können und zusätzlich eine vorgebbare Maximalentfernung unterschreiten. Durch Standmessung oder mobile Messung werden auf den gewählten Frequenzen Nominalleistungen und deren Quellen bestimmt.

Bei der Angabe der Interferenz wird unterschieden, ob ein vermessener BCCH selbst oder ein anderer zugeordneter Verkehrskanal eine Interferenz verursacht. Im ersten Fall – der BCCH stört selbst – handelt es sich um eine **permanente Interferenz**, da auf BCCH-Kanälen kontinuierlich konstante Leistung abgestrahlt wird. Die Interferenzleistung entspricht bei einer Gleichkanalstörung direkt der gemessenen Nominalleistung und bei einer Nachbarkanalstörung einem Teil der Nominalleistung, der sich aus dem sen-

derseitigen GSM-Spektrum und dem Eingangsfilter des Funktelefons ergibt.

Im zweiten Fall – ein Verkehrskanal verursacht Interferenzen – handelt es sich um **verkehrsabhängige Interferenzen**, da auf diesen Kanälen nur dann HF-Leistung emittiert wird, wenn tatsächlich eine Informationsübertragung besteht. Zeit- und Leistungsverteilung der verkehrsabhängigen Interferenz hängen ferner noch von Netzparametern wie Frequenzsprüngen (FH), Leistungsregelung (PC) und diskontinuierlichem Datentransfer (DTX) ab. Der Faktor zwischen Gleich- und Nachbarkanalinterferenz entspricht dem von BCCH-Kanälen. Für eine überschaubare Darstellung wird eine, sich auf BCCH-Sendeleistung im zugeordneten Kanal beziehende, normierte verkehrsabhängige Interferenz angegeben. Ohne Leistungsregelung unterscheidet sie sich von der permanenten Interferenz nur dadurch, daß sie seltener auftritt. Maßnahmen wie FH und DTX reduzieren die Wahrscheinlichkeit für Übertragungsstörungen infolge verkehrsabhängiger Interferenzen.

### Vorzüge des Meßkonzepts sind:

- Die Messung erfolgt ohne Manipulation am Netz unabhängig von den Netzparametern PC, FH und DTX.
- Die Messung ist unabhängig von der verkehrsabhängigen Interferenz, sonst müßte auf diese gewartet werden. Die normierte Angabe der verkehrsabhängigen Interferenz ermöglicht, diese festzustellen und zu beseitigen.
- Die Meßdaten erlauben eine adäquate Auswertung für neue Kanalbelegungen und das Auffinden von freien Kanälen.

### Interferenzfreiheit herstellen

Die einfachste Möglichkeit, einer Interferenzstörung zu begegnen, besteht in der Änderung der Kanalverteilung oder einer Kanalabschaltung. Jedoch ist es zur Steigerung der Frequenzökonomie

günstiger und üblich, Sektorantennen einzusetzen und die Antennenneigung anzupassen. Eine Antennenjustage kann direkt mit einer Standmessung des Analyse-Systems überwacht werden. Für diesen Einsatz ist die hohe Dynamik und Empfindlichkeit des Meßsystems besonders vorteilhaft, da mehr als 20 dB Interferenzreserve abgelesen werden können. Eine andere interessante Variante, ein interferenzbelastetes Gebiet zu vermeiden, besteht in der Manipulation der Handover-Parameter einer Basisstation. Die Basisstation entscheidet dann anhand der Entfernung zum Mobiltelefon, ob das Gespräch an eine andere Station weitergegeben werden soll.

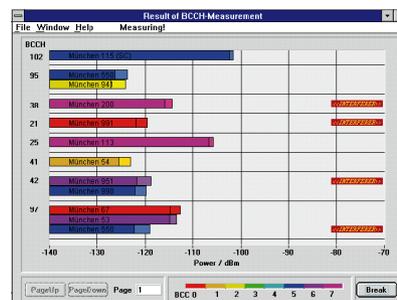


BILD 2 Die Messung der Interferenzleistung und die Erkennung des BCC von störenden Basisstationen erfolgen in automatisch ausgewählten BCCH-Kanälen. Je Kanal können sich überlagernde Signale verschiedener Basisstationen getrennt werden.

### Netzoptimierung

Das Interferenz-Analyse-System eignet sich auch zur Optimierung und Erweiterung eines interferenzarmen Netzes. Dazu sind zwei Wege möglich. Beim ersten geht es darum, einer bestimmten Basisstation einen weiteren Funkkanal zuzuordnen. Dieser soll einerseits wenig Interferenzen in anderen Zellen verursachen und andererseits selbst nicht gestört werden. Bevor man den Kanal wirklich verwendet, kann er in die regionale Frequenzbelegungstabelle für das Meßsystem eingetragen werden,

und eine Auswertung gemessener Nominalleistungen liefert sofort alle möglichen Interferenzen bezüglich dieses Kanals. Der zweite Weg zielt auf Frequenzplanung im großen Stil. Mit dem System wird die Nominalleistung aller Basisstationen bis flächendeckend über die Zellgrenzen hinaus bestimmt. Die Messungen erfolgen im Wirknetz und liefern die aktuellsten Versorgungsdaten für die Planungs-Software des Netzbetreibers, die eine Auswertung der Meßdaten zur Optimierung des Netzes übernimmt.

## Bedienung und Meßdaten

Dem Anwender zeigt sich das System in einer MS-Windows-Oberfläche. Neben der Möglichkeit, alle Meßparameter detailliert vorzugeben, stehen sehr

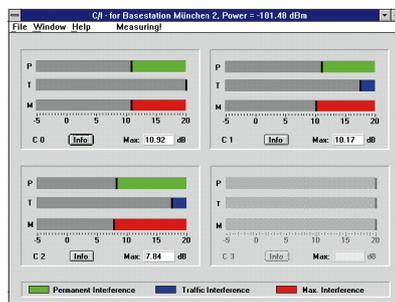


BILD 3 C/I-Werte der benutzten Kanäle einer Basisstation (grün permanent, blau verkehrabhängig, rot summarisch). Mit dem Info-Schalter erhält man eine Auflistung aller gemessenen Störquellen des jeweiligen Kanals.

einfach bedienbare, **vorprogrammierte Meßabläufe** zur Verfügung:

- Nominalleistungsmessung auf allen Kanälen,
- vollständige Interferenzmessungen für eine bestimmte Basisstation.

Solche Standardmessungen werden über einen einzigen Menüpunkt angewählt und öffnen bei Bedarf Fenster zur Eingabe weniger, noch notwendiger Meßparameter. Während der Messung kann zwischen verschiedenen Fenstern umgeschaltet werden. Die Interferenzanzeige erfolgt dreigeteilt für permanente, verkehrabhängige und summarische Interferenz; ein Mausklick auf den Info-Schalter zeigt alle Störungen aufgeschlüsselt in Störungsart und Störquelle (BILD 3). Eine Auswertung der Meßdaten kann im Meßsystem oder auf einem beliebigen PC ohne Hardware-Erweiterung vorgenommen werden.

Otmar Wanierke

Näheres unter Kennziffer 150/14

# Langzeitüberwachung des digital-seriellen Videosignals mit Digital Video Component Analyzer VCA

In digitalen Fernsehstudios werden Fernsehbilder zwischen den Studiogeräten in Form von Datenbits ausgetauscht. Die digitale Übertragung unterscheidet sich von einer analogen jedoch grundsätzlich: Treten bei einer analogen Strecke Fehler in der Übertragung auf, verschlechtert sich die Bildqualität proportional zu den Fehlern; bei einer digitalen Strecke dagegen ist eine Verschlechterung der Bildqualität bis zu einer bestimmten Bitfehlerquote nicht erkennbar, erst bei deren Überschreiten – sei es auch nur um ein paar Fehler – nimmt die Qualität radikal ab. Dies kann so weit gehen, daß sogar ein Synchronisationsverlust eintritt, was den totalen Bildausfall zur Folge hat. An dieser Stelle muß die Meßtechnik eingreifen, indem sie ständig Auskunft über die Qualität der digital-seriellen Videoübertragung gibt.



BILD 1 Zusammen mit einem PC kann der Digital Video Component Analyzer VCA digital-serielle Videosignale rund um die Uhr überwachen. Foto 42 331

Rohde & Schwarz hat hierfür den Digital Video Component Analyzer VCA entwickelt, der das Videosignal in Zeitfenstern von etwa zehn Sekunden überwacht [1; 2].

Es gibt aber auch Fehler, die so selten auftreten, daß eine längere kontinuierliche Überwachung notwendig ist. Zum Beispiel ist es beim Überspielen eines Films von Bandmaschine zu Bandmaschine wichtig, daß die Kopie fehlerfrei ist. Dabei wäre es sehr personalaufwendig, die ganze Überspielzeit (z. B. 2 bis 10 Stunden) visuell zu überwachen. Zu diesem Zweck kann der VCA in ein Meß- und Monitoring-System integriert werden. Die **Windows-Applikation VCA Remote Monitoring**, die auch im Stand-alone-Betrieb verwendet werden kann, unterstützt dabei die Überwachung des digitalen Videosignals quasi rund um die Uhr, und zwar mit den VCA-Measure-Funktionen TRS (Timing Reference Signal) und RCE (Reserved Code Error), die den Synchronrahmen des digitalen Videosignals kontrollieren. Diese Messung kann zwar nicht jeden Bitfehler erfassen, sie kann dafür aber mit Live-Signalen, das heißt mit bewegten Bildern, durchgeführt werden. Zur Aufdeckung seltener Bitfehler im aktiven Bildbereich bietet die Applikation alternativ eine CRC-Überwachung (Cyclic Redundancy Check) digitaler Standbilder an.

Die notwendige **Hardware-Umgebung** besteht aus einem PC mit dem Betriebssystem MS-Windows und einem VCA mit Fernbedienoption (BILD 1). Über die serielle RS-232-C-Schnittstelle werden die Meßwerte des VCA von dem Programm „VCA Remote Monitoring“ gelesen und so verarbeitet, daß der Summenfehler in der History-Darstellung abgelesen werden kann (BILD 2). Außerdem werden die einzelnen Fehler aufgeschlüsselt in der Error-Rate-Darstellung angezeigt. Die Meßwerte werden in einer vorher benannten Datei protokolliert.

Das **File-Menü** enthält eine Reihe praktischer Funktionen zum Bearbeiten der

Messungen. Mit „Load old result“ können früher erstellte Protokolle wieder angezeigt und mit dem Cursor untersucht werden. Die Funktionen „Create ASCII error list“ und „Create ASCII dataset“ formen die Protokolle in verschiedene ASCII-Tabellen um, damit die Meßwerte für statistische Zwecke oder auch nur der Übersicht wegen mit einem Datenbankprogramm (z. B. MS-Excel) bearbeitet werden können. Will man wirklich jeden aufgetretenen Fehler mit der dazugehörigen Uhrzeit dokumentiert haben, so wählt man „Create ASCII error list“. Es wird dann eine Tabelle angelegt, in der die Fehler nacheinander aufgelistet sind. So ergibt sich ein übersichtlicher Auszug aus der Messung.

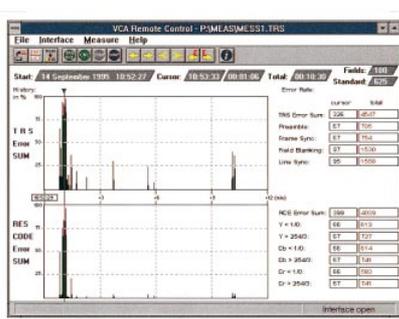


BILD 2 Auswertung einer Langzeitmessung mit einer Fehlerhäufung um 10.50 Uhr. Mit Hilfe der Cursor-Funktion sind die Fehlerzeitpunkte leicht zu finden.

Bei Einschwingvorgängen, die eine längere Zeit beanspruchen, ist es oft von Nutzen, das Meßintervall größer zu machen. Die Meßintervalle des VCA betragen je nachdem, über wieviele Halbbilder gemessen wird, 2 bis 10 s. Mit „Create ASCII dataset“ kann man dieses Zeitfenster auf 1 bis 60 min erhöhen. Es wird dabei eine Tabelle angelegt, die dann später unter einem Datenbankprogramm beispielsweise grafisch weiterverarbeitet werden kann. Der Verlauf eines Einschwingvorgangs (besonders interessant in der Entwicklung von Studiogeräten) kann so übersichtlich dargestellt werden.

Im **Measure-Menü** werden die Meßfunktionen (TRS, RCE oder CRC) durch Auswahl der Messung oder durch Anklicken des entsprechenden Icons in der Kontrolleiste gestartet. Danach wird der Benutzer nach der Größe des Meßfensters, nach dem Standard des Videosignals (525 oder 625 Zeilen) und dem Namen der Meßdatei gefragt. Das Anklicken des Stopp-Icons beendet dann die Messung. Eine gestoppte Messung kann durch Betätigen des Cont-Icons (Continue Measuring) weitergeführt werden. Der Unterbrechungszeitraum wird mit einem roten Feld markiert und kann somit bei späterer Auswertung gesondert berücksichtigt werden.

Im **Interface-Menü** wird die serielle Schnittstelle des PC konfiguriert, die mit der Konfiguration des VCA übereinstimmen muß. Andernfalls kommt keine Kommunikation zwischen PC und VCA zustande; es wird mit einer Fehlermeldung abgebrochen.

Die **Cursor-Funktionen** dienen dem komfortablen und schnellen Aufspüren der gemessenen Bitfehler. Es gibt drei Arten: auf dem Bildschirm ein Pixel nach rechts oder links gehen, eine Seite nach rechts oder links blättern und Cursor auf den nächsten Fehler vor oder nach dem aktuellen Zeitpunkt positionieren. Mit der letzten Art wird also automatisch die gesamte Messung nach Fehlern durchsucht, was besonders bei Langzeitmessungen, in denen nur wenige Fehler aufgetreten sind, von Bedeutung ist.

Martin Flach

## LITERATUR

- [1] Weigold, H.; Rohde, W.: Digital Video Component Analyzer VCA – Waveform Monitor und Signalanalysator für digitale Videosignale nach CCIR601. Neues von Rohde & Schwarz (1994) Nr. 145, S. 8–10.
- [2] Osterloh, G.: Physikalische Datenstromanalyse mit Videoanalysator VCA. Neues von Rohde & Schwarz (1995) Nr. 149, S. 40–41.

Näheres über VCA unter Kennziffer 150/15

# Messung aller TV-HF- und Video-Parameter erstmalig in einem Kompaktgerät



BILD 1  
Mit eingebauter Meßempfangs-Option unterstützt das Video Measurement System VSA die speziellen Meßbedürfnisse rund um die TV-Sender und Kabelanlagen (auf dem Bildschirm das Konfigurationsmenü des Meßempfängers).  
Foto 42 329/2

Für die Qualitätssicherung und zuverlässige Überwachung von TV-Kabelnetzen sowie terrestrischen Übertragungseinrichtungen werden verschiedene Meßgeräte wie TV-Meßempfänger, TV-Oszilloskop, Videomonitor und Videoanalysator benötigt. Soll die Überwachung mit einem automatischen System durchgeführt werden, ist ein Prozeß-Controller zur Steuerung dieser Geräte erforderlich. Dies bedeutet für den Anwender in der Regel hohe Anschaffungskosten und hohen Bedarf an Platz, der besonders im mobilen Einsatz nicht immer vorhanden ist. Mit dem **Video Measurement System VSA**, das schon alle genannten Meßfunktionen einschließlich Prozeß-Controller in einem Gerät vereint (siehe Neues-Heft 147), bietet Rohde & Schwarz jetzt zusammen mit der **Meßempfänger-Option**

**VSA-B10** ein ideales Kompaktgerät für die Standards B/G, D/K und I an (BILD 1). So läßt sich nicht nur Platz, sondern auch der gesamte Verkabelungsaufwand einsparen. Durch die sehr guten Leistungsdaten des Meßempfängers und die umfangreichen Systemschnittstellen sowie die Meß- und Controller-Funktionen des Grundgeräts lassen sich alle Standard-Anwendungen genauso mühelos realisieren wie kundenspezifische Speziallösungen. Unbemannte Überwachung von CATV-Anlagen, Fernabfrage der Meßdaten, automatische Aktivierung von Reserveeinrichtungen bei Senderausfall oder auch Anwendungen in Entwicklungslabors, Gütesicherung und Fertigungsüberwachung von TV-Konsumergeräten sind mit diesem leistungsstarken Team jederzeit möglich.

Hier nun die **Technik des TV-Meßempfängers** in Kürze:

- Empfangsbereich 47 bis 862 MHz,
- 50- oder 75- $\Omega$ -Eingang lieferbar,
- ZF-Ein- und -Ausgang,
- Video- und Audio-Ausgänge,
- großer Dynamikbereich (40 bis 120 dB $\mu$ V),
- Low-Noise- und Low-Distortion-Betriebsart,
- rauscharmer Vorverstärker zuschaltbar zur Verbesserung der Empfängergeräuschzahl,
- Videostörabstand (bewertet bei 66 dB $\mu$ V) größer als 56 dB,
- Inter-carrier-Störabstand (bewertet) größer als 46 dB,
- Kanal- und Frequenzsuchlauf,
- Synthesizer mit geringem Phasenrauschen und hoher Frequenzauflösung (1 Hz),
- digitale Frequenznachführung,
- Verstärkungsregelung manuell und automatisch,
- integrierte Nulltastung zur Bestimmung des Bildmodulationsgrades,
- wählbare Synchrondemodulatorbetriebsart mit getasteter oder kontinuierlicher Phasennachführung sowie wählbarer Zeitkonstante,
- Tondemodulation nach dem IRT-Zweitenträger-Verfahren,
- Videofrequenzgangabweichung kleiner als 0,5 dB (Luminanz/Chrominanz-Fehler  $< \pm 20$  ns),
- abschaltbare Empfängerlaufzeitverzerrung und Ton-Deemphasis,
- Tonüberwachung über Lautsprecher des Grundgeräts,
- eigener Mikro-Controller zur Empfängersteuerung.

Parallel zur Steuerung aller Empfängerfunktionen erfaßt der Mikro-Controller ständig auch alle relevanten HF-Daten des Eingangssignals. In der Meßwertliste des VSA stehen diese dann als **zusätzliche Meßparameter** zur Verfügung und sind auch im Ausdruck eines

VSA-Meßprotokolls enthalten; im einzelnen werden gemessen:

- Bildträgerleistung und -frequenz,
- Bild/Ton-Leistungs- und -Frequenzabstände,
- FM-Hub von Tonträger und Pilotton,
- Pilotton-Frequenz und -Codierung,
- Modulationsgrad des Bildträgers (Restträger),
- Bildträgerphasenmodulation.

Die für den **Abgleich von TV-Sendern** wichtigen Messungen von Bildträgerphasenmodulation und Restträger führt der VSA in einer speziellen Einzelmessung durch (BILD 2). Die sonst dafür erforderliche externe Verkabelung und die gelegentlich damit verbundenen Interface-Probleme gehören durch das Kompaktgerät VSA mit integriertem Meßempfänger VSA-B10 der Vergangenheit an.

Alle VSA sind serienmäßig für den nachträglichen **Einbau der Meßempfänger-Option** vorbereitet. Der Einbau kann direkt vom Anwender oder von ei-

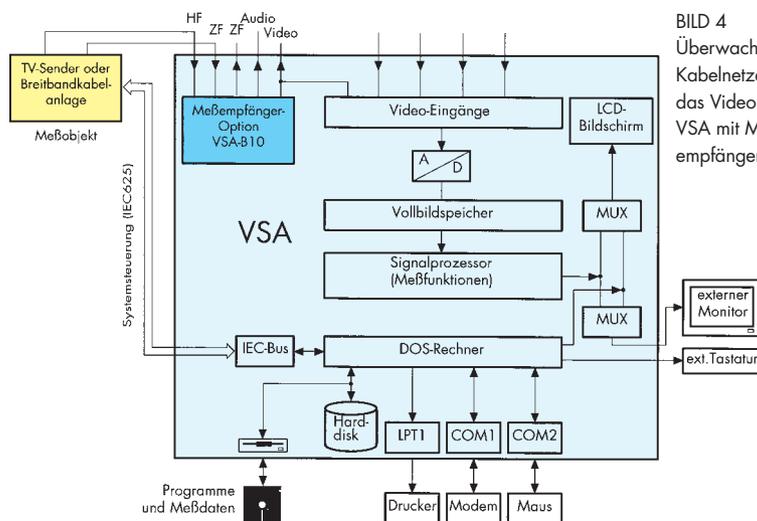


BILD 4 Überwachung eines Kabelnetzes durch das Videomeßsystem VSA mit Meßempfänger-Option.

ner Rohde & Schwarz-Servicewerkstatt vorgenommen werden. Eine Modifikation des Grundgeräts oder der System-Software ist nicht erforderlich. Die eingebaute Meßempfänger-Option wird beim Einschalten des VSA erkannt. Die zugehörigen Bedienmenüs sind dann automatisch verfügbar.

Die manuelle **Bedienung** des Meßempfängers ist vollständig in das einfache Menüsystem des VSA integriert. Der Meßempfänger läßt sich mit nur drei Pop-up-Menüs komfortabel bedienen.

Im **Menü Set RF-Channel/Freq** (BILD 3) wird der gewünschte Empfangskanal eingestellt. Dies kann sowohl durch Auswahl einer Kanal- oder Programmnummer aus der gespeicherten Kanaltabelle als auch direkt durch die Eingabe der Empfangsfrequenz geschehen. Zum Auffinden unbekannter Sender ist ein kontinuierlicher, automatischer Frequenzsuchlauf mit einstellbarer Suchlaufschwelle eingebaut. Sollen nur Sender der eingestellten Kanaltabelle bei der Suche berücksichtigt werden, kann der schnellere Kanalsuchlauf benutzt werden. Für den praktischen Einsatz ist es von großem Vorteil, daß die Einstellung des Empfangskanals bei gleichzeitig sichtbarem Meßbildschirm erfolgen kann. Ist der Meßbildschirm im Hintergrund passend eingestellt, lassen sich beim Umschalten der Empfangskanäle die zugehörigen Meßdaten

ohne zusätzliche Menüwechsel sofort ablesen. Im **Menü Set RF/IF-Config** werden die Betriebsparameter des Meßempfängers wie Lautstärke, Tonkanal, Suchlaufschwelle usw. eingestellt. Das **Menü Set RF Channel Definition** dient zum Einstellen der verwendeten Kanaltabelle. Für jede der bis zu 150 Empfangsfrequenzen einer Tabelle kann der Anwender die Frequenz und die Texte für Programmnamen und Kanalbezeichnung beliebig ändern. Es können nahezu beliebig viele Kanaltabellen auf einer Diskette oder der eingebauten Festplatte des VSA gespeichert und von diesen zurückgeladen werden. Alle Funktionen der manuellen Bedienung sind auch fernbedienbar.

Mit dem integrierten Meßempfänger im Meßsystem VSA läßt sich jetzt erstmalig ein komplettes TV-Meß- und Überwachungssystem einschließlich aller Empfangs-, Analyse-, Steuer- und Protokollfunktionen mit nur einem Kompaktgerät realisieren (BILD 4). Die ausgezeichneten Empfangsleistungen in Verbindung mit den zahlreichen Meßfunktionen des VSA machen es zu einem idealen Komplettsystem für TV-Sender- und CATV-Anwendungen.

Richard Finkenzeller; Ernst Polz

Näheres über VSA unter Kennziffer 150/16

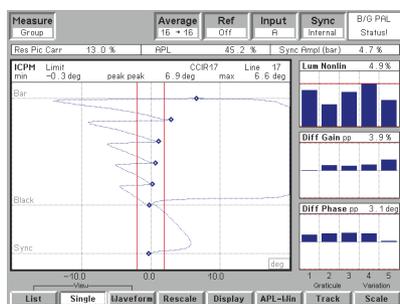


BILD 2 Messung der aussteuerungsabhängigen Phasenmodulation des Bildträgers.

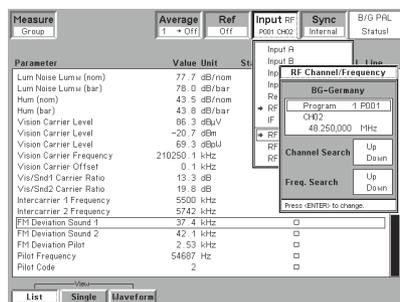


BILD 3 Meßbildschirm mit HF-Parametern und Bedienmenü des Meßempfängers.

# Funkkommunikationssystem hilft italienischen Zollbehörden bei der Küstensicherung



BILD 1 Schiff der italienischen Zollbehörde sowie das Kommunikationssystem von Rohde & Schwarz.

Mit mehr als 5000 km Küstenlinie – teils schwer zugänglich, felsig und zerklüftet – gestaltet sich die Überwachung und Sicherung Italiens zur See nicht gerade einfach. Es ist Aufgabe der Zollbehörden, die Grenzen mit unterschiedlichen Klassen von Booten (BILD 1) zu überwachen, um Schmuggel und illegale Immigration zu verhindern. Mit ihren Radargeräten können sie zwar ihren Nahbereich überblicken, Bootsbewegungen verfolgen und einzelne Objekte überprüfen, bei einer Vielzahl von oft äußerst schnellen Objekten sind dem einzelnen Boot jedoch früh Grenzen gesetzt. Abhilfe schafft hier das von Rohde & Schwarz entwickelte **Tactical Data Link System**, das die Radarbilder einzelner Boote in einer Leitstelle zusammenfaßt und die aus den Einzelbildern gewonnene, weiträumige Gesamtlage an die Boote zurücksendet. Ein in die Übertragungskette integriertes Message-Handling-System übermittelt darüber hinaus Anweisungen an die einzelnen Boote, koordiniert deren Aktionen und ermöglicht damit einen effizienteren Einsatz der Kräfte.

Die **Komponenten des Kommunikationssystems** sind im wesentlichen die externe Funkanlage (HF und VHF/UHF), die interne Kommunikationseinrichtung und die zentrale Steuerung sowie das Message-Handling-System. Als HF-Transceiver ist der 400-W-Sender XK855 mit integriertem FSK-Modem, ALIS-Prozessor [1] und schnellem HF-Modem eingesetzt. Die VHF-UHF-Funkanlage besteht aus dem Transceiver XT452 mit externem 2,4-kbit-Datenmodem und zwei vom Nutzer beigegebenen VHF-Geräten. Der internen Kommunikation dient das bewährte DICS (Digital Internal Communications System). Herz der Funkanlage ist der Systemprozessor MERLIN [2]. Er steuert die Funkgeräte, parametrisiert das DICS, ist Bindeglied zur Radaranlage und zum Lagedarstellungsrechner, generiert und verarbeitet die Meldungen und kontrolliert den Datenfluß.

Der **operative und kommunikative Ablauf** geschieht folgendermaßen: Mehrere Schiffseinheiten bilden eine Gruppe, die ein sternförmiges Funknetz auf HF und VHF verbindet (BILD 2). Netzmanager ist das Net Control Ship (NCS), das den Datenaustausch mit den anderen Teilnehmern (Participating Units, PU) steuert. Im Regelfall besteht eine Gruppe aus etwa fünf Teilnehmern, die

ein Seegebiet überwachen, wobei jede PU die Funktion des NCS übernehmen kann. Damit der Zeitzyklus für einen vollständigen Netzdurchlauf nicht zu lang wird, sollte die Anzahl der Netzteilnehmer 15 nicht übersteigen.

Schwerpunkt der Kommunikation ist die fehlerfreie und störresistente Übertragung der Radardaten und kurzer operativer Nachrichten, nächste Priorität hat die Übertragung von Messages nach ACP127. Insgesamt sind **drei Daten-Links** möglich:

- VHF-RSX.25 Data Link (RSX.25 = R&S-Adaption des leitungsgebundenen X.25-Protokolls an die Bedingungen des HF-Funkkanals),
- HF-RSX.25 Data Link,
- HF-ALIS Long Range Data Link.

Die rot markierten Kreise in Bild 2 zeigen den Radarbereich der einzelnen PUs. Der dunkelgrüne Kreis um das NCS stellt den über VHF abgedeckten Kommunikationsbereich dar (Line of Sight). Der anschließende, hellgrüne Kreis gibt den durch HF abgedeckten Bereich wieder. Beide Kreise werden parallel betrieben. Alle PUs des VHF-Kreises sind ebenfalls Teilnehmer im HF-Kreis. Überschreitet ein PU die VHF-Reichweite des NCS, erfolgt der Datenaustausch automatisch im HF-Kreis.

In einem **Polling-Verfahren** fragt das NCS die Radarinformation der einzelnen PUs ab und übermittelt im Anschluß daran das NCS-Gesamtbild an die jeweiligen PUs. Sowohl bei HF als auch VHF/UHF geschieht der Datenaustausch zwischen den Einheiten in der Regel als RSX.25-Datenprotokoll, wobei die Frequenzen von PU zu PU durchaus unterschiedlich sein können. Zusätzlich werden die Daten durch ein FEC-Verfahren gesichert und paketweise (RSX.25) mit 2,7 kbit/s übertragen. Nach Durchlauf eines Zyklus verfügen alle Schiffe der Gruppe über das Gesamtlagebild. Befindet sich ein zu überprüfendes Objekt im Erfassungsbereich des am weitesten von der Küste entfernten PUs und bewegt sich mit hoher Geschwindigkeit in Richtung Land, kann es von den im Küstenbereich kreuzenden PUs abgefangen werden. Die einzuleitenden Maßnahmen werden vom NCS koordiniert und per Message-Handling-System weitergeleitet. Der Datenaustausch (Radar und Messages) zu weiteren NCS, den Küstenfunkstellen und der Zentrale in Rom

erfolgt in der Regel aufgrund der größeren Distanz im Long-Range-ALIS-Modus. Der ALIS-Prozessor ermöglicht den automatischen Verbindungsaufbau, den automatischen Frequenzwechsel mit adaptiver Reaktion bei Kanalstörungen und das Wiederherstellen von Verbindungen, wenn Schiffseinheiten „verlorengegangen“ sind.

Der **Kommunikationsablauf** sei anhand des **HF-Superzyklus** näher erläutert; die Struktur des VHF-Superzyklus ist bis auf den Long-Range-ALIS-Modus identisch mit dem HF-Superzyklus.

1. Schritt (Login/Logout von PUs); erfolgt ausschließlich bei Änderung der Anzahl der Netzteilnehmer.
2. Schritt (Single Poll); Radardatenaustausch im RSX.25-Modus mit allen PUs (1. Priorität). Dieser Radarzyklus zu allen PUs wird mehrfach durchlaufen, die Anzahl der Schleifen wird vom Operator des NCS bei der Konfiguration festgelegt. Aufgrund der FEC-Sicherung, des RSX.25-Protokolls mit 2,7-kbit-Burst-Übertragung und der Mehrfachübertragung ist ein fehlerfreier Datentransfer gewährleistet.
3. Schritt (RSX.25 Association Group); Übertragung von Message-Handling-Daten im RSX.25-Modus (2. Priorität).

4. Schritt (ALIS Login/Logout); erfolgt bei Änderung der Netzteilnehmer im Long-Range-ALIS-Modus.

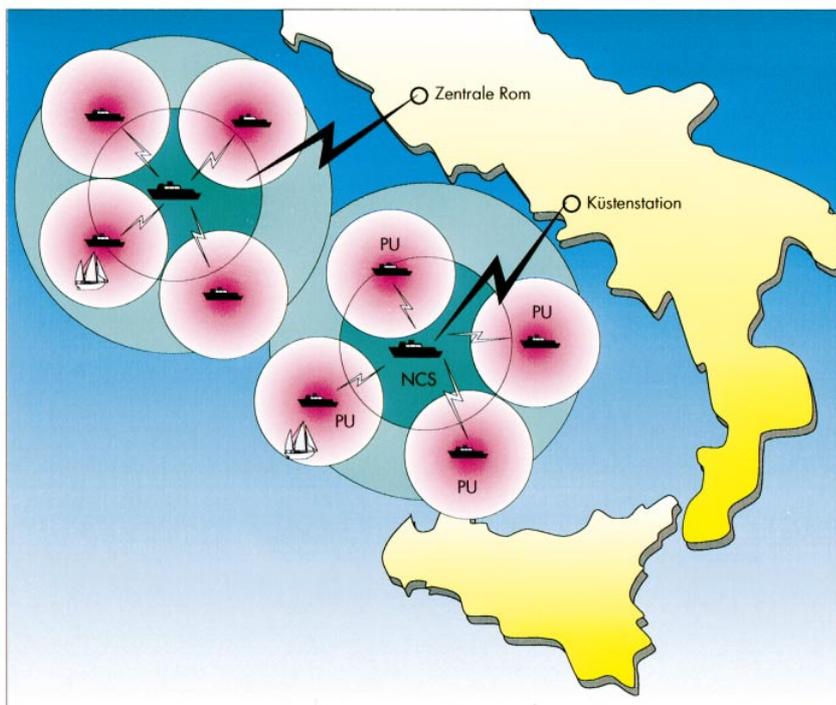
5. Schritt (ALIS Association Group); die Daten (Radar und Messages) werden im Long-Range-ALIS-Modus zu anderen NCS, den regionalen Leitstellen und der Zentrale in Rom übertragen.

6. Schritt (ALIS Passive Free Slot); dieser Schritt dient der Anmeldung neuer Teilnehmer.

In einer späteren Ausbaustufe können auch **Video- oder Infrarot-Video-Standbilder** übertragen werden. Die das verdächtige Schiff verfolgenden PUs erhalten damit auch die optische Sicherheit, daß sie das richtige Objekt ermitteln. Die auf den Booten vorhandenen Videokameras werden mit dem Systemprozessor MERLIN vernetzt. Die digitalisierten und entsprechend der gewünschten Bildauflösung komprimierten Standbilder (ca. 40 bis 80 kbit) werden als Message-File im Message-Handling-System verarbeitet. Weiterhin können zukünftig auch Hubschrauber und Flugzeuge mit dem Data-Link-Verfahren ausgestattet werden. Diese „fliegenden PUs“ schließen die Lücken zwischen den einzelnen Schiffgruppen, vergrößern die Radarsichtweite und ermöglichen weiträumigere Aktionen.

Manfred Jungherz; Peter Maurer

BILD 2 Schema des Kommunikations-Szenarios.



#### LITERATUR

- [1] Greiner, G.: Zuverlässiger Kurzwellenfunk durch ALIS. Neues von Rohde & Schwarz (1988) Nr. 116, S. 47–50.
- [2] Maurer, P.; Völker, K.: Multimedia-Kommunikation mit Systemprozessor MERLIN. Neues von Rohde & Schwarz (1993) Nr. 142, S. 27–28.

Näheres unter Kennziffer 150/17

# Digitale Modulation im Mobilfunk (I)

Im digitalen Mobilfunk wird die Sprache zunächst digitalisiert und anschließend quell- und kanalcodiert, so daß der aus den Quellcodierern kommende Datenstrom auf der einen Seite gegenüber dem ursprünglichen Datensignal eine erheblich geringere Bitrate aufweist; auf der anderen Seite sorgt die Kanalcodierung für einen zusätzlichen Fehlerschutz für die Übertragung über den Funkkanal. Der kanalcodierte Datenstrom wird in Bursts organisiert, die meist mit einem kombinierten Frequenz- und Zeitmultiplex-Verfahren übertragen werden. Die verwendeten Modulationsverfahren müssen dabei dem Funkkanal angepaßt sein. Unsere neue Repetitoriumsreihe beschreibt – unter besonderer Berücksichtigung der Netze nach dem GSM-Standard –, wie die zu übertragende Information einem hochfrequenten Träger aufmoduliert und im Empfänger wiedergewonnen wird. Der Natur der Sache entsprechend werden die grundlegenden Tatsachen dabei mathematisch formuliert – auch in komplexer Darstellungsweise.

Rohde & Schwarz ist besonders kompetent auf dem Gebiet des digitalen Mobilfunks. Das Betätigungsfeld ist vielseitig – angefangen von der Mitarbeit in diversen Fachgremien, speziell in der früheren Groupe Spécial Mobile, die dem europaweiten GSM-Netz seinen Namen gab, über die Entwicklung einer vollständigen Palette an Meßgeräten und -systemen bis hin zur Lieferung diverser Systemsimulatoren. Außerdem führt Rohde & Schwarz individuelle Schulungen in Theorie und Praxis für Netzbetreiber und Systemanwender durch; auf dieser Basis entstand auch das vorliegende Repetitorium.

## 1 Modulierende Signale und HF-Träger

Die zu übertragende Information liegt zunächst als eine Folge  $a(n)$  mit  $a \in \{0; 1\}$  vor. Der Modulator bildet diese Folge logischer Einsen und Nullen in eine Folge analoger Signale ab, die sich zur Übertragung eignen. Die Abbildung dieser Folge in Spannungen im Basisband bezeichnet man als Basisbandmodulation, die Abbildung dieser Basisbandsignale in HF-Signale als die Modulation des HF-Trägers. Im allgemeinen kann ein Block von  $k$  Bits aus der Serie  $a(n)$  durch einen aus  $M = 2^k$  möglichen Zuständen des Basisbandsignals dargestellt werden, ein „Block“ von einem Bit also zum Beispiel durch eine von zwei Spannungen, 0 oder 5 V, oder durch eine von zwei HF-Frequenzen,  $f + \Delta f$  oder  $f - \Delta f$ , ein Block von zwei Bits (ein Dibit) durch eine von vier Spannungen oder durch eine von vier HF-Frequenzen usw. Noch allgemeiner lassen sich die Zustände des Basisbandsignals und des HF-Signals auch als Signale  $u_i(t)$  beziehungsweise  $s_i(t)$  darstellen; sie müssen nämlich während

der Dauer eines Bits nicht notwendigerweise konstant sein. Daraus folgt, daß digitale Modulation nichts anderes ist, als das Auswählen eines aus  $M = 2^k$  möglichen Basisband- oder HF-Signalen und die Zuordnung dieses Signals zu einem Block von  $k$  Bits. Diese Prozedur wird auch als  $M$ -näre Modulation bezeichnet (BILD 1).

### 1.1 Betrachtungen im Basisband

Ein Signal wird als NRZ-Signal (Non Return to Zero) bezeichnet, wenn es während der Bitdauer  $T_{\text{Bit}}$  seinen Wert behält. Das Gegenteil ist ein RZ-Signal (Return to Zero), das seinen Wert nur für einen Bruchteil von  $T_{\text{Bit}}$ , zum Beispiel für  $T_{\text{Bit}}/2$ , behält und für den Rest der Bitdauer den Wert 0 annimmt. Bei

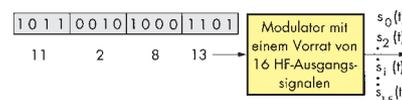


BILD 1 M-näre Modulation (hier  $M = 16$ ).

de Signale können unipolar oder bipolar sein. Sind sie unipolar, wird eines der beiden logischen Symbole durch eine endliche (positive oder negative) Spannung, das andere durch 0 V dargestellt. Bipolare Signale repräsentieren die beiden logischen Symbole durch entgegengesetzte Spannungen, sie werden auch antipodische Signale genannt.

Die Abbildung der Folge  $a(n)$  in die Basisbandsignale erfolgt digital. Die Folge  $a(n)$  wird zunächst ersetzt durch eine Folge von bewerteten Diracschen Deltafunktionen  $a(n) \cdot \delta(nT) \in \{0; 1\}$ . Zur Erzeugung eines unipolaren NRZ-Signals wird diese Folge einem Interpolationsfilter mit der Übertragungsfunktion:

$$H(f) = \frac{\sin \pi f T}{\pi f T} = \text{si}(\pi f T) \quad (1a)$$

beziehungsweise der Impuls-Antwort

$$h(t) = \begin{cases} \frac{1}{T} & \text{für } |t| \leq \frac{T_{\text{Bit}}}{2} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} \quad (\text{Spalttieffaß}) \quad (1b)$$

zugeführt. Zur Erzeugung eines bipolaren Signals wird vor der Filterung der Wert  $-0,5$  addiert und das Summensignal  $[(a(n) - 0,5) \cdot \delta(nT)] \in \{-0,5; +0,5\}$  mit 2 multipliziert. Nach der digitalen Filterung erfolgt Digital/Analog-Wandlung (BILD 2). Die so entstandenen NRZ-Signale sind jedoch nicht bandbegrenzt und würden nach der Modulation des Trägers ein theoretisch unbegrenztes HF-Spektrum bewirken. Der Spalttieffaß wird daher durch einen Tiefpaß mit effektiverer Bandbegrenzung ersetzt (z. B. mit Cos-roll-off- oder Gaußscher Übertragungsfunktion). Nach D/A-Wandlung muß das Modulationssignal noch durch einen analogen Tiefpaß von der Sampling-Frequenz des Digitalteils befreit werden.

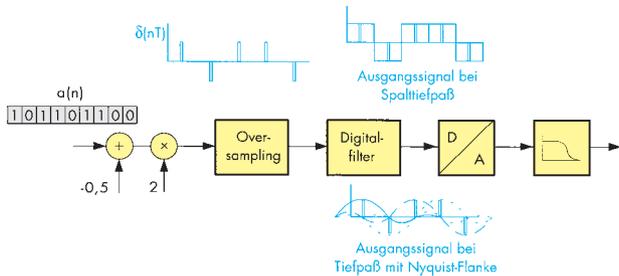


BILD 2  
Erzeugung der  
Basisbandsignale.

## 1.2 Beschreibung des HF-Signals

Das reelle HF-Signal wird durch

$$s(t) = \sqrt{2E_{\text{Bit}}/T_{\text{Bit}}} \cdot a(t) \cdot \cos[2\pi f_c t + \varphi(t)] \quad (2)$$

beschrieben, wobei  $E_{\text{Bit}}$  die Energie ist, die pro gesendetem Bit aufgebracht werden muß.  $\sqrt{2E_{\text{Bit}}/T_{\text{Bit}}}$  ist demnach die (Spannungs-)Amplitude, die an einem Widerstand von  $1 \Omega$  abfällt. Der Term  $a(t)$  repräsentiert die Zeitabhängigkeit der Amplitude,  $f_c(t)$  die zeitabhängige Trägerfrequenz und  $\varphi(t)$  die momentane Phasenlage. Um die Notation zu vereinfachen, ersetzt man häufig den Ausdruck  $\sqrt{2E_{\text{Bit}}/T_{\text{Bit}}} \cdot a(t)$  durch  $A(t)$  oder, wenn  $a(t)$  konstant ist, durch  $A$ ;  $s(t)$  wird auch Bandpaßsignal genannt, solange seine Bandbreite klein im Vergleich zur Trägerfrequenz  $f_c$  ist.

Eine äquivalente Beschreibung des HF-Signals ist durch die Darstellung seiner I-(Inphase-) und Q-(Quadratur-)Komponente gegeben. Sie lauten:

$$s_I(t) = A(t) \cdot \cos[\varphi(t)] \cdot \cos(2\pi f_c t)$$

und

$$s_Q(t) = A(t) \cdot \sin[\varphi(t)] \cdot [-\sin(2\pi f_c t)] \quad (3)$$

mit

$$s(t) = A(t) \cdot \cos[2\pi f_c t + \varphi(t)] = s_I(t) + s_Q(t).$$

Diese Art der Darstellung, die natürlich auch für unmodulierte HF-Signale gilt, trägt wesentlich zum Verständnis der verwendeten Modulatoren bei.

Auch für  $A(t) = A = \text{const.}$  beziehungsweise  $a(t) = 1$ , das heißt konstante Einhüllende des HF-Signals, wie es zum Beispiel für die in den Netzen nach dem GSM-Standard verwendete Modulation gilt (GSM steht für Groupe Spécial Mobile und Global System for Mobile Communications), sind die Amplituden der beiden modulierten I/Q-Komponenten Funktionen der Zeit. Sie können als zweiseitenbandamplitudenmodulierte HF-Signale mit unterdrücktem Träger angesehen werden;

die modulierenden Signale sind zum Beispiel Funktionen wie  $\cos[\varphi(t)]$  und  $-\sin[\varphi(t)]$ .

Für die Untersuchung des Nachrichtensignals, das durch den Nachrichtenkanal vom Sender zum Empfänger mehr oder weniger verzerrt wird, genügt es, den Einfluß des Nachrichtenkanals auf die Einhüllenden dieser beiden Komponenten zu kennen. Dies geschieht vorteilhaft durch die Einführung einer komplexen Einhüllenden des analytischen Signals:

$$\underline{s}(t) = A \cdot e^{i\varphi(t)} \cdot e^{i2\pi f_c t}, \quad (4)$$

mit dem das reelle HF-Signal über die Beziehung

$$s(t) = \text{Re}[A \cdot e^{i\varphi(t)} \cdot e^{i2\pi f_c t}] \quad (5)$$

verknüpft ist.

Die komplexe Einhüllende, auch als äquivalentes Basisbandsignal bezeichnet, erhält dann die Form:

$$\begin{aligned} \underline{u}(t) &= \sqrt{2E_{\text{Bit}}/T} \cdot e^{i\varphi(t)} \\ &= A \cdot \cos[\varphi(t)] + jA \cdot \sin[\varphi(t)]. \end{aligned} \quad (6)$$

Man beachte die Ähnlichkeit der komplexen Einhüllenden mit der I/Q-Darstellung des reellen Signals!

Wird fortgesetzt.

Peter Hatzold

## Leserpost

### Post aus Südafrika

Hugo Schmitt aus Faure in Südafrika, Sammler alter Funkgeräte, Empfänger und Röhren, schickte uns nebenstehendes Foto. Dazu schreibt er: „Beiliegend sende ich Ihnen ein Bild von alten Rohde & Schwarz-Geräten, die Sie sicherlich wiedererkennen. Der UKW-Ballempfänger (vorn Mitte, Typ ESB, Markterscheinung 1951; die Redaktion) ist ein ausgemustertes Gerät des Südafrikanischen Rundfunks, der auf Stereo-Transistorsender umstellt. Diese alten Geräte – ich besitze drei davon – waren 30 Jahre ununterbrochen in Gebrauch und arbeiten immer noch einwandfrei.“



# SME-K1, Software zur Programmierung des Datengenerators im Signalgenerator SME

Seine besonderen Stärken zeigt der Signalgenerator SME, wenn es darum geht, HF-Signale mit den unterschiedlichsten digitalen Modulationen zu erzeugen [1]. Die vorhandenen Modulationsarten GMSK,  $\pi/4$ -DQPSK, GFSK, FSK, 4FSK und FFSK erlauben den Ein-

Hierfür wurde die Software SME-K1 entwickelt, die diese Aufgabe enorm vereinfacht. Mit dieser Software kann man auf komfortable Weise Datensequenzen für die verschiedensten Aufgaben zusammenstellen. Die Software ist in die drei Menüs File, Edit und

der, die sich separat bearbeiten lassen. Das Eingeben der Daten erfolgt einfach durch Überschreiben der vorgegebenen Werte mit 0 oder 1. Verschiedene Zusatzfunktionen machen das Editieren komfortabel. Die Funktion Fill erlaubt zum Beispiel das Überschreiben eines

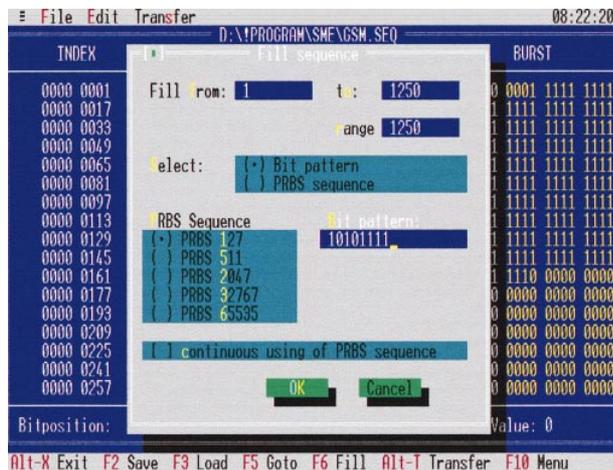


BILD 1 Bildschirmausschnitt mit der Editier-Funktion Fill.



BILD 2 Bildschirmanzeige der mitgelieferten Standard-Signalsequenzen.

satz des SME für fast jedes Mobilfunknetz. Als Modulationsdaten dienen dabei pseudozufällige Bitsequenzen oder wahlfrei eingebare Daten. Zur Speicherung im SME steht dabei in der Option DM-Coder eine Speichertiefe von 8192 bit zur Verfügung [2; 3]. Mit der zusätzlichen Option DM-Speichererweiterung sind es sogar fast 8 Mbit (genau 8 388 480 bit).

Neben den eigentlichen Daten werden auch Informationen für die bei einigen Mobilfunknetzen erforderliche Pegelabsenkung (Level Attenuation) und den Burst-Betrieb (Burst) gespeichert. Im Bedienmenü des SME ist zwar ein Editor zum Eingeben der Daten in den DM-Coder integriert, in den meisten Fällen ist es jedoch bequemer und bei den riesigen Datenmengen der Option Speichererweiterung auch gar nicht anders sinnvoll, diese Daten auf einem PC zu handhaben.

Transfer gegliedert und bietet Funktionen zum File-Handling, zum Editieren und zum Übertragen der Daten zum SME und auch zum Auslesen bereits im SME gespeicherter Daten. Die Bedienung der Software kann von der Tastatur oder mit Hilfe eines Mauszeigers erfolgen. Über Hotkeys sind die wichtigsten Funktionen schnell ansprechbar.

Hier eine Vorstellung der Menüs im einzelnen:

Im **Menü File-Handling** sind die Funktionen zusammengefaßt, die zum Erstellen neuer Datensequenzen, zu ihrem Speichern im PC und zum erneuten Aufrufen gespeicherter Sequenzen benötigt werden. Der PC bietet nahezu unbegrenzten Speicherplatz für die unterschiedlichsten Datensequenzen.

Die **Editier-Funktionen** sind in die drei Bereiche Data, Lev Att und Burst geglie-

vordefinierten Bereichs mit einem einzelebaren Muster aus bis zu acht Bits oder mit einem pseudozufälligen Bitmuster PRBS (Pseudo Random Bit Sequence), das sich erst nach 127 beziehungsweise 511, 2047, 32 735 oder 65 535 Bits wiederholt (BILD 1). Eine besondere Einstellung – Continuous Use of PRBS – gestattet es dabei, mitten in diese pseudozufälligen Daten definierte Bitfolgen einzublenden, ohne daß die PRBS erneut von vorn anfängt. Für Bitfehlerratenmessungen bei GSM sind beispielsweise lange PRBS-Datensequenzen nötig, deren Inhalt auf viele aufeinanderfolgende Zeitschlitze verteilt wird. Jeder Zeitschlitz muß aber außer den PRBS-Daten noch Tail-Bits und Trainingssequenzen enthalten. Mit der Funktion „Continuous Use of PRBS“ läßt sich die PRBS nach Eingabe dieser Synchronisationsbits nahtlos fortsetzen. Die Funktionen Insert, Append und Delete ermöglichen ein nachträgliches

Verlängern oder Verkürzen der Datensequenzlänge. Insert, Append und Delete wirken gleichzeitig auf alle drei Datenbereiche, so daß Data, Lev Att und Burst immer die gleiche Länge aufweisen. Die Funktion Rotate erlaubt ein Anpassen der Burst-Daten an die unterschiedliche Laufzeit der Signale im SME.

Das **Menü Transfer** enthält die Funktionen Transfer und Receive. Die Funktion Transfer startet die Übertragung der Daten zum SME. Die Receive-Funktion lädt Daten aus dem SME in den PC. Auf diese Weise kann der Dateninhalt gerettet werden, wenn der SME vorübergehend mit neuen Daten versehen werden soll.

Für die wichtigsten Kommunikationssysteme werden mit der Software **Standard-Signalsequenzen** mitgeliefert,

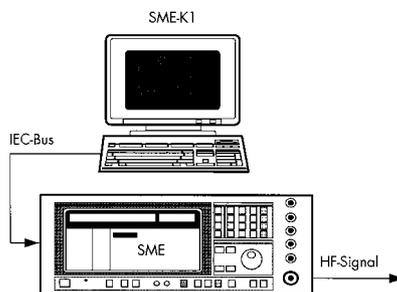


BILD 3 PC mit Software SME-K1 und Signalgenerator SME.

zum Beispiel für GSM, DECT, ADC und PDC (BILD 2).

**Hardware-Voraussetzungen:** Die Software SME-K1 läuft unter dem Betriebssystem MS-DOS und stellt nur geringe Anforderungen an den PC. Es werden nur rund 450 kByte freier RAM-Platz benötigt. Da die Datenübertragung zum

SME über den IEC-Bus erfolgt (BILD 3), muß ein IEC-Bus-Interface (PAT-B1 oder kompatibel) eingebaut und der Treiber GPIB.COM geladen sein.

Albert Winter

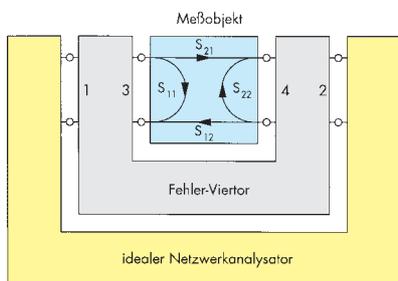
#### LITERATUR

- [1] Lüttich, F.; Klier, J.: Signal Generator SME – der Spezialist für die digitale Kommunikation. Neues von Rohde & Schwarz (1993) Nr. 141, S. 4–7.
- [2] Application Note 1GPAN08: SME mit DM-Coder, Hinweise zum Einsatz des Datengenerators.
- [3] Application Note 1GPAN14: Simulation des BCCH-Kanals einer GSM/PCN-Basistation mit dem Signal Generator SME.

Näheres unter Kennziffer 150/18

## Verfahren zum Kalibrieren eines Netzwerkanalysators

Die Kalibriermethode TOM-X\* ist eine Weiterentwicklung des TOM-Kalibrierverfahrens. Im Gegensatz zu den gebräuchlichen Kalibriermethoden werden bei TOM-X sämtliche möglichen Verkopplungen zwischen den vier Empfangskanälen mathematisch exakt berücksichtigt und können anschließend rechnerisch eliminiert werden. Dazu wird ein Fehlermodell entsprechend untenstehender Abbildung zugrunde gelegt (Vollmodell), in dem sich zwischen den beiden Anschlußsternen des Meßobjekts und dem Zweitor-Netzwerkanalysator, z. B. ZVR, ein sogenanntes Fehler-Vierort befindet, das die Nichtidealitäten des Systems enthält und sämtliche möglichen Verkopplungen beschreibt. Die Streumatrix



\* Heuermann, H.; Schiek, B.: Results of Network Analyzer Measurements with Leakage Errors Corrected with the TMS-15-Term Procedure. IEEE MTT-S International Microwave Symposium, San Diego (1994) pp. 1361–1364.

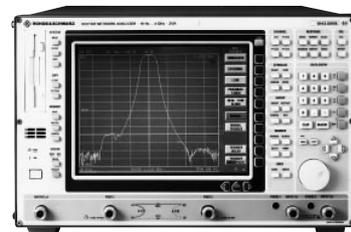
dieses Fehler-Vierorts hat  $4 \times 4 = 16$  Elemente, von denen sich ein Element wegnormieren läßt. Übrig bleiben 15 unbekannte Terme, die für jeden einzelnen Frequenzpunkt durch Kalibriermessungen ermittelt werden müssen.

Diese Kalibriermethode ist zwar besonders effizient, erfordert aber den höchsten Aufwand bei der Kalibrierung. Im Gegensatz zu den übrigen Kalibrierverfahren müssen hier gleichzeitig an beiden Meßsternen des Netzwerkanalysators Einton-Standards angeschlossen werden. In diesem Zusammenhang spricht man deshalb häufig von Doppel-Einton-Standards. Insgesamt sind fünf Kalibriermessungen erforderlich, und zwar bei einer direkten Durchverbindung der beiden Meßsternen, bei reflexionsarmem Abschluß beider Meßsternen, bei reflexionsarmem Abschluß von Tor 1 und gleichzeitigem Leerlauf von Tor 2, bei Leerlauf beider Meßsternen sowie bei Leerlauf von Tor 1 und gleichzeitigem reflexionsarmem Abschluß von Tor 2.

Nach der Kalibrierung bewirkt die Systemfehlerkorrekturrechnung eine mathematisch korrekte und praktisch besonders effiziente Eliminierung von Übersprechern und dient so zur Erhöhung der effektiven Systemdynamik. Die Kalibriermethode TOM-X ist als einziges Zweitor-Kalibrierverfahren in der Lage, einen vom Meßobjekt abhängigen Übersprechfehler exakt zu korrigieren. Daher rührt auch seine Bezeichnung TOM-X,

wobei X für Crosstalk steht. Die durch TOM-X erreichte Reduzierung von Übersprechern erlaubt genaue Messungen sogar bei Signalpegeln, die kleiner sind als Systemübersprecher. Diese Eigenschaft ist speziell bei On-Wafer-Messungen nützlich, bei denen über die zu messende Struktur hinweg starke direkte Übersprecher in der Größenordnung von 40 dB zwischen den Meßspitzen auftreten können.

Patentschrift DE 43 32 273 A1  
Angemeldet von Rohde & Schwarz  
am 23.09.1993  
Offenlegungstag 16.06.1994  
Erfinder:  
Burkhard Schiek; Holger Heuermann



Anwendung in den Vektoriellen Netzwerkanalysatoren der Familie ZVR

Näheres über ZVR unter Kennziffer 150/01

## Patent

# Anmerkungen zur Zukunft der Funkkommunikation

**Zum hundertsten Geburtstag der Funkkommunikation hatte Rohde & Schwarz nach München eingeladen (hierzu auch unsere Kurznachricht auf S. 58 in diesem Heft). Geschäftsführer Dipl.-Ing. Hans Wagner gab einen Ausblick auf das zweite Jahrhundert Funk (BILD) – hier ein Auszug daraus. Das Thema schließt direkt an den Leitartikel im letzten Neues-Heft an, der den Beitrag von Rohde & Schwarz auf dem Gebiet des Funks bis heute darstellt.**

Noch in den 80er Jahren schien die Zukunft der Funkkommunikation – insbesondere des terrestrischen Funks – ohne große Perspektiven. Bis auf klassische mobile Anwendungsfälle (wie im Automobil, Flugzeug oder Schiff), die einfach nicht anders zu bewältigen waren, galt neben dem Kupferkabel die Zukunft der Glasfaser. Doch dann trat, ausgehend von der Datentechnik und Datenübertragungstechnik, eine Entwicklung ein, die – basierend auf Digitaltechnologie – revolutionäre Veränderungen auch für alle anderen Gebiete der Informations- und Kommunikationstechnik einleitete: die Verkettung von Informationsbearbeitung und Übertragung mit Hilfe optimierter, standardisierter Codierverfahren. Man hatte gelernt, daß man den Übertragungskanal nur dann optimal ausnutzen kann, wenn man von vornherein die digitale und – wenn zunächst nur analog vorhanden – die digitalisierte Nachricht durch Codierung so vorbereitet, daß sie optimal zum Übertragungskanal paßt. Auf einmal wurden Lösungen möglich, von denen man viele Jahre nur geträumt hatte: praktisch fehlerfreie, ungestörte Übertragung von Nachrichten über den schwierigsten und anfälligsten aller Kanäle, nämlich die Funkstrecke mit all ihren Störeinflüssen.

Man wagte sich nun mit Digitaltechnik an den Mobilfunk heran, nutzte alle verfügbaren Techniken wie Quellencodierung, Zeitmultiplex, Bandspreizung, setzte modernste Modulationsverfahren ein, und der schnell weltweit akzeptierte Standard (GSM) war geboren. Zunächst als Mobiltelefon begonnen, schreitet nun die Entwicklung fort über das schnurlose digitale Telefon hin zur



Rohde & Schwarz-Geschäftsführer Hans Wagner hielt die Schlußrede bei der Veranstaltung „100 Jahre Funk“ im Hause Rohde & Schwarz.

drahtlosen Anschlußleitung oder zum drahtlosen Anschlußnetz.

Parallel dazu geht die Entwicklung der redundanzreduzierenden Verfahren vor allem zur Bild- und Tonübertragung mit Riesenschritten voran. Verfahren, die physiologische, akustische und optische Phänomene des Menschen nutzen (Stichwort MUSICAM beim Hörfunk), gekoppelt mit modernen Vielträgermodulationsverfahren, haben zur Realisierbarkeit des digitalen Hörfunks (Digital Audio Broadcasting, DAB) und des digitalen Fernsehens (Digital Video Broadcasting, DVB) geführt, die weltweites Interesse finden und bereits in Pilotnetzen in Betrieb sind (siehe Beiträge auf Seite 58).

Funk war mit Ausnahme des Rundfunks in der Vergangenheit eine Technik vor allem für Behörden und für die Amateurfunker. Selbst das teure analoge Autotelefon war das Privileg weniger. Heute ist – als Beispiel – das Funktelefon auf dem Weg zum weltweit erschwinglichen Konsumartikel. Die Di-

gitalisierung allein hat dies aber nicht ermöglicht. Erst die Mikroprozessor-Technologie hat den Traum vom Hochleistungskonsumartikel Wirklichkeit werden lassen. Viele hunderttausende von Transistorfunktionen sind da auf wenigen Quadratmillimetern vereinigt. Grundvoraussetzung, daß die Geräte billig werden, ist die Sicherstellung extrem hoher Stückzahlen. Dies ist nur bei möglichst weltweiter Standardisierung der grundlegenden Systeme erreichbar. Bei GSM ist dies weitgehend gelungen, bei DAB und DVB bahnt es sich an.

Es sind also zunächst zwei technologisch treibende Kräfte, nämlich die Digitalisierung mit Codierung und die Hochintegration der zu realisierenden Produkte, die der Funkkommunikation neue Perspektiven gegeben haben und zukünftig noch geben werden. Den wichtigsten Impuls gibt aber die weltweit einsetzende Liberalisierung und Deregulierung. Erst durch den Wettbewerb auch beim Funk sind die Teilnehmerzahlen durch interessante neue Dienste und sinkende Gebühren sprunghaft gestiegen und haben den Einsatz hochintegrierter Schaltungen zu günstigen Preisen möglich gemacht. Dieser nun zugelassene Wettbewerb ergreift nach dem Mobilfunk auch den Rundfunk und wird ihn verändern. Man denke nur an die interaktiven Dienste. Die jetzt realisierbaren Multimediadienste müssen erst auseinanderdividiert und den Begriffen Rundfunk beziehungsweise Individual-Kommunikation zugeordnet werden.

Die Nutzung der drahtlosen Nachrichtenverbindung über elektromagnetische Wellen wird zukünftig vielfältiger sein als jemals zuvor. Die Zuwendung zur Digitaltechnik hat den Funk für eine Vielzahl von Anwendungen zum gleichberechtigten „Partner“ mit Glasfaser und Kupferkabel gemacht. Funksysteme mit Ausnahme derer mit hoher Sendeleistung im Kilowatt-Bereich und höher, sind physikalisch beweglich und

schnell aufbaubar. Das verschafft ihnen Vorteile vor Draht und Glas.

Durch die in Zukunft bei der Funkkommunikation fast ausschließlich verwendete digitale Übertragung der Information wird sich der Schwerpunkt der technischen Weiterentwicklung noch stärker als heute auf die Software und dort speziell auf Codierung und Signalisierung verlagern. Die Erzeugung hoher HF-Leistungen wird an Bedeutung verlieren gegenüber intelligenten, adaptiven Sendeleistungs-Managementverfahren, wie man sie schon bei GSM einsetzt oder gegenüber Verfahren und Konzepten, die von vornherein geringe Sendeleistungen aufweisen. Durch die schnell wachsende Verwendung der Funktechnik wird die Bedeutung der elektromagnetischen Verträglichkeit und deren Optimierung steigen, besonders in bisher ausschließlich dem Draht beziehungsweise Glas vorbehaltenen Anwendungen (z. B. Last Mile, Wireless LAN oder Local Loop).

Hierbei werden auch die Frequenzvergabe- und Frequenzmanagement-Organisationen der Länder weit mehr als bisher gefordert werden, um einerseits gegenseitige Störungen zu verhindern oder zu beseitigen und andererseits den gewünschten Wettbewerb der Netz- und Dienstanbieter bestmöglich zu unterstützen. Die zwingend notwendige Verwendung hochintegrierter Schaltungen in Funkgeräten der Zukunft erfordert eine stabile, zuverlässige und enge Zusammenarbeit mit Chip-Herstellern und Zugriff zur Software, die man zu deren Modellierung, Simulation und Prüfung braucht.

Langfristig werden nur die Funkanwendungen überlebensfähig sein, die auf weltweit verwendeten Normen und Verfahren beruhen. Die Begrenzung der Anwendung von Funkkommunikation wird in der Zukunft ausschließlich in der Begrenzung der Ressource Frequenz einschließlich deren physikalischen Grenzen hinsichtlich Ausbreitung und

der Verträglichkeit liegen. Die Besitzverhältnisse Frequenz werden sich unter dem Druck von Angebot und Nachfrage bis auf wenige Fälle (Sicherheit, Militär) ändern in Richtung auf kommerzielle und öffentliche Verwendung.

Da durch die Digitaltechnik sich fast unbegrenzte, komplexe Möglichkeiten der Anwendung des Funkkanals ergeben, wird die Funkkommunikation in vielen Fällen integrierter Bestandteil hybrider Systeme werden. Dies erfordert internationale, ja weltweite Kooperation sowohl innerhalb der Industrie, innerhalb der Netzbetreiber und Dienstanbieter als auch zwischen den drei Gruppen, um im Wettbewerb mit vorn dabei zu sein. Rohde & Schwarz hat sich an der Schwelle des zweiten Jahrhunderts Funkkommunikation auf diese Verhältnisse eingestellt und nimmt die Herausforderungen zukünftiger Funksysteme und internationaler Partnerschaften dynamisch an.

Hans Wagner

## Multimode-Meßplatz CMD für Mobilfunkgeräte der Standards GSM, PCN, PCS und DECT

Mit der CMD-Familie bietet Rohde & Schwarz Meßplätze für Mobilfunkgeräte digitaler, zellularer Netze aller weltweit bedeutenden Mobilfunkverfahren. Sämtliche Geräte haben ein identisches Äußeres und einen vergleichbaren internen Aufbau. Unterschiede ergeben sich in den für die jeweiligen Netze optimierten Meßmöglichkeiten und der damit verbundenen Bedienung.

Für eine weitergehende Nutzung von Synergien und eine Vereinheitlichung der Meßtechnik in Produktionsstätten sowie im Service und vor allem für zukünftige Dual-Mode-Mobilfunkgeräte



BILD 1  
Multimode-Meßplatz  
CMD für Mobilfunk-  
geräte nach GSM-,  
PCN-, PCS- und  
DECT-Standard.  
Foto 42 198

gibt es nun auch GSM/PCN/PCS-Meßtechnik in Kombination mit DECT-Meßtechnik in einem CMD (BILD 1). Die Bereitstellung der jeweils gewünschten zusätzlichen Meßfunktionen geschieht durch Optionen und garantiert

hierbei maximale Flexibilität und Zukunftssicherheit. So ist leicht eine spätere Hochrüstung möglich, und bereits vorhandene Geräte können mit geringem Investitionsaufwand ineinander überführt werden.

Speziell für Dual-Mode-Mobilfunkgeräte mit Kombination von DECT und GSM beziehungsweise Artverwandten spielt das Optionen-Konzept zusammen mit den beiden simultan vorhandenen Signalisierungseinheiten für GSM/PCN/PCS und für DECT entscheidende Vorteile aus: Die Signalisierungseinheiten sind für das jeweilige Netz in bezug auf die Meßgeschwindigkeit optimiert, und das bei nur einer Signalisierungseinheit erforderliche Umladen der Betriebs-Software entfällt, womit sich eine weitere Geschwindigkeitssteigerung ergibt. Der größte Nutzen hieraus entsteht sicherlich im Produktionsbereich, in dem die Einsparung von Sekunden bei der meßtechnischen Prüfung entscheidend für die Wirtschaftlichkeit einer Funktelefon-Produktion sein können.

Für den CMD als Multimode-Meßplatz sind CMD52 für GSM, CMD55 für GSM/PCN/PCS [1; 2] sowie der DECT-Meßplatz CMD60 [3] ineinander überführbar (TABELLE). So stellt beispielsweise der CMD55 mit DECT-Erweiterung exakt die Kombination von CMD55 mit CMD60 dar (BILD 2). Die Realisierung der Multimode-Fähigkeit

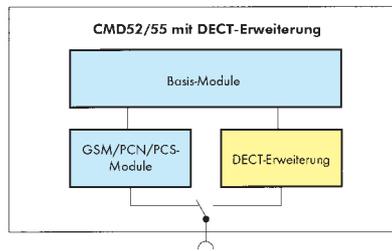
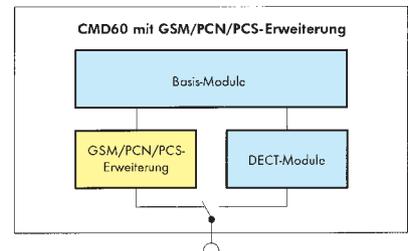


BILD 2 Konzept der Multimode-Fähigkeit des Digital Radiocommunication Testers CMD ohne Einschränkung von Meßqualität, -komfort und -geschwindigkeit mit jeweils getrennten Funktionseinheiten inklusive Signalisierung.

in Form einer Zusammenführung von quasi zwei CMD in nur ein Gerät ist kompromißlos. Jede einzelne Meßmöglichkeit und die hervorragenden technischen Daten der Basisgeräte sowie die Bedienung im Handbetrieb und

	GSM	PCN (DCS1800)	PCS (DCS1900)	DECT
CMD52	●	○	○	○
CMD55	●	●	○	○
CMD60	○	○	○	●

TABELLE: CMD-Modelle für GSM, PCN, PCS und DECT mit der jeweils optionalen Erweiterung zum Multimode-Meßplatz (● = serienmäßig, ○ = optional).



auch im Fernsteuerbetrieb mit der extrem hohen Meßgeschwindigkeit bleiben unverändert erhalten.

Michael Vohrer

#### LITERATUR

- [1] Mittermaier, W.; Holzmann, G.: Digital Radiocommunication Tester CMD55 – GSM- und PCN-Meßtechnik in einem Kompaktmeßplatz. Neues von Rohde & Schwarz (1994) Nr. 145, S. 18–20.
- [2] Vohrer, M.: Zukunftsweisende Meßtechnik für GSM/PCN-Mobiltelefone mit CMD52/55. Neues von Rohde & Schwarz (1994) Nr. 145, S. 48–49.
- [3] Maucksch, T.: Digital Radiocommunication Tester CMD60 – Ein preisgünstiger Kompaktmeßplatz für die Serienfertigung von DECT-Telefonen. Neues von Rohde & Schwarz (1995) Nr. 149, S. 13–15.

Näheres Leserdienst Kennziffer 150/19

## Low-Cost-Service-meßplätze CMD50/53 für GSM/PCN/PCS-Mobilfunkgeräte

Die Digital Radiocommunication Tester der CMD-Familie für GSM, PCN (DCS1900) und PCS (DCS1900) haben dank ihrer Universalität sowie hohen Meßgenauigkeit und Meßgeschwindigkeit eine beachtliche Marktakzeptanz erzielt und sind bei nahezu allen Mobilfunkgeräteherstellern im Einsatz. Rohde & Schwarz ergänzt die Gerätereihe jetzt um zwei weitere Modelle mit spezieller Service-Eignung zu

interessantem Preis: CMD50 für GSM und CMD53 für GSM, PCN sowie optional PCS (BILD).

Die neuen Modelle basieren auf ihren Pendanten CMD52 und CMD55 [1 bis 3] und wurden gegenüber diesen um diejenigen Meßmöglichkeiten abgemagert, die für Serviceapplikationen nicht von Bedeutung sind. So steht im CMD50/53 anstelle der Hochge-

schwindigkeits-IEC-Bus-Schnittstelle eine RS-232-C-Fernsteuermöglichkeit zur Verfügung. Die Multifunktionsbuchse mit Zugriff auf die I/Q-Signale der internen CMD-Modulatoren und -Demodulatoren, die ausschließlich für Produktion und Entwicklung relevant ist, bleibt dem CMD52/55 vorbehalten. Der zusätzlich zum HF-Ein-/Ausgang beim CMD52/55 vorhandene Hochpegel-HF-Ausgang und der hochemp-

findliche, zweite HF-Eingang für spezielle Modultests in der Produktion sind bei CMD50/53 als Option erhältlich. Damit ist gewährleistet, daß zukünftige Mobilfunkgeräte mit eventuell integrierter Antenne und ohne HF-Anschluß problemlos getestet werden können. Ebenfalls als Option verfügbar ist der DC-Strom-/Spannungsmesser mit GSM-spezifischer Meßcharakteristik.

Geräteverhalten und exakt vergleichbare Meßergebnisse. Automatische, interne Ablaufprogramme – zum Beispiel für den Produktionsbereich – sind auch in den Service-Meßplätzen nutzbar. Im blauen KASTEN sind alle zum Digital Radiocommunication Tester CMD50/53 verfügbaren Optionen sowie das Zubehör übersichtlich aufgelistet.

Mit dem CMD50/53 bietet sich dem Mobilfunkgerätehersteller nicht nur eine preislich besonders attraktive Lösung für den Service, sondern er profitiert zusätzlich von der durchgängigen Prüfphilosophie mit quasi identischer Meßtechnik vom Modultest über den Endtest in der Produktion mit CMD52/55 bis zu Wartung und Service mit CMD50/53.

Michael Vohrer



GSM-, PCN- und PCS-Mobilfunkgerätemeßplatz CMD53 für Service- und Wartungseinsatz zu interessantem Preis. Foto 42 288

Sämtliche anderen Meßmöglichkeiten sowie die technischen Daten und auch die Bedienung sind bei allen vier Geräten identisch. Dies ermöglicht nicht nur eine problemlose gemeinsame Nutzung oder einen Tausch der Geräte, sondern garantiert bei Einsatz von CMD52/55 in der Produktion und CMD50/53 im Service identisches

#### Optionen

CMD-B1	OCXO-Referenzoszillator
CMD-B3	Multi-Referenzfrequenz-Ein-/Ausgänge
CMD-B4	Phasenfehler-, Frequenzfehler-, Leistungsrampen- und BER-Messung
CMD-B41	NF-Meßteil mit Frequenzzähler
CMD-B42	Leistungsrampen-Messung mit hoher Dynamik
CMD-B43	GSM-spezifische Spektrumsmessungen
CMD-B62	Memory-Card-Schnittstelle (Optionsträger B6 erforderlich)
CMD-B19	PCS-Erweiterung (für CMD53)
CMD-B20	DC-Strom-/Spannungsmesser
CMD-B30	Hochpegel-HF-Ausgang, empfindlicher HF-Eingang

#### Zubehör

CMD-Z1	Formatierte Memory Card
CTD-Z10	Antennenkoppler mit geschirmtem Gehäuse

#### Software

CMD-K43	Schmalband-Spektrumanalyse
---------	----------------------------

#### LITERATUR

- [1] Mittermaier, W.; Holzmann, G.: Digital Radiocommunication Tester CMD55 – GSM- und PCN-Meßtechnik in einem Kompaktestplatz. Neues von Rohde & Schwarz (1994) Nr. 145, S. 18–20.
- [2] Vohrer, M.: Zukunftsweisende Meßtechnik für GSM/PCN-Mobiltelefone mit CMD52/55. Neues von Rohde & Schwarz (1994) Nr. 145, S. 48–49.
- [3] Mittermaier, W.: Modultest mit Digital Radiocommunication Tester CMD52/55. Neues von Rohde & Schwarz (1995) Nr. 149, S. 36–37.

Näheres unter Kennziffer 150/20

# CMD-Kompaktmeßplatz R4860 prüft Telefone des japanischen Mobilfunknetzes PDC



Digital Radiocommunication Tester R4860, ein Kompaktmeßplatz auf Basis der CMD-Geräte, für Sender- und Empfänger-messungen an Mobiltelefonen des japanischen Netzes PDC.

Foto 42 333/1

Zusammen mit seinem japanischen Kooperationspartner Advantest hat Rohde & Schwarz – weltweit führend in Sachen Mobilfunkmeßtechnik – einen Tester für das digitale japanische Funknetz PDC (Personal Digital Cellular) entwickelt. Der **Digital Radiocommunication Tester R4860** (BILD) basiert auf der erfolgreichen **CMD-Familie** (siehe Seite 53 und 54 in diesem Heft). Man mißt damit in Service, Materialerhaltung und Produktion Telefone für das digitale Netz, das sich derzeit in Japan im Aufbau befindet; die **Eckdaten des PDC-Netzes** sind:

Frequenzbereich

MS → BS 940 bis 956 MHz  
und 1429 bis 1453 MHz  
BS → MS 810 bis 826 MHz  
und 1477 bis 1501 MHz

Leistung vier Leistungsstufen bis 3 W  
Kanalraster 50 kHz (Zwischenkanalraster 25 Hz)

TDMA 2 aus 6 Zeitschlitz  
Rahmenlänge 40 ms

Modulation  $\pi/4$ -DQPSK

An einem Funktelefon gilt es in Produktion und Service das zu messen, was sich nach der Fertigung als defekt herausstellen oder im Betrieb verschleifen kann. Diese Defekte erfaßt man hauptsächlich durch Messungen an der HF-Schnittstelle. Signalisierungs-Software in der Mobilstation ist davon nicht betroffen. Über ein Steuer-Interface bringt der Radiocommunication Tester das Funkgerät in einen Zustand, in dem die entsprechenden Messungen durchgeführt werden können.

Die **Sendertests** im R4860 sind:

- a) Frequenzgenauigkeit des Trägers,
- b) belegte Bandbreite,
- c) Sendeleistung, Leistungsverlauf,
- d) Abschaltleistung zwischen den Zeitschlitzten,
- e) Modulation,
- f) Nachbarkanalleistung, Nebenaus-sendungen,
- g) Genauigkeit der Bitrate;

**Empfängertest:**

- h) Empfindlichkeit (BER).

Die Messungen a, b, c, e, g und h sind Messungen, die dazu beitragen, daß

der Nutzer qualitativ hochwertig kommunizieren kann; b, d und f helfen sicherzustellen, daß viele Teilnehmer im Netz störungsfrei nebeneinander agieren können.

Die **Handbedienung** des Meßplatzes erfolgt mit Hilfe eines großen, kontrastreichen LC-Displays, mit Softkeys und Benutzerführung. Sie erfordert im alltäglichen Betrieb keine speziellen PDC-Kenntnisse. Die Meßparameter werden in Konfigurationssmenüs auf Standardwerte voreingestellt, genauso wie die Pass/Fail-Grenzen, so daß der eigentliche Meßablauf an der Mobilstation sehr einfach durchgezogen werden kann. Dazu trägt auch bei, daß grundlegende Meßergebnisse bereits ohne Aufforderung durch den Benutzer angezeigt werden. Besonders im Service wird diese leichte Bedienbarkeit des Gerätes geschätzt.

Sämtliche Einzeltests und Meßergebnisse sind auch an der **Fernsteuerschnittstelle** (IEEE, IEC488) zugänglich. Hohe Meßgeschwindigkeit, besonders über IEC-Bus, prädestinieren den R4860 für den Einsatz im Endtest der Produktionslinie.

Thomas Maucksch

Näheres unter Kennziffer 150/21

# Prozeß-Gaschromatograph zur Überwachung von Produktionsprozessen in der chemischen Industrie

Herstellungsprozesse verlangen eine ständige Kontrolle der einzelnen Verfahrensabläufe. So müssen neben den Produkten auch die eingesetzten Edukte und Zwischenprodukte hinsichtlich Art und Qualität überwacht werden. Um einen modernen Herstellungsprozeß effizient zu gestalten, setzt man Mehrkomponenten-Analysatoren mit hoher Analysegeschwindigkeit ein. Minimale Betriebskosten sind dabei ebenso erforderlich wie eine einfache und schnelle Integration in das jeweilige Produktionsumfeld.

Ein typischer Mehrkomponenten-Analysator ist der Gaschromatograph; er kann komplexe Gasgemische auftrennen und die Gehalte der einzelnen Komponenten bestimmen. Das Verfahren basiert auf der unterschiedlichen Löslichkeit von Substanzen in einer mobilen und einer stationären Phase. In der stationären Phase wird das Gasgemisch mit Hilfe eines Trägergases durch eine beschichtete Trennsäule geleitet. Verschiedene Komponenten verweilen dann verschieden lange in der Trennsäule, wodurch eine Auftrennung erfolgt. Schließlich registriert ein Detektor die einzelnen Komponenten in ihrer zeitlichen Abfolge.

Im Rahmen einer neuen Produktreihe hat Rohde & Schwarz Werk Köln einen modernen Prozeß-Gaschromatographen (PGC) für den harten Industrieinsatz entwickelt: den Mikro-PGC 400 (BILD). Herzstück dieses Gerätes ist ein miniaturisierter Gaschromatograph, dessen Bauteile mittels Micro-Machining aus Silizium gefertigt wurden, einem durch die Micro-Chip-Herstellung bekannten, äußerst präzisen Produktionsverfahren. Die Verwendung von Mikrobauteilen – wie etwa Ventilen – gewährleistet eine hohe Lebensdauer sowie kürzeste Analysezeiten. Verglichen mit herkömmlichen GC-Systemen wird durch den Einsatz eines miniaturisierten

Injektors und Detektors eine zehn- bis 20mal schnellere Analysezeit erreicht, wobei eine gute Trennleistung selbstverständlich ist.

ste Zykluszeiten bei gleichzeitig hoher Standzeit erreicht. Anforderungen der Industrie nach leichter Bedienbarkeit, Servicefreundlichkeit, geringen Be-



Prozeß-Gaschromatograph Mikro-PGC 400 für die Analyse von 33 Raffineriegasen.

Mit dem Mikro-PGC 400 lassen sich beispielsweise 33 Raffineriegase in weniger als drei Minuten detailliert vermessen, wobei gleichzeitig auf vier Kanälen injiziert und analysiert wird. Die Analysezeit herkömmlicher Systeme beträgt bei dieser Applikation etwa 20 Minuten. Damit wird der Mikro-PGC auch für solche Anwendungen interessant, bei denen bisher aufgrund der geforderten Schnelligkeit Gaschromatographen nicht in Frage kamen.

Durch den Einsatz entsprechender Vorsäulen mit Rückspülung werden kürze-

triebskosten sowie Flexibilität erfüllt der Multikomponenten-Analysator in vollem Umfang. Durch die Vielzahl der Optionen – zum Beispiel verschiedene Injektoren, Rückspülung, Ex-Schutz, Probenschaltung, Alarmfunktionen – verbunden mit der Applikationserstellung bietet Rohde & Schwarz mit dem Mikro-PGC ein schlüsselfertiges System, das optimal an die Kundenwünsche und -forderungen angepaßt werden kann.

Dr. Andreas Waßerbürger

Näheres unter Kennziffer 150/22



## 100 Jahre Funkkommunikation – für R&S ein Grund zum Feiern

Das denkwürdige Jubiläum „100 Jahre Funk“ (wir widmeten diesem Ereignis das Titelbild und den Leitartikel im letzten Neues-Heft) war für Rohde & Schwarz Anlaß, mit einer außergewöhnlichen Festveranstaltung das bisher Erreichte zu feiern und die Zukunft der Funkkommunikation mit rund 200 internationalen Gästen aus Politik, Behörden und Fernmeldeverwaltungen sowie aus der Wirtschaft zu diskutieren. Am Abend des 11. Oktober 1995 erwartete die eintreffenden Gäste in einem großen, gemütlichen Festzelt auf dem Firmengelände in München ein vielfältiges Erlebnisprogramm zur Einstimmung auf die „Welt der Funkkommunikation“. Als Höhepunkt traten die direkten Nachkommen der Funkpioniere Popov und Marconi auf: Nadejda Mishkinis aus Moskau und Capt. Vittorio Marconi aus Kolumbien (im BILD zwischen den R&S-Geschäftsführern Friedrich Schwarz und Hans Wagner).

Am nächsten Morgen eröffnete Friedrich Schwarz den Festakt mit der Begrüßung der Gäste. Er unterstrich die besondere Rolle des privaten, unabhängigen Unternehmens Rohde & Schwarz im Markt und dessen Anpassung an die neuen Herausforderungen der digitalen Welt. Staatssekretär vom Bundesministerium für Post und Telekommunikation, Gerhard O. Pfeffermann, beschrieb in seiner Festansprache die weltweiten Chancen und Auswirkungen der Deregulierung und Liberalisierung der Telekommunikation. Direktor Theodor Irmer überbrachte die Grüße der International Telecommunication Union (ITU) und lobte das Engagement von Rohde & Schwarz auf dem Funksektor. Mit eindrucksvollen Dokumentaraufnahmen und Zeitdokumenten erinnerten Prof. Les W. Barclay und der frühere Direktor

der ITU Radiocommunications, Richard C. Kirby, an die Meilensteine der hundertjährigen Entwicklungsgeschichte der Funktechnik.

Natürlich wurden den Gästen auch die wichtigsten Arbeitsgebiete von Rohde & Schwarz anhand praktischer Beispiele nähergebracht. Dazu hatten die Geschäftsbereiche in zehn Stationen umfangreiche Hard- und Software-Demonstrationen vorbereitet. Am Abend stand die Einladung zu einem Staatsempfang in der Münchener Residenz auf dem Programm. Nach einer Führung durch die Schatzkammer, das Antiquarium und die Ahnengalerie begrüßte der bayerische Wirtschaftsminister, Dr. Otto Wiesheu, die Gäste und zeigte sich erfreut darüber, daß Rohde & Schwarz so viele hochrangige Interessenten aus aller Welt für Technik aus Bayern nach München geholt hat. Geschäftsführer Hans Wagner führte in einem Schlußvortrag seine Gedanken über die – digitale – Zukunft des Funks als gleichrangiger Partner von Kabel und Glasfaser aus (ein Auszug aus der Rede auf S. 52). Nach so viel Technik sorgte ein bayerischer Abend im Gebirge mit besinnlicher Saitenmusik und zünftiger Blasmusik für einen entspannenden Ausklang. HW/ro



## DAB live in Peking

Zeitgleich mit dem Start des DAB-Pilotprojekts in Bayern im Oktober 1995 (siehe auch nächste Meldung) fand in China ein internationales Symposium über Rundfunk-Technik mit dem Schwerpunktthema DAB statt. Zu dieser wichtigen Veranstaltung war auch ein R&S-Team nach Peking gereist, um vor Ort die Leistungsfähigkeit von Rohde & Schwarz in Vorträgen und mit einer erstmaligen Live-Übertragung des DAB-Programms des Bayerischen Rundfunks (die Hörfunkprogramme BR1 bis BR5 und Antenne Bayern) via Satellit nach Peking auf den Ausstellungsstand von Rohde & Schwarz darzustellen.

Am Morgen nach dem offiziellen DAB-Start hat BR3 außerdem nach den Frühnachrichten aktuell einen Beitrag zu DAB in chinesischer Sprache ausgestrahlt und zeitgleich nach Peking übertragen, wo viele chinesische Besucher zu ihrer Überraschung diese Sendung aus Deutschland live in ihrer Muttersprache in CD-Qualität auf dem R&S-Messestand hören konnten. Zusätzlich fand mit Unterstützung der Deutschen Telekom AG eine Videoschaltkonferenz via Satellit zwischen Peking und München statt (im BILD die Teilnehmer in München). In China waren als Gäste dabei: Vizeminister He Dong Cai, Ministry of Radio, Film and TV, der auch die Schirmherrschaft für das Symposium in Peking übernommen hatte, Cheng Xiaoning, President of Academy of Broadcasting Science und Wu Yingjian, State Science and Technology Commission. In München drückte Staatsminister Erwin Huber in seiner Grußadresse an den chinesischen Vizeminister den Wunsch und die Zuversicht aus, daß mit Unterstützung der Bayerischen Industrie in naher Zukunft auch in China die DAB-Technik eingeführt werden



kann. Vizeminister He Dong Cai zeigte sich sehr beeindruckt von der Live-Übertragung von Bayern nach Peking und dankte allen daran Beteiligten und kündigte für das nächste Jahr den Start eines DAB-Pilotprojekts in Süd-China an. J. Beckmann

## Start des DAB-Projekts Bayern

Anläßlich der Medientage in München im Oktober 1995 fiel der Startschuß zum weltweit größten DAB-Sendernetz – dem Pilotprojekt Bayern. Rund 800 Gäste hatte die Bayerische Landeszentrale für neue Medien zu diesem Ereignis auf die Praterinsel in München geladen, darunter auch Politprominenz wie Bundespostminister Dr. Wolfgang Bötsch und Staatsminister Erwin Huber. Rohde & Schwarz war als Generallieferant für die Technik der DAB-Senderstandorte an der Gestaltung dieses Abends maßgeblich beteiligt: Eine R&S-Luftaufnahme der Sendestation Wendelstein war der Blickfang gleich im Eingangsbereich. Mit einer Laserprojektion wurden die digitalen Sendesignale in das Ausbreitungsgebiet München nachempfunden.



Den offiziellen Startschuß löste dann Staatsminister Huber per Knopfdruck während einer Live-Schaltung von der Praterinsel in die „Bayern-Rundschau“ aus. Im Anschluß daran wurde die Sondersendung „Brisant“ des Bayerischen Rundfunks live von der Veranstaltung übertragen. Neben Interviews mit den Ministern Huber und Bötsch sowie dem Intendanten des Bayerischen Rundfunks, Prof. Dr. Albert Scharf, und dem Präsidenten der Bayerischen Landeszentrale für neue Medien, Prof. Dr. Wolf-Dieter Ring, gab es verschiedene Beiträge zum Thema DAB.

Unter dem Beifall der anwesenden Gäste präsentierte Rohde & Schwarz zum Abschluß des offiziellen Teils die DAB-Geburtstagsorte. Das 250 kg

schwere Kunstwerk (Ausmaße ca. 1,40 m x 1,20 m) hatte die Form der Landkarte Bayerns. In farbigem Zuckerguß waren die Ausbreitungsgebiete der digitalen Sendesignale dargestellt, die dazugehörigen Sendestationen waren naturgetreu aus Schokoladenmasse nachgefertigt. R&S-Geschäftsführer Hans Wagner übergab das Tortenmesser zum Anschnitt an die Minister Bötsch und Huber (im BILD von links: Staatsminister Erwin Huber, Hans Wagner und Prof. Dr. Wolf-Dieter Ring). Die Torte fand großen Anklang und wurde während des Abends restlos geplündert. N. Julien

## Funkmeßplätze CMS für die australische Armee

Die australische Armee hat bei Rohde & Schwarz (Australia) Pty. Ltd. 154 Radiocommunication Service Monitore CMS53 geordert. Das BILD zeigt im Vordergrund Brigadier Grahame Hellyer, AM, Generaldirektor Material der Armee, und Andrew Bean, Geschäftsführer von Rohde & Schwarz (Australia) bei der Unterzeichnung des Vertrages. Die Funkmeßplätze werden eine große Anzahl verschiedenartiger Geräte ersetzen, die gegenwärtig für Instandsetzung und Abgleich von Feldkommunikations- und anderen elektronischen Geräten im Frequenzbereich 1 Hz bis 1 GHz verwendet werden. Beim CMS53 handelt es sich praktisch um eine komplette tragbare, mit Gleich- oder Wechselstrom betriebbare Mehrzweck-Instandhaltungs-Workstation.

Mit diesem Auftrag, den Rohde & Schwarz gegen mehrere starke und bekannte Mitbewerber aus dem Bereich Meßtechnik gewann, brachte die australische Armee wieder einmal ihr Vertrauen in die hochentwickelte Meßtechnik von R&S zum Ausdruck. Bereits in den achtziger



Jahren hat das Unternehmen 300 Signalgeneratoren SMS sowie insgesamt 90 Funkmeßplätze CMT geliefert. Der Radio Communication Service Monitor CMS53 ist ganz auf die besonderen Anforderungen der Armee zugeschnitten. Erstmals wurde hier ein CMS-Modell mit einem Hochfrequenz-Millivoltmeter ausgestattet. Strengen Anforderungen an die Umweltbedingungen wurde entsprochen und gleichzeitig das Spektrum für Sender- und Empfänger-messungen erweitert. G. Higgs

## Mikroelektronik bei R & S – richtungsweisend in umweltfreundlicher Produktion

Das Center of Competence „Mikroelektronik“ fertigt in München Dünnschichtsubstrate für Mikrowellenmodule. Durch kontinuierliche Weiterentwicklung der Verfahren und Technologien entsprechen diese High-Tech-Komponenten von Rohde & Schwarz höchsten Ansprüchen. Jüngste Beispiele für die moderne Produktion sind die Entwicklung eines nach dem MIL-Standard 883 qualifizierten Schichtsystems und die Einführung der statistischen Prozeßkontrolle und -regelung. Auch in der Behandlung des eigenen Abwassers durch die Neuinvestition einer Entgiftungsanlage ist Rohde & Schwarz richtungsweisend. Zusammen mit dem Anlagenbauer und dank dem Engagement des Baureferats der Stadt München entstand eine voll-

automatische, biologische Anlage, in welcher der „Appetit“ der anaeroben Biomasse auf die zu entgiftenden Abwasserbestandteile genutzt wird (BILD). Die Betriebskosten und der Aufwand für den Arbeitsschutz sind gering, weil im Gegensatz zu üblichen Verfahren kaum zusätzliche „Entgiftungschemikalien“ benötigt werden. Zu guter Letzt können die angereicherten Edelmetalle aus der abgestorbenen Biomasse wiedergewonnen werden. R. Frodl



## CDG-Forum in Seattle

Anfang Oktober 1995 fand das erste Forum der CDG (CDMA Development Group), initiiert von den Firmen U.S. West und Qualcomm, in Seattle im US-Bundesstaat Washington statt. Ziel dieser Veranstaltung am Fuß der Space Needle (BILD) war es, sich mit Hilfe der führenden Meßgerätehersteller ein Gesamtbild über die zur Zeit verfügbaren Meßmittel für die CDMA-Technik zu verschaffen (CDMA = Code Division Multiple Access). 250 Teilnehmer konnten sich anhand zahlreicher Vorträge und Vorführungen über die Leistungsfähigkeit der Produkte wie Mapping-Systeme, Evaluation Tools, Meßgeräte und Meßsysteme informieren. Für Rohde & Schwarz war dieses Forum von besonderer Bedeutung, da es die Gelegenheit bot, den Digital Radiocommunication Tester CMD80 für CDMA einem breiten Publikum vorzustellen. Der CMD80 ist eine gemeinsame Entwicklung von Rohde & Schwarz und dem amerikanischen Allianzpartner Tektronix (mehr über das Gerät im Neues-Heft 149, S. 47). Zwei Teams – eines in München, das andere in

Beaverton, Oregon – entwickelten in weniger als 18 Monaten, auf Basis der CMD-Familie, den weltweit ersten CDMA-Kompaktmeßplatz.

M. Scholla

## ENDIEL '95 in Lissabon

Als größte portugiesische Industriemesse (mit ca. 200 Ausstellern) stand die ENDIEL '95 im Sommer letzten Jahres fünf Tage lang im Mittelpunkt der portugiesischen Hauptstadt Lissabon. Im Rahmen der Ausstellung fand auch ein europäisches EMV-Seminar statt, das durch das ICP (Instituto das Comunicacoes de Portugal) unterstützt und organisiert wurde. Dieses Seminar hat ENDIEL '95 internationale Bedeutung verliehen. Unter anderem wurde der Vortrag von Dipl.-Ing. Manfred Stecher (EMV-Experte bei Rohde & Schwarz und Mitglied des CISPR-Komitees) über „Field Strength Measurement in the Presence of Ambient Noise“ mit großem Interesse verfolgt. Rohde & Schwarz hat zusammen mit der portugiesischen Vertretung Telerus S.A.



eine Reihe von Neuheiten präsentiert: Neben modernster EMV-Meßtechnik wurde auch die neueste GSM-Funkmeßtechnik vorgestellt. Ein Exponat, das bei den Besuchern große Resonanz fand, war der GSM-Go/NoGo-Tester für Mobiltelefone CTD52. Prominentester Gast am Rohde & Schwarz-Stand war der portugiesische Minister für Industrie und Energie, Eng. Luis Fernando Mira Amaral (im BILD zweiter von links, im Gespräch mit Rodrigo Leitão, Geschäftsführer Telerus).

B. Mohacsy



**Vektorielle Netzwerkanalysatoren ZVR** (für alle Messungen und neuartige Kalibrierverfahren wie TOM-X), **ZVRE** (für alle S-Parameter nach Betrag und Phase) und **ZVRL** (für  $S_{11}$  und  $S_{21}$  nach Betrag und Phase) sind hochempfindlich und mehr als 25 Bildwechsel/s schnell; 9 kHz bis 4 GHz (mit Option ab 10 Hz), Auflösung 10  $\mu$ Hz, Dynamikbereich (mit Option) >130 dB, Referenzkanal (ZVR: 2), Kalibrierzeit <20 s, Zweitorkalibrierung automatisch; vielfältige Optionen (z. B. Rechnerfunktion).

Datenblatt PD 757.1802.11 Kennziffer 150/01

**Digital Radiocommunication Tester CMD60** (DECT) führt schnelle HF-Tests nach CTR06 durch (erweiterbar für GSM, DCS1800 und DCS1900); RS-232-C-Schnittstelle, NF-Tests und IEC-Bus-Interface mit Optionen.

Datenblatt PD 757.1731.21 Kennziffer 150/23

**Digital Radiocommunication Tester CMD80** Kompakter Tester für CDMA-Mobilstationen (IS 95), einschließlich Stromversorgungstest; RS-232-C-Schnittstelle (IEC-Bus optional).

Datenblatt PD 757.1825.21 Kennziffer 150/24

**Digital Radiocommunication Test Sets CRTPO2, CRTCO2** Ins Datenblatt aufgenommen wurde CRTCO2 für Mobilstationen nach GSM, DCS1800 und DCS1900.

Datenblatt PD 757.0058.22 Kennziffer 150/25

**EMI-Meßempfänger ESPC** (150 kHz bis 1 GHz, optional bis 9 kHz und 2,05 GHz) für Störbewertung nach CISPR16-1 (10 Hz PRF) und Messungen nach kommerziellen EMI-Normen; auch Batteriebetrieb intern (Option) und extern.

Datenblatt PD 757.2009.11 Kennziffer 150/26

**Mikrowellen-Signalgenerator SMP** (0,01/2 bis 40 GHz); das überarbeitete Datenblatt enthält auch die Modelle 03 (27 GHz) und 04 (40 GHz). Datenblatt PD 757.0935.11 Kennziffer 150/04

**Universelle HF-Abschirmkammer mit Funkgeräteantennenkoppler CTD-Z10** (900-MHz-Band) erlaubt störungsfreie Gerätetests aller zellularen Netze; Dämpfung >50 dB.

Datenblatt PD 757.1960.11 Kennziffer 150/27

**EMI-Software ESxS-K1** für die Empfängerfamilie ESS/ESHS/ESVS ist benutzerfreundlich und arbeitet unter Windows 3.1 (ab 80836).

Datenblatt PD 757.1848.11 Kennziffer 150/28

**TV- und Hörfunksystem STARS** (87,5 bis 108/470 bis 860 MHz) setzt bei Einsatz in unzugänglichen Gebieten und unter schwierigsten Klimabedingungen Satellitenkanäle in terrestrische um (TV mit 10 W und UKW mit 20 W Sendeleistung); Stromversorgung 1200 VA.

Datenblatt PD 757.1948.21 Kennziffer 150/29

**VHF-UHF-Suchempfänger ESMA** (20 bis 1300 MHz) ist die perfekte zentrale Systemeinheit für schnelle (5 GHz/s) und genaue Funküberwachung; hochempfindlich, mitlaufende Vorselektion, großer Dynamikbereich, Messung von Frequenzoffset und Kurzzeitsignalen, Datenauswertung optional, Netz- und Batteriebetrieb.

Datenblatt PD 757.1719.11 Kennziffer 150/30

**Solutions for Coverage Measurements** Die Versorgungsmeßsysteme der Reihe TS9950 für Planung, Optimierung und Unterhaltung digitaler Sprech- und Datenfunknetze im Überblick.

Info PD 757.1925.21 Kennziffer 150/31

**Horchen, Orten, Analysieren** Diese Informationsschrift wirft die Frage nach Funküberwachung und Funkortung auf und stellt Rohde & Schwarz als idealen Partner für Systemlösungen dar.

Info PD 757.1954.21 Kennziffer 150/32

**Encoder Test Sequence DVTS** (JPEG, MPEG) Die Kassette enthält Stand- und bewegte Bildelemente zur Verschlüsselungs-Prüfung.

Info PD 757.1790.21 Kennziffer 150/33

**Dokumentation – Mittler zwischen Mensch und Technik** Für seine Dokumentationen garantiert **R & S Werk Köln** die Erfüllung gesetzlicher Bestimmungen und Sicherheit für den Anwender.

Info PD 757.2015.11 Kennziffer 150/34

## Neue Applikationsschriften

Automatische Tonbandmaschinenmessung mit dem Audio Analyzer UPD

Appl. 1GPAN19D Kennziffer 150/35

IEC-Bus-Steuerung des Audio Analyzers UPD

Appl. 1GPAN22D Kennziffer 150/36

Messung von Mehrfrequenz-Wählsignalen mit dem Audio Analyzer UPD

Appl. 1GPAN23D Kennziffer 150/37

Messungen an Tunern mit dem Audio Analyzer UPD und dem Signalgenerator SMT

Appl. 1GPAN24D Kennziffer 150/38

Base station adjacent time slot rejection measurement with CMD and SME

Appl. 1GPAN26E Kennziffer 150/39  
Schz

## Buchtip



## Der Deutsche Rundfunk Faszination einer technischen Entwicklung

von Siegfried Hermann, Wolf Kahle und Joachim Kniestedt. Das Buch ist 1994 im R. v. Decker's Verlag, G. Schenck, Heidelberg, erschienen. ISBN 3-7685-2394-2, 288 Seiten, über 200 Bilder (sechs davon stammen von Rohde & Schwarz), erhältlich im Buchhandel zum Preis von 65,- DM (nur in deutscher Sprache).

Das Buch entstand in Zusammenarbeit mit der Deutschen Telekom und zeigt, daß deren Vorläufer, die Post, die entscheidenden Fundamente für die technische Entwicklung des Rundfunks gelegt hat. Joachim Kniestedt von der Deutschen Bundespost bzw. Telekom, bekannt als Autor zahlreicher Beiträge über Technik und Historie des Hörfunks und Fernsehens, berichtet über den Beginn des Rundfunks und die Entwicklung bis 1989 in West-Deutschland. Im Kapitel „Die Ultrakurzwellen für den Rundfunk – Die Welle der Freude“ werden

die Leistungen von Rohde & Schwarz auf diesem Gebiet gewürdigt.

Dr. Siegfried Hermann, bis zur Wende als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Betriebslabor für Rundfunk im Osten Deutschlands tätig, berichtet über die dortige Entwicklung des Rundfunks nach 1945. Mit dem Rundfunk im vereinigten Deutschland und mit den internationalen Regelungen für die Nutzung von Frequenzen für den Rundfunk befaßt sich wieder Joachim Kniestedt. Dr. Wolf Kahle, langjähriger Mitarbeiter beim Landessender Weimar, beim Berliner Rundfunk und bei der Deutschen Post erläutert die Rundfunk-Studioteknik der Deutschen Post.

Das Buch wendet sich nicht nur an das Fachpublikum, sondern ist auch für den interessierten Rundfunkkonsumenten lesenswert.



Gleich viermal fand der Signalgenerator SME Platz auf der in Argentinien herausgegebenen Zeitschrift »Mercado Electronica 23/95«. Im selben Heft wird in einem Beitrag von Rohde & Schwarz die neue IEC-Bus-Befehlssprache SCPI zur Fernsteuerung von Geräten, die dem Anwender die Arbeit erheblich erleichtert, vorgestellt.

### Moderner „Volksempfänger“ für die EMV-Meßtechnik

Wolf Schreyer, Produkt-Manager für Empfangs- und Signalanalysemeßtechnik sowie EMV bei Rohde & Schwarz, gibt in einem Beitrag im »EMC-Journal 3/95« einen Überblick über die Situation kurz vor Inkrafttreten des deutschen EMV-Gesetzes am 1.1.1996 und stellt zugleich das Konzept des R&S-Pre-certification-Meßempfängers ESPC vor:

Die Entwicklung elektronischer Erzeugnisse ist heutzutage viel zu kostspielig, um das Endergebnis – auch nur in Teilbereichen – dem Zufall zu überlassen. Dies gilt selbstverständlich auch für die Störemission solcher Produkte, die ab 1.1.1996 nach Ablauf der Übergangsfrist unwiderruflich dem deutschen EMV-Gesetz (EMVG) unterliegen und vielen Herstellern – hauptsächlich mittelständischen Betrieben – Sorge bereiten. Seit das Bewußtsein bezüglich solcher Emissionsmessungen nun doch aus seinem Dornröschenschlaf erwacht und auf ein breiteres Verständnis gestoßen ist, hat sich auch die entsprechende Meßtechnik diesem Trend angepaßt. ... hebt den ESPC aus der Menge der übrigen Pre-compliance-Empfänger heraus. Um diesen Vorteil zu dokumentieren, erhielt das Gerät die Bezeichnung „Pre-certification Test Receiver“. Das Risiko von mangelhaften oder gar unbrauchbaren Meßergebnissen ist damit deutlich geringer – ein vertrauensbildender Faktor für all jene, die nicht mit allen Kniffen und Listen der Störmeßtechnik vertraut sind.

### Zur rechten Zeit

Über die Herausforderungen, vor denen die Rundfunktechnik-Unternehmen stehen, sprach Andreas Schümchen vom »Medien-Bulletin 8/95« mit Franz Dosch, dem Leiter des Geschäftsbereiches Hörfunk- und Fernsehtechnik und Mitglied der Geschäftsleitung von Rohde & Schwarz:

DAB ist eine längst überfällige Innovation im Hörfunk. DAB ist eine europäische Entwicklung und Investition, und damit ist es verpflichtend, sie in Europa einzusetzen. ... Wir bieten von der Quellcodierung im Studio bis zu Satelliten-Up- und -Down-Links und terrestrischen Senderkomponenten sämtliche Komponenten, die für den Aufbau eines kompletten Gleichwellensendernetzes benötigt werden, an. Zum Thema DBV (digitales Fernsehen): ... Wir haben bereits in der Schweiz ein Pilotprojekt realisiert: die Kombination eines PAL-Senders mit einem DVB-Sender, der terrestrisch abstrahlt und per Telefonmodem umschaltbar auf Analog-PAL oder DVB ist. Die Schweizer Post nutzt dieses Projekt für die Untersuchung der Versorgungsqualität. Alle unsere analogen TV-Sender werden übrigens schon heute so ausgelegt, daß sie ohne Modifikation für digitales Fernsehen einsetzbar sind.

### Qualität für die Zukunft

Zum Thema ISO9000 bei Rohde & Schwarz interviewte Redakteur Paul Kho für die »Konstruktionspraxis 8/95« den Leiter des Bereiches Zentrales Qualitätswesen Manfred Fleischmann:

Bereits 1992 sicherte sich Rohde & Schwarz das begehrte ISO9001-Zertifikat. Zugleich war das erst der Anfang für die Pflege und weitere Verbesserung der Qualität im Unternehmen. Nicht nur, um den folgenden Audits Stand zu halten, sondern insbesondere für eine interne Qualitätspolitik, die die nachhaltige Zufriedenheit aller Kunden sicherstellt.

### Multifunktionale Kommunikation

Die neue Digitalvermittlung Accessnet® von R & S Bick Mobilfunk war Thema in der Kommunikationszeitschrift »NET 8-9/95«:

Die drahtlose Betriebs- und Behördenkommunikation wird über das Funk-Kommunikationssystem Accessnet® jetzt noch flexibler. Eine neue Digitalvermittlung erlaubt den gleichzeitigen Betrieb von analogen und digitalen Bündelfunkkanälen. Ein Netzbetreiber kann damit weiterhin seine bestehende Accessnet-Infrastruktur nutzen und flexibel schrittweise ein modernes digitales System integrieren.

### On-line-Messung für die Umwelt

In einem Messebericht zur ENVITEC '95 berichtet die Zeitschrift »CHEManager 9/95«:

Ein neues On-line-Meßverfahren für Verbrennungsaerosole wurde von Rohde & Schwarz vorgestellt. Mit dem Immissions-Meßgerät CT-500 können PAH-Partikel spezifisch detektiert werden, so daß sich PAH-Emissionen wie Immissionen erkennen, lokalisieren und quantifizieren sowie Belastungsverhältnisse und Leitkomponenten zuverlässig beurteilen lassen.



Nicht zum ersten Mal tritt der Spektralanalysator FSE von Rohde & Schwarz als Coverstar auf: Auch das holländische Elektronikmagazin »Elektronica« favorisiert den FSE auf der Titelseite seiner Nr. 9/95.



Der »praktiker«, ein in Österreich erscheinendes Magazin für Multimedia & Elektronik, zeigt auf dem Titel seiner Juli-August-Ausgabe (1995) das Imarsat-M-Funktelefon SP1600 von Rohde & Schwarz und beschreibt in einem Beitrag die Funktion und den Einsatz dieser modernen Funkanlage.

# Rohde & Schwarz-System-Support – unser Service hat System



BILD 1 Unter der Support-Hotline erhält der Nutzer von Rohde & Schwarz-Testsystemen kompetente Beratung.

„This is the Rohde & Schwarz test system support hotline.“ Mit diesen Worten empfängt eine freundliche Stimme den Anrufer zu jeder Tages- und Nachtzeit, wenn er die Hotline-Telefonnummer unseres System-Supports wählt (+49-89-41 29-36 07). Diese Hotline ist die zentrale Ansprechstelle für alle unsere Kunden, die sich für ein Testsystem von Rohde & Schwarz entschieden haben und die den langfristigen Support ihres Systems über ein Serviceabkommen sicherstellen wollen (BILD 1).

Ein Testsystem stellt für unsere Kunden ein wertvolles Investitionsgut dar, das ihnen ein erfolgreiches Agieren in ihrem Markt ermöglicht; bei der Anschaffung eines Testsystems spielt die Frage nach der Zeitspanne bis zur **Amortisation** des eingesetzten Kapitals eine

entscheidende Rolle. Diese Frage ist wiederum eng mit der Verfügbarkeit des Systems verknüpft, nur eine hohe Einsatzbereitschaft im Betrieb führt zu einer kurzen Amortisationsspanne.

Ein Aspekt, der dabei hauptsächlich eine Rolle spielt, ist natürlich die **Wahl des Testsystems** selbst. Rohde & Schwarz-Systeme vereinigen die Vor-

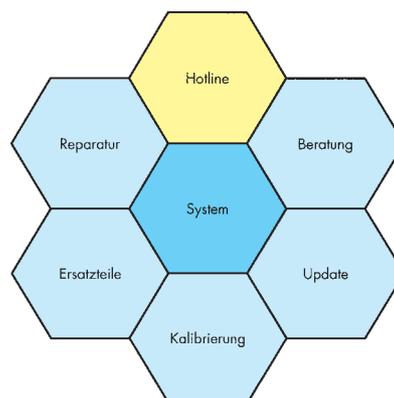


BILD 2 Spektrum des Support-Angebots.

züge der Rohde & Schwarz-Meßgeräte und die neuesten Erkenntnisse in Hardware- und Software-Technologie mit dem Know-how und der Erfahrung eines Pioniers in der Entwicklung und Realisierung von Systemen. Die Entscheidung für ein Rohde & Schwarz-Testsystem ist eine Entscheidung für Qualität und Zuverlässigkeit während der gesamten Lebensdauer des Systems.

Ein nicht minder wichtiger Aspekt bei der Auswahl des Systemlieferanten ist andererseits die Frage, wie die hohe Verfügbarkeit des Systems im rauen Alltagsbetrieb und damit verbunden der **Werterhalt der getätigten Investition** über diese Periode dauerhaft gesichert werden kann. Hier bietet Rohde & Schwarz eine Palette von maßgeschneiderte Serviceabkommen den System-Support unter allen denkbaren Bedingungen sicherzustellen. Der Rohde & Schwarz-Systemphilosophie entsprechend, findet dabei der hohe Anspruch

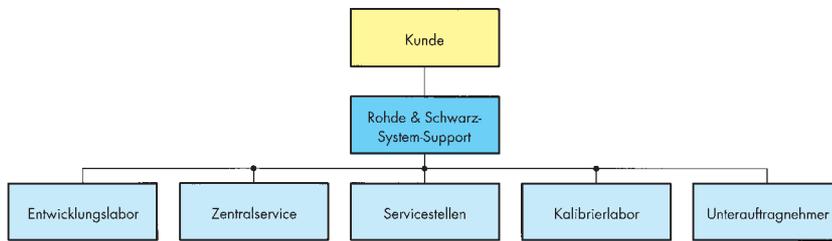


BILD 3 Der Kunde hat einen zentralen Ansprechpartner bei Rohde & Schwarz.

an Kompetenz in der Systementwicklung seine Fortsetzung beim Service von Systemen in ihrer Betriebsphase (BILD 2).

Hotline-Service, die kontinuierliche Aktualisierung der System-Software, der schnelle Austausch und die Reparatur von Geräten und Baugruppen im Fehlerfall sind wichtige Voraussetzungen, um die hohe Verfügbarkeit eines Systems im Einsatz sicherzustellen. Rohde & Schwarz bietet integrierte Lösungen an, die gleichermaßen die System-Hardware und -Software umfassen. Für alle Probleme im Zusammenhang mit dem Betrieb des Systems steht dem Kunden ein **zentraler Ansprechpartner** zur Seite, der mit allen relevanten Stellen des Hauses Rohde & Schwarz engen Kontakt hält (BILD 3).

Das **Servicekonzept** ist modular aufgebaut. Es besteht aus einzelnen Bausteinen, die eine Reihe von Serviceprodukten und -optionen für Hardware und Software zur Verfügung stellen. Dies ermöglicht es dem Kunden, den System-service seinen individuellen Bedürfnissen anzupassen:

Zeitraum	Verfügbare Serviceleistungen
Garantiezeit	Rohde & Schwarz-Systemgarantie (Bestandteil der regulären Systemleistung)
	Erweiterter Garantieservice
	Option: Schnellservice
	Option: Verlängerte Servicezeit
	Startservice
	Kalibrierservice
Nach Ablauf der Garantie	Service nach Ablauf der Garantie
	Option: Schnellservice
	Option: Verlängerte Servicezeit
	Option: Garantierte Verfügbarkeit
	Kalibrierservice

Mit dem **erweiterten Garantieservice** ergänzt Rohde & Schwarz die Standard-Garantieleistungen, um bereits während der Garantiephase die hohen Anforderungen an einen optimalen Service des Systems mit einer Servicezeit von acht Stunden und einer definierten Reaktionszeit zu erfüllen.

- Datenbankgestütztes Informationssystem mit direkter Kundenanbindung,
- Hotline-Service,
- Zugriff auf einen Pool von Ersatzmodulen,
- Reparatur vor Ort, wenn nötig,
- Eskalationsprozedur.

Der **Service nach Ablauf der Garantie** stellt im Anschluß an den erweiterten Garantieservice auch künftig die hohe Verfügbarkeit des Systems sicher. Der Service nach Ablauf der Garantie enthält alle Elemente des erweiterten Garantieservice und bietet dem Kunden zusätzlich

- Reparatur des Systems im Fehlerfall,
- Lieferung von Updates.

Der **Startservice** unterstützt den Kunden in der kritischen Phase des Systemanlaufs vor Ort durch einen erfahrenen Systemingenieur. Der Systemingenieur gibt Applikationshilfe und unterstützt den Kunden in Fragen der Handhabung und des Service, die während der Anlaufphase eines komplexen Systems üblicherweise auftreten. So wird ein reibungsloser Übergang zu einer effektiven Nutzung des Systems sichergestellt.

- Unterstützung in der Handhabung des Systems,
- Applikationsunterstützung.

Der **Kalibrierservice** gibt dem Kunden die Sicherheit, daß die spezifizierten Parameter seines Systems in regelmäßigen Abständen überprüft und eventuelle Abweichungen korrigiert werden.

- Kalibrierung in festgelegten Kalibrierintervallen gemäß DIN ISO9001/EN21001,
- Rückführbarkeit der Kalibrierung auf nationale oder internationale Standards,
- Kalibrierberichte und -zertifikate,
- Vor-Ort-Kalibrierung möglich.

Der **Schnellservice** ist die ideale Ergänzung sowohl zum erweiterten Garantieservice als auch zum Service nach Ablauf der Garantie. Er hilft dem Kunden, die Ausfallzeiten seines Systems so kurz wie möglich zu halten.

- Hotline-Service mit einer Reaktionszeit von 24 Stunden,
- Erweiterter Geräte-Pool mit Schnellversand,
- Schnellreparatur,
- Schnellservice vor Ort.

Die **verlängerte Servicezeit** ist für diejenigen unserer Kunden gedacht, für die der Tag nach acht Stunden noch nicht zu Ende ist. Hier können wir die Servicezeit für ihr System auf bis zu 16 Stunden pro Tag verlängern.

Die Option **Garantierte Verfügbarkeit** gibt dem Kunden nach Ablauf der Garantie in Verbindung mit dem Kalibrierservice und dem Schnellservice die Gewißheit, daß er mit einer garantierten Verfügbarkeit seines Systems rechnen kann.

Hinter all diesen Leistungen stehen die Kompetenz und die Erfahrung der Mitarbeiter im System-Support von Rohde & Schwarz, die sich als Partner des Kunden verstehen und für die die Zufriedenheit des Kunden oberstes Ziel ist. Vielleicht dürfen wir Sie demnächst als unseren Kunden an der Hotline begrüßen: „This is the Rohde & Schwarz test system support hotline...“.

Werner Baumgärtel



**ROHDE & SCHWARZ**

ROHDE & SCHWARZ GmbH & Co. KG · Mühl Dorfstraße 15 · 81671 München  
Postfach 80 14 69 · 81614 München · Tel. (089) 41 29-0 · Fax (089) 41 29-21 64