

227/2023

NEUES

ROHDE & SCHWARZ

Make ideas real



90 YEARS
OF ENSURING A SAFER AND
CONNECTED WORLD

Innovation mit Tradition:
90 Jahre Rohde & Schwarz

Dichtes Frequenzspektrum?
Kein Problem mit dem R&S®ESMW

Zuwachs für R&S®MXO Serie:
Mehr Kanäle und Bandbreite

Rohde & Schwarz steht für Spitzentechnologie an der Grenze des technisch Machbaren. Mit unseren Produkten und Lösungen gestalten Unternehmen und Länder ihre digitale und technologische Souveränität –

TO ENSURE A SAFER AND CONNECTED WORLD.

IMPRESSUM

HERAUSGEBER

Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG
Mühldorfstraße 15 · 81671 München
Postfach 801469 · 81614 München
www.rohde-schwarz.com

KONTAKT

Tel. +49 89 4129-0
info@rohde-schwarz.com

REDAKTION

Rohde & Schwarz
newsmagazine@rohde-schwarz.com

GRAFIK, LAYOUT UND FOTOGRAFIE

Rohde & Schwarz

ÜBERSETZUNG

Rohde & Schwarz

DRUCK

Blueprint AG, München

AUSGABE

Auflage ca. 12 000 (deutsch, englisch)
63. Jahrgang
Ausgabe 2/2023, Nr. 227
Erscheinungsweise: einmal pro Jahr
ISSN 0548-3093

PD 3609.7483.71

Bezug kostenlos über die Rohde & Schwarz-Vertretungen
Nachdruck mit Quellenangabe und gegen Beleg gern gestattet.

R&S® ist eingetragenes Warenzeichen der Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG. Eigennamen sind Warenzeichen der jeweiligen Eigentümer.
Die Bluetooth® Wortmarke und Logos sind eingetragene Warenzeichen und Eigentum von Bluetooth SIG, Inc., ihre Verwendung ist für Rohde & Schwarz lizenziert.
CDMA2000® ist eingetragenes Warenzeichen der Telecommunications Industry Association (TIA-USA).
Wi-Fi® ist eingetragenes Warenzeichen der Wi-Fi Alliance®.
Alle anderen Warenzeichen sind Eigentum der jeweiligen Besitzer.

TITELTHEMA

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

in dieser NEUES-Ausgabe schreiben wir Geschichte. Genauer gesagt Firmengeschichte. Ab Seite 12 erfahren Sie, wie sich aus einem Zwei-Mann-Labor der heutige Konzern Rohde & Schwarz entwickelt hat. Den Anlass für den Blick in die eigene Geschichte finden Sie bereits auf der Titelseite: Rohde & Schwarz feiert sein 90-jähriges Bestehen. Wie sich die damals eingeschlagenen Wege noch heute bemerkbar machen, erklärt President und CEO Christian Leicher im Interview ab Seite 20 und gibt einen Ausblick, wo er Rohde & Schwarz in zehn Jahren sieht.

Innovationen sind ein fester Bestandteil des Konzerns, gestern wie heute. Was Rohde & Schwarz darunter versteht, erklären im Doppelinterview ab Seite 24 Andreas Pauly sowie der Executive Vice President Corporate R&D Dr. Andreas Werner. Andreas Pauly bekleidet mittlerweile die neu geschaffene Stelle des CTO, im Interview hat er noch in der Rolle des Executive Vice President des Geschäftsbereichs Messtechnik gesprochen.

90 Jahre Firmenbestehen sind in der heutigen Zeit bei weitem nicht selbstverständlich. Ein kurzer Blick in die Statistik zeigt, dass ein Unternehmen in Deutschland durchschnittlich kaum älter als zehn Jahre wird, ähnlich sieht es in den USA aus. Für uns ist das ein Grund mehr, das teilweise über Jahrzehnte aufgebaute Fachwissen und die gemachten Erfahrungen als wertvollen Schatz zu achten – und darauf zurückzugreifen, um innovative Produkte und Lösungen zu entwickeln. Auch davon finden Sie in dieser NEUES-Ausgabe wieder eine konzernweite Auswahl.

Ich wünsche Ihnen viel Vergnügen beim Lesen.

Ihr



Christian Reiter,
Vice President Corporate Marketing and Communications





12 INNOVATION MIT TRADITION: 90 JAHRE ROHDE & SCHWARZ

Vor 90 Jahren gründeten die beiden Studienfreunde Dr. Lothar Rohde und Dr. Hermann Schwarz mitten in der wirtschaftlichen Depression ein Zwei-Mann-Unternehmen, um Pionierarbeit in der HF-Messtechnik zu leisten. Entstanden ist daraus ein Weltkonzern, der nichts von seinem innovativen Charakter verloren hat.



36 DICHTES FREQUENZSPEKTRUM?

Kein Problem mit dem R&S®ESMW.



50 ZUWACHS FÜR R&S®MXO SERIE

Mehr Kanäle und Bandbreite.

Der neue R&S®EVSD1000 VHF/UHF Nav/Drone Analyzer kann unter einer handelsüblichen Drohne wie der MATRICE 300 RTK von DJI montiert werden (Seite 41).



TITELTHEMA

90 JAHRE ROHDE & SCHWARZ

- 12 **Innovation mit Tradition: 90 Jahre Rohde & Schwarz**
Vom Zwei-Mann-Unternehmen zum Weltkonzern.
- 20 **„Wir waren von Anfang an innovationsgetrieben“**
Interview mit President und CEO Christian Leicher.
- 24 **„Innovation ist für mich, wenn eine neuartige Lösung unseren Kunden hilft“**
Interview mit Andreas Pauly und Dr. Andreas Werner.

SICHERHEITSSCANNER

- 28 **Ein Produkt verändert die Welt**
Die R&S®QPS Sicherheitsscanner-Familie hat die Welt ein Stück komfortabler gemacht – nicht nur am Flughafen.



Die neuesten Modelle R&S®QPS201 (links) und R&S®QPS Walk2000 (rechts) (Seite 28).

MONITORING

- 36 **Dichtes Frequenzspektrum?**
In den nächsten Jahren müssen sich immer mehr Geräte das Funkspektrum teilen. Mit dem R&S®ESMW können Regulierer Schritt halten.

FLUGSICHERHEIT

- 41 **Neuer Überflieger am Horizont**
R&S®EVSD1000 VHF/UHF Nav/Drone Analyzer für die drohnengestützte Prüfung der Lande- sowie Streckennavigationssysteme.

CYBERSICHERHEIT

- 44 **Mit Hochgeschwindigkeit verschlüsselt in die Zukunft**
Mit der Hochgeschwindigkeitslösung R&S®SITLine ETH von Rohde & Schwarz Cybersecurity sensible Daten verschlüsselt und dennoch schnell übertragen.

NETZWERKE

- 47 **WLAN-Optimierung auf Knopfdruck**
Drahtlosnetzwerke optimal zu konfigurieren ist bisher eine aufwendige, manuelle Aufgabe. LANCOM ARC 2.0 nimmt ihnen einen Großteil der Arbeit ab.

ALLGEMEINE MESSTECHNIK

- 50 **Zuwachs für die R&S®MXO Serie**
Die neue R&S®MXO 5 Serie: die ersten 8-Kanal-Oszilloskope von Rohde & Schwarz mit bis zu 2 GHz Bandbreite.
- 54 **Konformitätstest für High-Speed-Schnittstellen**
Das Testen von Datenkabeln kann mehrere Tage dauern und erfordert einen hohen manuellen Aufwand. Mit der automatisierten Konformitätstestlösung von Rohde & Schwarz reduziert sich die Testzeit auf Minuten.

BROADCAST UND MEDIENGEWISSEN

- 58 **Resilient und nachhaltig zum neuen Geschäftsmodell**
Rundfunknetze müssen ausfallsicher, nachhaltig und zukunftsfest sein. Dafür bringt der Hochleistungssender R&S®TH1 alles Nötige mit.



NEUES KOMPAKT



GESCHÄFTSFÜHRUNG ERWEITERT

Seit 1. Oktober 2023 ergänzt Andreas Pauly (links) die Geschäftsführung von Rohde&Schwarz und wird sich in der neu geschaffenen Position des Chief Technology Officer (CTO) auf Forschungs- und Entwicklungsthemen konzentrieren. Mit nunmehr drei Mitgliedern ist die Spitze des Technologiekonzerns gut aufgestellt, um das Unternehmen weiter auf Wachstumskurs zu halten. Peter Riedel (rechts), seit 2014 in der Geschäftsführung, bleibt Chief Operating Officer (COO) und wird sich verstärkt um das wachsende Projektgeschäft kümmern. Den Vorsitz der Geschäftsführung (CEO) hat nach wie vor Christian Leicher (Mitte) als geschäftsführender Gesellschafter inne.

Mit Andreas Pauly verstärkt Rohde&Schwarz seine Konzernspitze aus den eigenen Reihen. Der 53-Jährige trat 1996 in den Geschäftsbereich Messtechnik ein. 2003 qualifizierte er sich für seine erste Führungsposition, 2015 wurde er zum Leiter des Fachgebiets Signalgeneratoren, Audioanalysatoren und Leistungsmesser ernannt. Zwei Jahre später übernahm er die Leitung des Geschäftsbereichs Messtechnik, den er weiter auf Erfolgskurs hielt und durch Diversifizierung robuster gegen Marktschwankungen aufstellte. Seine Position übernimmt Christina Geßner. Damit wird die Leitung des Geschäftsbereichs Messtechnik ebenfalls mit einer verdienten Führungskraft aus den eigenen Reihen besetzt. Sie gehört Rohde&Schwarz seit dem Jahr 2004 an.

STANDORT KIEL VERGRÖßERT

Die Niederlassung von Rohde&Schwarz in Kiel ist hauptsächlich für Marine-Großprojekte zuständig. Dass sie damit erfolgreich ist, zeigt das schnelle Wachstum. Deshalb wurden im Sommer 2023 neue, deutlich größere Räume im Wissenschaftspark Kiel bezogen und der Standort zum Marine-Kompetenzzentrum ausgebaut. Zur offiziellen Eröffnung Ende August waren hochrangige Vertreter aus Politik, Bundeswehr und Wirtschaft vor Ort, unter anderem der Ministerpräsident des Landes Schleswig-Holstein, Daniel Günther.

Tätigkeitsschwerpunkt der rund 60 Mitarbeitenden sind System-Engineering, Software-Entwicklung sowie die Integration von Systemen für sichere Kommunikation und elektronische Unterstützungsmaßnahmen für den Selbstschutz auf Marine-Schiffen. Neben dem Standort Hamburg ist Kiel eine weitere Niederlassung in der Nähe der

Marine-Standorte der Bundeswehr. Damit bietet sie beste Voraussetzungen für eine enge, langfristige Zusammenarbeit. In naher Zukunft soll die Belegschaft in Kiel weiter vergrößert werden.

Der Rathausturm ist das Wahrzeichen von Kiel. Etwa drei Kilometer nördlich davon befindet sich der Standort von Rohde&Schwarz im Wissenschaftspark.

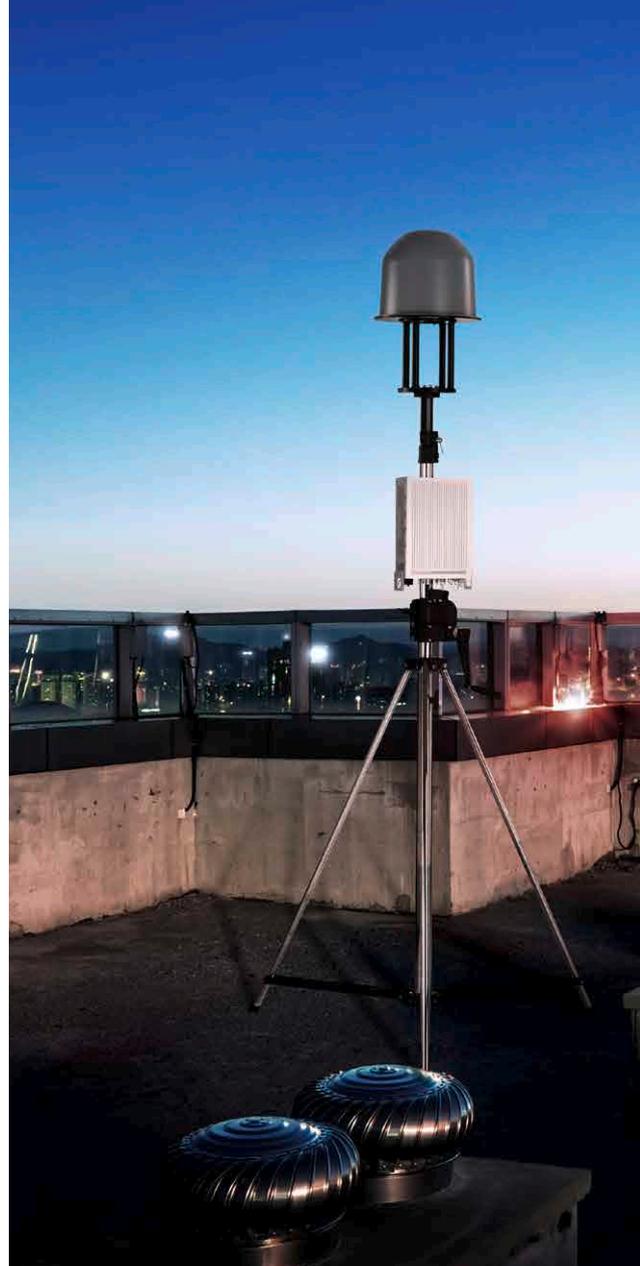


ARDRONIS LOCATE COMPACT FÜR DROHNEN- DETEKTION ÜBER GROSSE FLÄCHEN

Das Drohnenabwehrsystem ARDRONIS ist um die Variante Locate Compact für weitläufige Gebiete reicher. Wie alle anderen Varianten von ARDRONIS nutzt das System Antennen und Funkpeiler zum Aufspüren von Drohnen. Weil große Überwachungszonen mehr Antennen und Funkpeiler erfordern, steht schnell die Budgetfrage im Raum. Sinnvoll im Funktionsumfang reduziert, lassen sich mit der Variante Locate Compact kosteneffizient großflächige Überwachungszonen aufbauen. Hauptanwendungsfelder sind Flughäfen und größere Industrie- oder Militäranlagen. Als semi-transportables System, das von nur einer Person aufgebaut und bedient werden kann, eignet es sich außerdem zum schnellen Auf- und Abbau für kurzzeitige Bereichsüberwachungen, zum Beispiel zum Schutz von politischen VIPs während öffentlicher Auftritte bis hin zu militärischen Stellungen.

Geortet und identifiziert werden Drohnen anhand ihres breitbandigen Video-Funksignals. Dabei erkennt das System vollautomatisch Übertragungsverfahren wie DJI Lightbridge, DJI Ocusync oder Autel Skylink, mit denen die große Mehrheit der kommerziellen Drohnen Live-Videos an die Pilotin oder den Piloten sendet. Die Funksignal- und Videosignaldatenbank aktualisiert Rohde&Schwarz fortlaufend. So hält die Drohnenerkennung mit der technischen Entwicklung Schritt. Für Gegenmaßnahmen ist eine Erweiterung um Störsender möglich. ARDRONIS Locate Compact funktioniert eigenständig, lässt sich aber auch über eine offene Schnittstelle in Multi-Sensor Drohnenabwehrsysteme integrieren.

Offiziell eingeführt wurde das Drohnenabwehrsystem ARDRONIS im Jahr 2016. Mittlerweile schützen mehr als 200 verkaufte Systeme weltweit Anlagen und Infrastruktur vor nicht autorisierten Überflügen durch Mini- und Mikrodrohnen. Auch hochrangige Konferenzen wie das Treffen der G7-Regierungsoberhäupter finden regelmäßig unter dem Schutzschirm von ARDRONIS statt.



ARDRONIS Locate Compact auf einen Blick

- ▶ Detektionsalarm bei Funksignal, noch bevor die Drohne in der Luft ist
- ▶ Rundumüberwachung (360°)
- ▶ Erkennen, klassifizieren und identifizieren von Drohnen und Fernsteuerung
- ▶ Erkennung anhand von FHSS, analogen und digitalen Videosignalen
- ▶ Funkpeilung anhand analoger und digitaler Videosignale
- ▶ Ortung und Nachverfolgung durch Triangulieren (erfordert mehrere ARDRONIS Systeme)



Mehr Informationen zu ARDRONIS Locate Compact finden Sie auf der Webseite von Rohde & Schwarz zum Thema Drohnenabwehr.

ATC-GROSSPROJEKT ERFOLGREICH ABGESCHLOSSEN

Die Deutsche Flugsicherung (DFS) und Rohde&Schwarz haben das Modernisierungsprojekt RASUM (Radio Site Upgrade and Modernization with 8.33 kHz Conversation) erfolgreich abgeschlossen. Über mehrere Jahre wurde deutschlandweit die ATC-Funktechnik an über

100 Standorten der DFS auf den neuesten Stand der Technik gebracht. Dafür hat Rohde&Schwarz insgesamt rund 4000 Flugfunkgeräte modernisiert sowie die technische Planung und Gesamtintegration der Funkstellen verantwortet. Für das Flugfunk-Geschäft bei Rohde&Schwarz ist

RASUM auch mit einem Meilenstein verbunden: Das 10.000ste Flugfunkgerät der R&S®Series4200 wurde im Zuge dieses Projekts ausgeliefert und in der DFS-Flugfunksendestelle Feldberg-Taunus eingesetzt.

Begonnen hat das Großprojekt mit der EU-Verordnung 1079/2012, die Flugsicherungen in Europa dazu verpflichtete, ihre Funkssysteme auf das Kanalaraster 8,33 kHz umzustellen. Unterstützten Bestandsgeräte dieses neue Kanalaraster nicht, mussten sie ausgetauscht werden. Diese Verpflichtung nahm die Deutsche Flugsicherung zum Anlass für eine grundlegende Modernisierung ihrer technischen Infrastruktur, die Rohde&Schwarz im Projekt RASUM von Anfang bis Ende begleitet hat.



UHF-Transmitter aus der Flugfunkgerätefamilie R&S®Series4200. Die weltweit beliebte Gerätefamilie wird auch bei der DFS eingesetzt.

PROFESSOR ROHDE ZWEIFACH VOM IEEE AUSGEZEICHNET

Das Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) setzt sich unter anderem aus rund 40 sogenannten Societies zusammen. Nun wurde Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. mult. Ulrich L. Rohde gleich von zwei Societies mit dem Distinguished Industry Leader Award 2023 ausgezeichnet. So ehrte ihn die IEEE Antennas and Propagation Society (AP-S) in diesem Jahr für seine wissenschaftlichen Beiträge und seine Führungsrolle auf dem Gebiet der Antennen und der damit

verbundenen Kommunikationssysteme, die zur Entwicklung hochmoderner Antennenprodukte für industrielle, militärische sowie Luft- und Raumfahrtanwendungen geführt haben. Die IEEE Communications Society würdigte ihn für seine Beiträge und führende Rolle auf dem Gebiet der Funkgeräte und der elektronischen Prüf- und Messgeräte, die zur Entwicklung moderner Kommunikationssysteme und ihrer industriellen Umsetzung beitragen.



Prof. Rohde wurde vom IEEE sowohl mit dem IEEE Communications Society Distinguished Industry Leader Award 2023 als auch dem IEEE AP-S Distinguished Industry Leader Award 2023 (im Bild) ausgezeichnet.

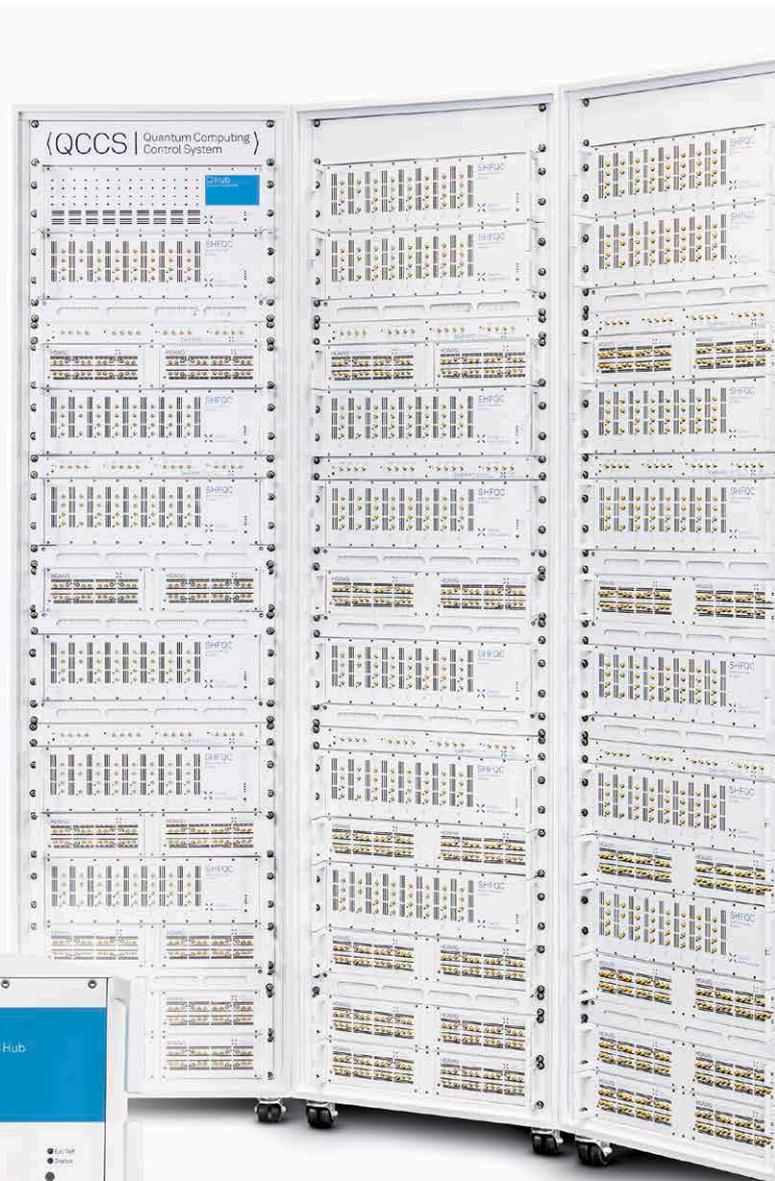
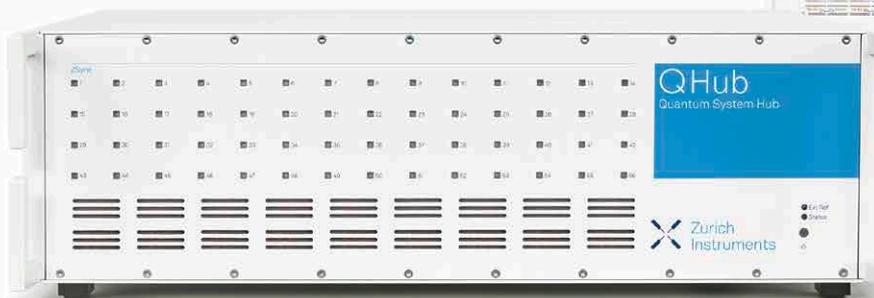
ÜBER 300 QUBITS KONTROLLIEREN MIT EINEM SYSTEM

Nachdem die grundsätzliche Funktion von Quantencomputersystemen gezeigt ist, konzentriert sich die Forschungs- und Entwicklungstätigkeit auf höhere Leistungsfähigkeit. Die Anzahl der Qubits pro System soll von aktuell oftmals 10 auf 1000 Qubits in naher Zukunft und langfristig auf 100.000 steigen. Forschungslabore benötigen dafür Systeme mit mehr Mikrowellen-Control- und Messkanälen, die zum korrekten Ansteuern und Auslesen der Qubits hochpräzise synchronisiert sein müssen. Neben dem Hochskalieren der Qubits ist die effektive Quanten-Fehlerkorrektur das zweite große Forschungsfeld auf dem Weg zu leistungsstarken Quantencomputern. Hierfür müssen die Steuersysteme extrem schnelle Signalverarbeitung sowie Echtzeitfähigkeit im Bereich von nur wenigen hundert Nanosekunden beherrschen.

Mit dem Quantum System Hub (QHub) von Zurich Instruments lassen sich bis zu 56 Geräte in einem präzise synchronisierten Systemverbund zusammenschließen. Instrumente werden einfach in Plug&Play-Manier hinzugefügt oder entfernt. Automatische Kalibrierungen machen das manuelle Setzen von Laufzeitverzögerungen überflüssig und halten die Synchronisation über mehrere Wochen ohne manuelles Nachkalibrieren stabil. Ein QHub steuert bis zu 448 Mikrowellen-Messkanäle und sorgt für eine maximale Latenz über den gesamten Geräteverbund von gerade einmal 550 ns. So lassen sich

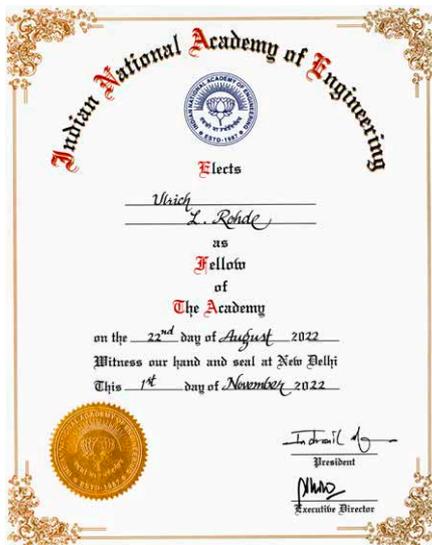
Quantencomputersysteme mit mehr als rund 200 durchstimmbaren oder 300 frequenzfesten Qubits steuern. Die kurze Latenz ermöglicht das Ausführen von erweiterten Fehlerkorrekturmechanismen direkt auf dem QHub. Die nötige Rechenleistung stellt ein integrierter FPGA bereit. Bedient wird das QHub entweder über Zurich Instruments eigene Steuersoftware LabOne® Q oder wird mittels Python-Schnittstelle in bereits vorhandene Steuerungssoftware integriert.

Mehr Informationen zum QHub finden Sie auf der Website von Zurich Instruments.



© Janos Radler, Zurich Instruments AG

PROFESSOR ROHDE IN EHRENGEMEINSCHAFT AUFGENOMMEN



Prof. Rohde ist Fellow des nationalen indischen Ingenieurverbands (INAE).

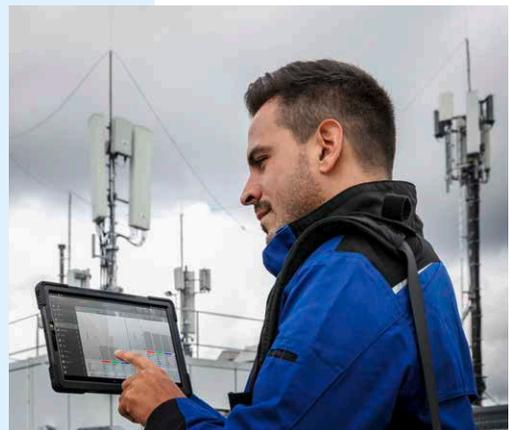
Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. mult. Ulrich L. Rohde ist im Dezember 2022 als neues Mitglied in die Ehrengemeinschaft (Fellowship) der Indian National Academy of Engineering (INAE) aufgenommen worden.

Die Akademie verkündete entsprechend: „Taking note of Dr. Ulrich L. Rohde's outstanding contributions to engineering and also his dynamic leadership in the engineering domain that have immensely contributed for the faster development of India, the Indian National Academy of Engineering (INAE) Council has decided to elect Dr. Rohde as a Fellow of the INAE at its recent meeting under the special provision of Rule 37(g). Dr. Rohde is only the third foreign fellow elected by the INAE, Professor David Jeffery Wineland and Philip Knight were the only others.

The INAE was established in 1987 and is a “peer” body of distinguished engineers and technologists. The Academy covers the entire engineering profession and fosters the promotion and advancement of the practice of engineering and technology and their applications to problems of national importance. The Academy is also a Member of the International Council of Academies of Engineering and Technological Sciences (CAETS). As on date, INAE has 889 Indian and 94 Foreign Fellows on its rolls.”

ITU EMPFIEHLT INTERAKTIVITÄTSTEST

Die Internationale Fernmeldeunion (ITU) hat den Interaktivitätstest von Rohde & Schwarz als standardisiertes Testverfahren anerkannt und in ihre Empfehlung ITU-T G.1051 aufgenommen. Das Verfahren bewertet die Qualität von Mobilfunknetzen in Bezug auf deren Fähigkeit, interaktive Dienste flüssig und verzögerungsfrei bereitzustellen. Parameter wie Latenz, Übertragungsgeschwindigkeit und Paketfehlerrate werden unter simulierten Lastzuständen erhoben, die zum Beispiel ein Videoanruf in der getesteten Netzwerkverbindung erzeugen würde. Auskunft über die interaktiven Fähigkeiten für einen gewählten Anwendungsfall gibt eine Punkteskala. Gegenüber bisherigen Methoden liefert der Interaktivitätstest mehr Detailtiefe und vereinfacht das Identifizieren von Engstellen in der Datenübertragung.



Die ITU hat den Interaktivitätstest von Rohde & Schwarz als standardisiertes Testverfahren für Mobilfunk-Testlösungen zugelassen.

1500 QUADRATMETER FÜR DIE ASIC-ENTWICKLUNG

Der Entwicklungsstandort von Rohde&Schwarz in Duisburg wurde vergrößert. In neuen Laboren mit insgesamt 1500 Quadratmetern entwickelt die Belegschaft um Standortleiter Bastian Nagel aus dem Corporate R&D-Bereich von Rohde&Schwarz anwendungsspezifische integrierte Schaltungen (ASIC). Die Halbleiterbausteine sind auf spezielle Aufgaben zugeschnitten und deshalb sehr effizient, aber auch anspruchsvoll in der Entwicklung. In High-End-Messgeräten sind sie Schlüsselkomponenten, über die häufig die Alleinstellungsmerkmale der Geräte bereitgestellt werden. Mit dem Standortausbau investiert Rohde&Schwarz in diesen wichtigen Bereich. „Wir profitieren hier von der Nähe zu hervorragenden Hochschulen und Forschungseinrichtungen“, nennt Nagel die Standortvorteile, zu denen auch eine ausgezeichnete Anbindung innerhalb Deutschlands und an das übrige Europa gehöre.

Beispiel für einen hochintegrierten ASIC aus eigener Entwicklung: Der MXO-EP ASIC kommt in den Oszilloskopen der R&S®MXO 4 Serie und R&S®MXO 5 Serie zum Einsatz.



IPCEI-FÖRDERUNG FÜR MIKROELEKTRONIKPROJEKT

Rohde&Schwarz wurde für die Förderung im Rahmen des Important Project of Common European Interest im Bereich der Mikroelektronik und Kommunikationstechnologien, kurz IPCEI ME/KT, ausgewählt. Es ist die größte Halbleiterinitiative der Europäischen Union und soll die technologische und digitale Souveränität Europas stärken. Die Fördermittel erhält Rohde&Schwarz für ein Projekt zur Entwicklung einer neuen europäischen, hoch wettbewerbsfähigen Messtechniklösung für den Millimeterwellenbereich. Dafür ist eine GaN/SiC-Halbleitertechnologie nötig, deren Schaffung einen Großteil des Projekts ausmacht. So entsteht eine Grundlage für die Entwicklung und Prüfung neuer Komponenten, welche unter anderem für den 6G-Mobilfunkstandard, moderne Sensoren, Automotive-Radaranwendungen, das Internet der Dinge (IoT) sowie Industrie 4.0 benötigt werden. Insgesamt umfasst das IPCEI ME/KT rund 100 europäische Projekte, die von der Europäischen Kommission als strategisch wichtig für die eigene Wettbewerbsfähigkeit eingestuft werden.



Rohde & Schwarz präsentierte am 18.09.2023 auf der Veranstaltung „Mikroelektronik: Schlüssel zur Transformation“ im Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) sein Projekt, das im Rahmen des IPCEI ME/KT gefördert wird.

Quelle: BMWK/bundesfoto/Christina Czybik

90 YEARS

OF ENSURING A SAFER AND
CONNECTED WORLD



INNOVATION MIT TRADITION: 90 JAHRE ROHDE & SCHWARZ

Vor 90 Jahren gründeten die beiden Studienfreunde Dr. Lothar Rohde und Dr. Hermann Schwarz mitten in der wirtschaftlichen Depression ein Zwei-Mann-Unternehmen, um Pionierarbeit in der HF-Messtechnik zu leisten. Entstanden ist daraus ein Weltkonzern, der nichts von seinem innovativen Charakter verloren hat.

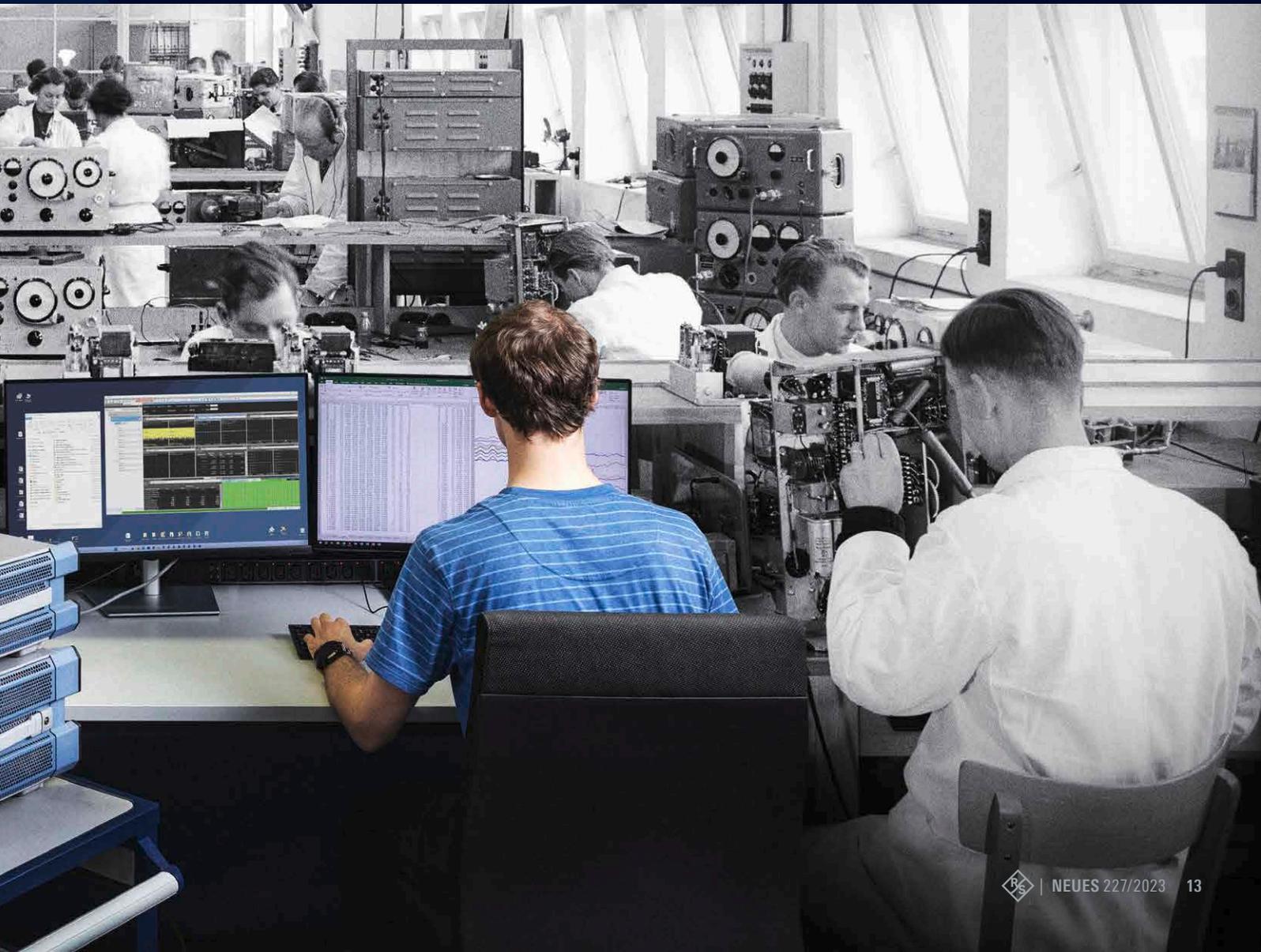




Bild 1: Das erste Belegschaftsfoto stammt aus dem Jahr 1936. Im Vordergrund sitzen Dr. Hermann Schwarz (links) und Dr. Lothar Rohde.

Jena, Ende der 1920er-Jahre. Die Kommilitonen Lothar Rohde und Hermann Schwarz entdeckten ihre Faszination für die damals unerforschte Welt der Hochfrequenztechnik und entwickelten 1932 ihr erstes gemeinsames Gerät: einen Interferenzwellenmesser als Auftragsarbeit für die Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren-Gesellschaft (Hescho). Das Messgerät wurde ein großer Erfolg und ermutigte die beiden jungen Männer 1933 zur Gründung des Physikalisch-Technischen Entwicklungslabors Dr. L. Rohde und Dr. H. Schwarz (PTE) in München.

Da es in Deutschland in den 1930er-Jahren keine potenziellen Kunden gab, sah sich das junge Unternehmen im Ausland um. Tatsächlich klopfte bereits 1934 eine englische Keramikfirma an und bestellte ein Verlustfaktormessgerät von 50 MHz bis 200 MHz. Es war der Beginn des bis heute wichtigen Exportgeschäfts.

Erste Spuren in der Technikgeschichte hinterlassen

In den folgenden Jahren entwickelte das PTE weitere Geräte und konnte dabei immer wieder Meilensteine setzen, die in die Technikgeschichte eingingen. Dazu gehört die Erfindung der ersten tragbaren Quarzuhr im Jahr 1938. Bei 36 Kilogramm Gewicht wirkt der Name aus heutiger Sicht zwar euphemistisch, war nach dem damaligen Stand der Technik mit schrankgroßen und mehreren hundert Kilogramm schweren Quarzuhren aber treffend gewählt. Zwei Jahre später folgte der Allwellenfrequenzmesser WIP. Das Gerät entwickelte sich zum ersten Verkaufsschlager des PTE und wurde über zwanzig Jahre lang weltweit exportiert.

Zu Beginn des Zweiten Weltkrieges 1939 erhielt das Unternehmen verstärkt Aufträge von Marine und Luftwaffe. Die Produktionskapazitäten allerdings waren dafür nicht ausgelegt. Deshalb wurde 1941 die Messgerätebau GmbH

gegründet, die ab 1944 im rund 100 Kilometer westlich gelegenen Memmingen produzierte. Zu dieser Zeit begann sich auch der Namen des Unternehmens zu ändern, zunächst in Rohde & Schwarz Physikalisch-Technisches Entwicklungslabor und 1945 schließlich in Rohde & Schwarz.

Nach Kriegsende kam der deutsche Rundfunk praktisch zum Erliegen und stand durch eine ungünstige Frequenzzuteilung im neu ausgearbeiteten internationalen Wellenplan von 1948 vor einer schwierigen Aufgabe. Vor diesem Hintergrund kam ein Wechsel von der bisher üblichen Mittelwellensendetechnik auf Ultrakurzwellen (UKW) in Betracht. Auf diesem Gebiet brachte Rohde & Schwarz ein gewisses Vorwissen mit und erhielt von Radio München, dem Vorläufer des Bayerischen Rundfunks, den Auftrag zum Bau eines frequenzmodulierten UKW-Senders. Ursprünglich für den 1. März 1949 geplant, nahm der erste UKW-Sender Europas bereits am 28. Februar 1949 seinen Betrieb auf – nur sechs Wochen nach der Auftragserteilung und knapp vor den Wettbewerbern. Es war der erfolgreiche Eintritt von Rohde & Schwarz in das Hörfunkgeschäft. Nun folgte der Aufbau europäischer UKW-Senderketten, für den der Konzern sein Sortiment um Sendeantennen und messtechnische Kontroll- und Überwachungseinrichtungen erweiterte.

Einstieg in neue Geschäftsfelder

Mitte der 1950er-Jahre fiel der Startschuss für die Geschäftsfelder Funkkommunikation sowie Funkerfassung und Funkortung. Beide wurden in Kooperation mit den deutschen Behörden vorangetrieben. Ab 1957 belieferte Rohde & Schwarz die Bundeswehr mit dem Kurzwellenempfänger EK 07. Bis 1962 hatte sich das übersteuerungsfeste Gerät soweit bewährt, dass es von da an als Standard-Funkmessaufklärungsempfänger eingesetzt wurde.

Ein weiterer wichtiger Kunde war die Deutsche Bundesanstalt für Flugsicherung. Mit dem stark steigenden Flugverkehrsaufkommen in den 1950er-Jahren stiegen auch die Anforderungen an die Ortung von Flugzeugen. Funkpeilung sollte die Radartechnik ergänzen. Der Konzern

Meilensteine aus den ersten zwanzig Jahren der Firmengeschichte

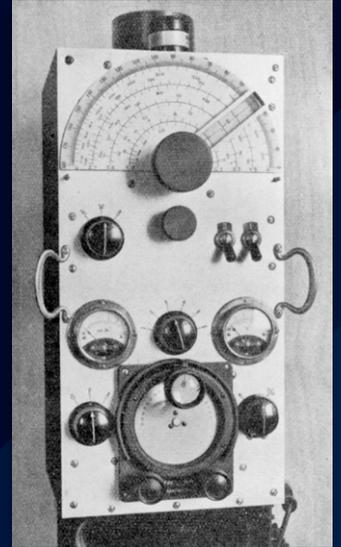


Bild 2: Erstes gemeinsames Projekt: Interferenzwellenmesser (1932).



Bild 3: Die erste tragbare Quarzuhr (1938).

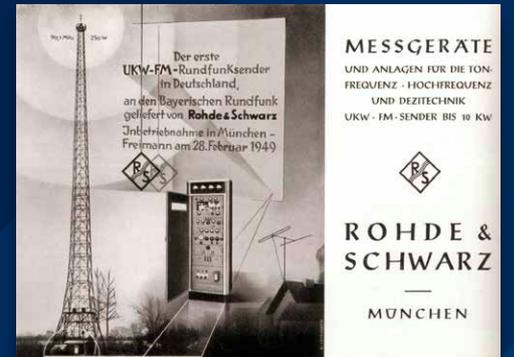


Bild 4: Der erste europäische UKW-Sender (1949).



Bild 5: Der weltweit erste vektorielle Netzwerkanalysator (1950).

entwickelte 1953 zunächst eine handbediente Dreh-Adcock-Antenne und später die automatische Sichtpeilanlage NAP1, die nach dem Umlaufprinzip arbeitete. 1957 ging die Anlage auf dem Flughafen München Riem in Betrieb.

Den Erfolgen der neuen Geschäftsbereiche stand auch die Messtechnik nicht nach. 1950 kam der erste vektorielle Netzwerkanalysator auf den Markt. Der Z-g-Diagraph wurde zur Messung an Hörfunk- und Fernsehantennen sowie an zwei- und vierpoligen Netzwerken eingesetzt. Aus dieser Zeit stammt auch der kompakte Breitbandwobbler SWOB, dessen Nachfolger viele Jahre als Standard für den Abgleich von Fernsehempfängern galt.

Wachstumsjahre

Die positive Entwicklung des Unternehmens schlug sich schnell in den Mitarbeitenden- und Umsatzzahlen nieder. Arbeiteten 1948 rund 500 Personen für Rohde & Schwarz, wurde bereits sechs Jahre später der tausendste Mitarbeitende eingestellt. Diese Zahl verdoppelte sich bis 1960. Der Umsatz wuchs in dieser Zeit jährlich zwischen 40 und 50 Prozent.

Auch platzmäßig stieß das Unternehmen immer wieder an seine Grenzen. Deshalb entstand 1960/61 an der Mühldorfstraße in München ein modernes sechsstöckiges Gebäude. Dieses dient bis heute als Firmenzentrale. Gleichzeitig wurden die Produktionskapazitäten in Memmingen erweitert und 1969 das Werk in Teisnach gegründet.

Erfolgreiche Internationalisierung

Anfang der 1970er-Jahre erweiterten die Firmengründer die Geschäftsführung um Friedrich Schwarz, den Sohn von Dr. Hermann Schwarz, und betrauten ihn mit den beiden wichtigen Aufgaben Internationalisierung und finanzielle Unabhängigkeit. Beide Aufgaben löste er mit Bravour. Seit dem Geschäftsjahr 1980/81 ist Rohde & Schwarz von allen Geldgebern unabhängig und nur ein Jahr später verkaufte das Unternehmen zum ersten Mal in der Firmengeschichte mehr Geräte ins Ausland als in den Heimatmarkt. Heute beträgt der Exportanteil mehr als 80 Prozent und der Konzern unterhält eigene Niederlassungen und Büros in über 70 Ländern.

Die zweite Generation übernimmt

1985 verstarb Dr. Lothar Rohde, Dr. Hermann Schwarz zehn Jahre später. Es begann eine neue Ära, die durch eine stark wachsende Anzahl elektronischer Komponenten und Geräte sowie die Digitalisierung geprägt war. Das eröffnete völlig neue Geschäftsfelder. Eines davon war die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV). Rohde & Schwarz nutzte sein Know-how aus der Empfängerentwicklung, um in den Markt der EMV-Messtechnik einzusteigen. Als eines der ersten Projekte stattete das Unternehmen 1987/88 die damals größte und modernste Messhalle Europas im bayerischen Greding aus. Heute ist Rohde & Schwarz führend beim Testen elektromagnetischer Verträglichkeit, von der Fehlersuche bis hin zur vollständigen Konformitätsprüfung.

1986 gelang mit dem FSA der Einstieg in die Spektrumanalyse gleich mit einem Spitzenmodell, das in Präzision, Dynamikumfang und Eigenrauschen neue Maßstäbe setzte. Einen Meilenstein in der Mobilfunktechnik markiert das Jahr 1992, als Rohde & Schwarz den ersten GSM-Systemsimulator auslieferte. Was damals

Bild 6: Ab den 1960er-Jahren ging es mit den Umsätzen steil bergauf.

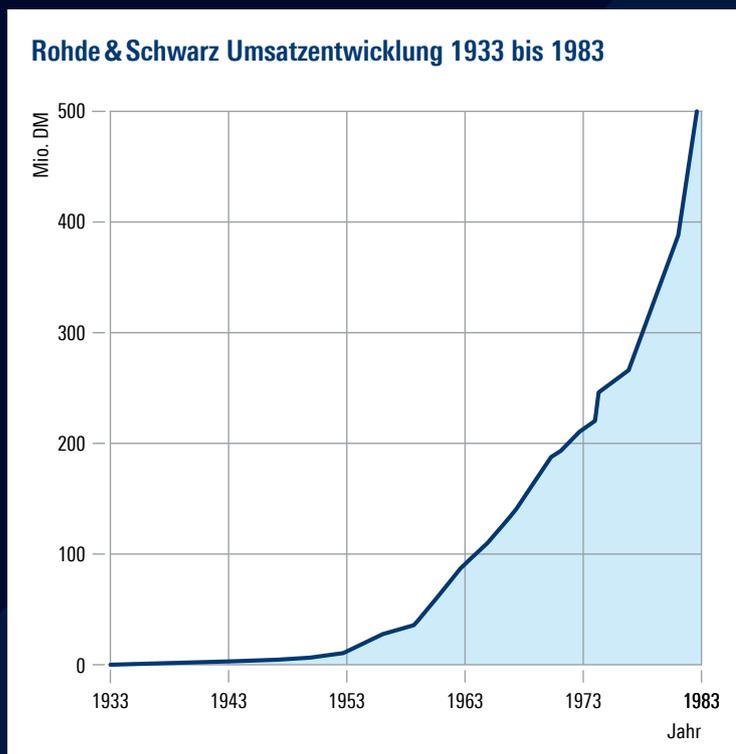




Bild 7: 1992 wurde der erste GSM-Systemsimulator geliefert. Das GSM-Netz entwickelte sich zu einem europäischen Exportschlager.

kaum jemand ahnte: Er sollte sich für die Verbreitung der Mobilfunkkommunikation und speziell des in Europa entwickelten GSM-Netzes über den gesamten Globus als enorm wichtig erweisen. Jeder Mobilfontyp wurde zu dieser Zeit auf einem Systemsimulator des Münchner Unternehmens zugelassen.

Rohde&Schwarz konnte auch in der Folgezeit seine führende Rolle in der Mobilfunkmesstechnik immer wieder unter Beweis stellen. Der Messplatz CMD wurde bis zur Jahrtausendwende mehr als 10 000 Mal verkauft. Sein Nachfolger, der R&S®CMU200, etablierte sich als Standardlösung in Entwicklung und Produktion von Mobiltelefonen. Anfang der 2000er-Jahre wurde weltweit jedes zweite Mobiltelefon mit Hilfe von Rohde&Schwarz Geräten entwickelt oder hergestellt. Damit einher ging erneut die Suche nach weiteren Produktionskapazitäten. 2001 öffnete das Werk im tschechischen Vimperk seine Pforten. Ein weiteres

in der malaysischen Hafenstadt Johor Bahru komplettiert seit 2011 den Werkeverbund von Rohde&Schwarz.

Zukunftsthema IT-Sicherheit erkannt

Mitte der 1990er-Jahre nahm die Bedeutung der IT-Sicherheit signifikant zu. Rohde&Schwarz erkannte das und übernahm 1996 die SIT GmbH, Spezialist für Hochsicherheits-Verschlüsselungsprodukte. Das Unternehmen brachte 2001 mit dem TopSec GSM das weltweit erste abhörsichere Mobiltelefon auf den Markt, bei dem ein spezielles Verschlüsselungssystem direkt in das Telefon integriert wurde.

Auch im Bereich der sicheren Kommunikation setzte Rohde&Schwarz Meilensteine. Während für den militärischen Bereich 1999 die softwarebasierte Funkgerätefamilie R&S®M3xR vorgestellt wurde, konzipierte man 2006 für die zivile Flugsicherung die VHF-UHF-Funkgerätefamilie R&S®Series4200. Damit reagierte



Bild 8: Der R&S®CMW500 kam 2007 auf den Markt und wurde speziell für das Produktionsumfeld entwickelt.

Rohde & Schwarz auf die durch den zunehmenden Flugverkehr entstandene Auslastung der Funkkommunikationssysteme.

Mit Beginn des 21. Jahrhunderts startete der Siegeszug des Mobilfunks und wenig später der Smartphones. Rohde & Schwarz entwickelte im Jahr 2007 den Wideband Radio Communication Tester R&S®CMW500 zum Test von mobilen Endgeräten im Produktionsumfeld. Durch die enge Zusammenarbeit mit Mobilfunkherstellern und Chipsatzentwicklern gelang es, die nötige Testzeit drastisch zu verkürzen. 2019 schließlich brachte der Konzern mit der neuen Generation R&S®CMX500 eine zukunftssichere Lösung für 5G NR-Tests auf den Markt.

Eintritt in neue Märkte gemeistert

In den Jahren 2010 und 2014 gelang der Einstieg in zwei für Rohde & Schwarz ganz neue Märkte. Zunächst überzeugte man mit zahlreichen technischen Neuerungen im Gepäck die Kunden auf dem Oszilloskop-Markt, der eigentlich schon vom Wettbewerb besetzt war. 2014 präsentierte der Konzern mit dem Sicherheits-scanner R&S®QPS eine Weltneuheit, die Personenkontrollen zuerst an Flughäfen und danach auch an anderen zugangsgesicherten Bereichen deutlich komfortabler machte. Die ausführliche Entstehungsgeschichte des R&S®QPS erzählt der Beitrag ab Seite 28.

Im Sendergeschäft gelang Rohde & Schwarz 2011 mit dem R&S®THU9 eine richtungweisende Produkt-Innovation. Modernste Leistungstransistoren, ein dämpfungsarmes HF-Netzwerk, neue Konzepte in der Signalverarbeitung und verbesserte Kühlkomponenten erhöhten den maximalen Senderwirkungsgrad auf bis dahin ungekannte 28 Prozent. Es war eine starke Antwort auf den verständlichen Wunsch der Rundfunkbetreiber nach geringeren Energie- und Infrastrukturkosten.

Auch in anderen Geschäftsfeldern wurde der technische Fortschritt vorangetrieben. Ebenfalls im Jahr 2011 stellte Rohde & Schwarz den High-End-Spektrumanalysator R&S®FSW vor. Der große Touchscreen des Geräts kam damals einer kleinen Revolution gleich. Erstmals ließ sich eine so große Fülle an Software-Features einfach und übersichtlich bedienen, vielfach mit der Möglichkeit, unterschiedliche Messkonfigurationen auf einen Blick zu erfassen. Im Jahr 2013 kam mit dem R&S®SMW eine neue Generation von Vektorsignalgeneratoren auf den Markt mit dem Anspruch, mühelos die hohen messtechnischen Anforderungen der modernen Telekommunikationsstandards zu erfüllen. Deckten die zwei HF-Pfade des ersten Geräts einen Frequenzbereich bis 6 GHz ab, reichen die heutigen Versionen des Premium-Vektorsignalgenerators bis 44 GHz bzw. 67 GHz bei einem HF-Pfad.

Neue Risiken, neue Produkte

Auch bei der IT- und Cybersicherheit blieb Rohde&Schwarz am Puls der Zeit. So entstand 2016 aus Übernahmen die Rohde&Schwarz Cybersecurity GmbH. Damit war der Grundstein zur Sicherung der digitalen Kommunikation gelegt. Das Produktportfolio umfasst High-speed-Netzwerkverschlüsseler sowie Komponenten für die Verwaltung von WAN-, LAN- und WLAN-Netzwerken.

Nicht nur der digitale Raum braucht gewisse Schutzmaßnahmen gegen neue Bedrohungen, sondern auch der reale Luftraum. Das Aufkommen von Mikro- und Minidrohnen trieb Mitte der 2010er-Jahre auch die Nachfrage nach zuverlässigen Drohnenabwehrsystemen. Die Antwort von Rohde&Schwarz lautete ARDRONIS. Bis heute hat sich das System bei zahlreichen Einsätzen bewährt, etwa während des G7-Gipfels 2015 in Deutschland, bei Staatsbesuchen, politischen Zusammenkünften und beim Schutz internationaler Flugshows.

Das Portfolio für Aufklärung bekam 2016 mit ELINT Zuwachs, einem innovativen System zur Radarsignalerfassung und Analyse. Es kann auf nahezu jeder Plattform in jeder Signalumgebung eingesetzt werden. Und 2017 schließlich stellte Rohde&Schwarz für Marineschiffe das IP-basierte integrierte Kommunikationssystem NAVICS® vor. Es kombiniert die interne und externe Sprach- und Datenkommunikation mit der Cybersicherheitstechnik von Rohde&Schwarz.

Das Familienunternehmen, das von Christian Leicher, Peter Riedel und Andreas Pauly geführt wird, beschäftigt heute fast 14.000 Mitarbeitende. Sie forschen an Trendthemen wie dem Mobilfunkstandard 6G, künstlicher Intelligenz sowie Cloud- und Quantentechnologien – und führen damit den erfolgreichen Weg der Gründer fort. Für eine sichere und vernetzte Welt, heute und in Zukunft.

REDAKTION

Bild 9: NAVICS® deckt die bordinterne Kommunikation sowie die Schnittstellen zu den Weitverkehrsfunkanlagen ab. Genutzt wird es unter anderem in den australischen Patrouillenbooten der Cape-Klasse und den City-Klasse-Fregatten der britischen Royal Navy. Mehr als 40 Marinen weltweit nutzen die Kommunikationstechnik von Rohde & Schwarz.



INTERVIEW MIT PRESIDENT UND CEO CHRISTIAN LEICHER

„WIR WAREN VON ANFANG AN INNOVATIONSGETRIEBEN“

In 90 Jahren hat sich Rohde & Schwarz von einem Zwei-Mann-Labor zu einem Weltkonzern entwickelt. Bis heute geblieben ist der Fokus auf Innovation, finanzielle Unabhängigkeit sowie Flexibilität und Zuverlässigkeit durch hohe eigene Wertschöpfung. Diesen Weg wird der Technologiekonzern auch in Zukunft konsequent weitergehen.

NEUES: Herr Leicher, seit fast 20 Jahren sind Sie geschäftsführender Gesellschafter und seit dem Jahr 2016 außerdem CEO. Wie blicken Sie auf die Konzerngeschichte?

Leicher: Da gibt es für mich gleich in der Firmengründung drei klare Highlights: Mut, Standort und Technologiefokus. Es war ein mutiger Schritt, dass zwei Physikstudenten sich mit nur einem einzigen festen Kunden, der Hermsdorfer-Schomburg-Isolatoren-Gesellschaft, selbstständig gemacht haben und das in einer Phase wirtschaftlicher Depression.

Der Standort München ist aus heutiger Sicht eine sehr gute Wahl für ein ambitioniertes Technologieunternehmen. Zur Gründungszeit in den 1930er-Jahren lagen jedoch Berlin oder der gemeinsame Studienort Jena viel näher – aber München hatte nun mal die Nähe zu den Bergen für sich.

Und so haben wir es in gewisser Weise der Freude an Bergwanderungen unserer Firmengründer Dr. Lothar Rohde und Dr. Hermann Schwarz zu verdanken, dass wir fest in München angesiedelt sind. Rohde & Schwarz hätte heute bestimmt ein anderes Gesicht, wäre die Wahl damals eine andere gewesen.

Ein sehr wichtiger Punkt ist der Fokus auf Technologie. Unsere beiden Gründer waren teilweise sehr unterschiedlich und haben sich dadurch gut ergänzt. Das Streben, neue Technologien nutzbar zu machen, hatten sie beide gemeinsam. Konsequenterweise war auch einer ihrer ersten Angestellten ein Ingenieur. Diesen Kurs verfolgt Rohde & Schwarz noch heute.

NEUES: Welche Weichen wurden damals noch gestellt?

Leicher: Man war von Anfang an innovationsgetrieben, legte Wert auf Qualität und suchte die Nähe zu seinen Kunden. Das lag in der Natur der Sache. Die HF-Technik und die HF-Messtechnik waren in den 1930er-Jahren noch größtenteils Neuland, das durch Forschung und Entwicklung erschlossen werden musste. Weil Rohde & Schwarz als Auftragsentwickler begann, stand man gleich in engem Austausch mit den Kunden. Diese Ausrichtung haben wir uns als Konzern bewahrt.



Bild 1: In der Thierschstraße 36 in München beginnt die Firmengeschichte von Rohde & Schwarz.



Sehr früh wurde in den Aufbau einer eigenen Produktion investiert. Das macht uns als Unternehmen zuverlässig, flexibel und gibt uns die bestmögliche Kontrolle über die Produktqualität. Die wirtschaftliche Grundlage dafür kam aus dem allgemeinen Aufschwung in den 1950er-Jahren, den Dr. Lothar Rohde und Dr. Hermann Schwarz sehr gut und weitsichtig genutzt haben. Zuverlässigkeit und Flexibilität durch Wertschöpfungstiefe ist bis heute ein starkes Merkmal von Rohde&Schwarz.

Zwei sehr wichtige Erfolgsfaktoren aus der Unternehmensgeschichte sind der Fokus auf finanzielle Unabhängigkeit, und dass es uns gelungen ist, Rohde&Schwarz über mittlerweile drei Generationen zu führen. Die Wirtschaftsgeschichte kennt leider auch viele Beispiele, in denen bereits der Übergang von der ersten auf die zweite Generation gescheitert ist.

Ein weiterer Punkt war die Neuausrichtung von überwiegend Spezialanfertigungen hin zur Entwicklung von Produkten, die auf dem Weltmarkt konkurrenzfähig waren. Dazu kommt die Internationalisierung und der Aufbau einer Vertriebsmannschaft mit eigenständig arbeitenden Landesgesellschaften. Heute haben nur ganz wenige Unternehmen in unserer Größenordnung einen vergleichbaren Fußabdruck von Landesgesellschaften.

NEUES: Die Ausrichtung auf internationale Märkte ab den 1970er-Jahren war auch eine Reaktion auf das abflachende Wirtschaftswachstum im Heimatmarkt

„Unseren Weg als unabhängiges Familienunternehmen und als Technologiekonzern gehen wir weiter.“

Deutschland. Wie reagiert Rohde & Schwarz heute auf größere Umwälzungen?

Leicher: Die Augen nach Schlüsseltechnologien offen zu halten, ist Pflicht für jeden Technologiekonzern. Wo wir uns von manchen Wettbewerbern unterscheiden und durch unsere finanzielle Unabhängigkeit auch unterscheiden können, ist im Anspruch, in Schlüsseltechnologien frühzeitig zu investieren und eigenes Fachwissen aufzubauen. Zwei aktuelle Beispiele sind Quantentechnologie und Data-Analytics. Hier haben wir durch den Zukauf von Zurich Instruments und der Schönhofer Sales and Engineering GmbH bewusst in Fachwissen und Technologie investiert. Solche „Bolt-on-Technology-Acquisitions“ gehören zu unserer Konzernstrategie. Auch unsere Wertschöpfungstiefe gibt uns die notwendige Anpassungsfähigkeit bei größeren Umwälzungen.

NEUES: Wo sehen Sie Rohde & Schwarz in zehn Jahren?

Leicher: Wir werden weiterhin Produkte und Lösungen für eine sichere und vernetzte Welt entwickeln. Wir sind überzeugt, dass wir damit Zukunftsmärkte adressieren. Als Unternehmen wollen wir nachhaltig wachsen mit einer dynamischen Umsatzentwicklung, ausgehend von heute 2,78 Milliarden Euro. Unseren Weg als unabhängiges Familienunternehmen und als Technologiekonzern gehen wir weiter. Die Zeichen dafür stehen gut. Auf unseren Absatzmärkten sind wir stark positioniert und in der Lage, die nötigen Investitionen in Zukunftstechnologien zu tätigen. Einen nennenswerten Teil unseres Umsatzes investieren wir in Forschung und Entwicklung.

NEUES: Rohde & Schwarz hat selbst für die Technologiebranche eine überdurchschnittliche F&E-Quote.

Leicher: Und dafür müssen wir entsprechend rentabel arbeiten. Der Auftragseingang der letzten Jahre und unsere Wachstumsmöglichkeiten stimmen uns zuversichtlich, dass wir auch weiterhin überdurchschnittlich in F&E investieren können.

Am wichtigsten ist, dass wir für unsere Kunden relevant bleiben. Gerade in unserer Branche ist das extrem bedeutend und etwas, das uns tagtäglich anspricht. Beim Arbeitsmarkt und den eigenen Mitarbeitenden ist es das Gleiche: Wir wollen für Studierende und gestandene



Fachkräfte ein attraktiver Arbeitgeber mit spannenden Aufgaben sein. Natürlich reagieren wir auch auf die veränderten Lebensmodelle unserer Mitarbeitenden, um so für sie relevant zu bleiben.

„Am wichtigsten ist, dass wir für unsere Kunden relevant bleiben.“

NEUES: Wie bleibt Rohde & Schwarz für seine Kunden technologisch relevant?

Leicher: Indem man das Ohr nah am Markt hat. Durch unsere vielen Kunden, die weltweit und in verschiedensten Märkten tätig sind, haben wir eine wirklich gute und sehr seltene Position. Wir bekommen Feedback aus einer großen Fülle von Marktsegmenten. Durch den Geschäftsbereich Messtechnik sind wir sehr früh in die Entwicklungsprojekte unserer Kunden involviert. So haben wir ein gutes Gespür, was der Markt technologisch braucht und wer gerade woran arbeitet. Technologie-Know-how können wir ebenfalls durch langfristige Forschungsprojekte mit staatlichen Stellen aufbauen.

Außerdem ist der gesamte Konzern sehr anwendungsnah ausgerichtet. Wir beschäftigen viele Applikationsingenieurinnen und -ingenieure, die gemeinsam mit unseren Kunden technische Probleme lösen – oft über längere Zeit direkt vor Ort. So erhalten wir wertvolles Anwendungswissen, das in unsere Produktentwicklung einfließt.

Sehr wichtig ist auch unsere Mitarbeit in Standardisierungsgremien. Im Mobilfunk beispielsweise sind in den Arbeitsgruppen der 3GPP ja alle relevanten Vertreter des Mobilfunkökosystems vertreten, vom Chiphersteller bis zum Infrastrukturanbieter. Der Austausch dort mit Fachkolleginnen und Fachkollegen gibt uns frühzeitigen Einblick, welche messtechnischen Anforderungen unser Kundenkreis in den nächsten Jahren stellen wird.

All dieses Wissen im Konzern zu haben, ist sehr wichtig, aber nur die halbe Miete. In den letzten Jahren haben wir unsere Konzernstruktur angepasst, um dieses Wissen konsequent zu nutzen. Dass sich dieser Blick nach vorne auszahlt, zeigt beispielsweise der R&S[®]ESMW, ein Breitbandempfänger zur Spektrumüberwachung für Regulierungsbehörden. Er ist so ausgelegt, dass er sich für zukünftige Anwendungsfälle erweitern lässt, und hat schon erste Kunden überzeugt.



Bild 2: Signalerzeugung und Signalanalyse im D-Band: Das externe Frontend R&S®FE170 erweitert den Frequenzbereich des Vektorsignalgenerators R&S®SMW200A und des Signal- und Spektrumanalysators R&S®FSW auf 170 GHz

NEUES: Welche technischen Trends sind für Rohde & Schwarz in den nächsten Jahren wichtig?

Leicher: Klare Priorität hat für uns das Beherrschen höherer Frequenzen über 100 GHz sowie das frühzeitige Identifizieren von entsprechenden Applikationen. Wichtig ist außerdem KI, also künstliche Intelligenz. Wir müssen verstehen, wie unsere Kunden sie einsetzen, zum Beispiel als Teil von intelligenten Antennensystemen bei 6G und unsere Produkte und Lösungen entsprechend anpassen. In unseren eigenen Produkten möchten wir KI auch nutzen. In unserem Sicherheitsscanner R&S®QPS hat sie bereits eine zentrale Rolle für das Identifizieren von potenziell gefährlichen Gegenständen.

Der Umgang mit großen Datenmengen, also Big Data, beschäftigt uns natürlich auch. Gemeinsam mit der Schönhofer Sales and Engineering GmbH und Partnern entwickeln wir den KI-Backbone des Future Combat Air Systems (FCAS). Die schon erwähnte Quantentechnologie sehe ich für Rohde & Schwarz als relevanten Zukunftsmarkt, den wir mit Messtechnik für Quantencomputerforschung teilweise schon bedienen. Quantensichere Verschlüsselung und Quantensensorik spielen für uns ebenfalls eine gewisse Rolle.

Generell erhalten wir von Kunden zunehmend Anfragen nach Produkten und Lösungen, die gegen Cyberangriffe abgesichert sind. Cybersicherheit ist ein Thema, das wir schon länger mit zukunftsfähigen Netzwerk- und Security-Lösungen adressieren. Als führender europäischer Hersteller befähigen wir Wirtschaft und Verwaltung, ihre digitale Souveränität zu gestalten. Eine besondere Bedeutung hat dieser Begriff der digitalen Souveränität inzwischen auch in Fragen der nationalen Sicherheit. Das wird auch weiterhin ein wichtiges Themenfeld für uns sein.

NEUES: Sie sind studierter Elektrotechniker und haben schon vor Ihrer Zeit bei Rohde & Schwarz in der Telekommunikationsindustrie gearbeitet. Was macht für Sie die HF-Technik und die Branche besonders?

Leicher: Es gibt kaum eine Branche, die eine solche Dynamik und Innovationsrate aufweist. Die rasante Entwicklung in der Telekommunikationsindustrie hat nachhaltigen Einfluss auf unser aller Leben. Nehmen Sie nur den Siegeszug des Smartphones. Die Vernetzung dringt inzwischen in alle Lebensbereiche vor, Stichwort Smart Home, autonomes Fahren oder Industrial IoT. Weil HF-Technik in all diesen Anwendungen genutzt wird, ist man auch überall mit dabei und kann über Innovationen den technologischen Fortschritt treiben. Das finde ich sehr spannend. In kaum einem anderen Umfeld gibt es diese Möglichkeit.

„Klare Priorität hat für uns das Beherrschen höherer Frequenzen über 100 GHz.“

Ein wesentlicher Aspekt ist die Begeisterung für Fortschritt und Technik, von der ich tagtäglich umgeben bin. Diese Einstellung brauchen wir als Unternehmen, um weltweit führende Produkte und Lösungen zu entwickeln, aber auch, um unsere Produkte zu erklären. Wir haben ja nicht allein mit Anwenderinnen und Anwendern zu tun, sondern auch der Kontakt zu Menschen in weniger technischen Positionen ist für uns wichtig. Und weil man zum Beispiel einem R&S®ZNA Netzwerkanalysator weder den Produktnutzen noch die viele Entwicklungsarbeit mit einem Blick auf das Gehäuse ansieht, müssen wir auch Meister im Erklären von Technik sein. Dafür braucht es eine gewisse Ingenieurskultur und Freude an Technik. Sich diese Kultur zu bewahren, wird mit zunehmender Unternehmensgröße immer schwieriger, aber ich bin zuversichtlich, dass es uns auch weiterhin gelingt.

REDAKTION

INTERVIEW MIT ANDREAS PAULY UND DR. ANDREAS WERNER

„INNOVATION IST FÜR MICH, WENN EINE NEUARTIGE LÖSUNG UNSEREN KUNDEN HILFT“

Rohde & Schwarz zählt zu den innovativsten Unternehmen Deutschlands und blickt auf eine Geschichte erfolgreicher Produktentwicklungen. Im Gespräch erklären Andreas Pauly und Dr. Andreas Werner, was Rohde & Schwarz unter Innovation versteht, wie es sich seine Innovationskraft bewahrt und wie Anwenderinnen und Anwender davon profitieren.



Andreas Pauly leitete zum Zeitpunkt des Interviews den Geschäftsbereich Messtechnik und ist seit 1. Oktober 2023 CTO von Rohde & Schwarz. Er gehört dem Konzern seit 1996 an und hat unter anderem den Ausbau des Produktportfolios im Bereich Mikrowelle vorangetrieben.



Dr. Andreas Werner kommt aus der Forschung. Im Jahr 2018 übernahm er die Leitung des Standorts von Rohde & Schwarz in Chemnitz, wurde 2021 Fachgebietsleiter Oszilloskope und ist seit Juli 2023 Executive Vice President des Unternehmensbereichs Corporate R&D.

NEUES: Herr Pauly, Herr Dr. Werner, das Wort Innovation wird heute oft und nicht immer einheitlich gebraucht. Was versteht man bei Rohde & Schwarz darunter?

Dr. Werner: Für uns haben Innovationen drei Säulen: Sie entstehen aus neuen Ideen, müssen technisch umsetzbar sein und unserem Kundenkreis einen Mehrwert bieten. Dafür sind einige Voraussetzungen nötig. Eine Produkt-Innovation zum Beispiel erfordert Expertise in Forschung und Entwicklung, Produktionsfachwissen und ein Verständnis für die Herausforderungen der Kunden.

Pauly: Letzteres steht im Zentrum der Überlegungen. Aus meiner Erfahrung heraus kann ich sagen: Als Konzern sind wir in der Regel dann innovativ, wenn wir sehr offen mit unseren Kunden über ihre Herausforderungen von heute und morgen sprechen können. Je mehr Anwendungswissen wir haben, desto besser können wir es mit der Kompetenz und Erfahrung von Rohde & Schwarz verbinden. Und dann entsteht oft auch etwas Neues mit hohem Mehrwert. Innovation ist für mich, wenn eine neuartige Lösung unseren Kunden hilft, deren Aufgaben schneller, besser und effizienter zu lösen.

NEUES: Innovative Produkte müssen nicht immer komplett neu erfunden werden. Welche Rolle spielen Technologietransfers?

Pauly: Eine sehr wichtige. Unsere Sicherheitsscanner R&S®QPS, die man heute an vielen Flughäfen sieht, sind dadurch entstanden, dass Kolleginnen und Kollegen das Fachwissen zum Vermessen von HF-Komponenten in den Bereich der Bildgebung übertragen haben.

„Wir müssen eine F&E-Investition nicht zwingend gleich wieder einspielen.“

Durch die jahrzehntelange Erfahrung im Entwickeln von Vektornetzwerkanalysatoren konnten wir das beste Rohbild mit Mikrowellen erzeugen. Die weitere Datenauswertung war für uns damals Neuland. Entsprechend haben wir durch Akquisitionen und Universitätspartnerschaften Fachwissen aufgebaut.

Dr. Werner: Unsere Sicherheitsscanner sind für mich ein schönes Beispiel für Innovation. Personen können ihn einfach und ohne besondere Körperhaltung passieren. Das ist angenehm für die Fluggäste, spart Zeit bei den Security-Checks und bringt damit einen echten Mehrwert.

NEUES: Innovationskraft gilt als Grundvoraussetzung für internationale Wettbewerbsfähigkeit. Wie sehen Sie Rohde & Schwarz hier aufgestellt?

Dr. Werner: Wir haben eine sehr starke Innovationskultur. Um das an einem Beispiel greifbar zu machen: Durch unseren Geschäftsbereich Messtechnik sind wir es gewohnt, Messgeräte anzubieten, mit denen zukünftige Technologien umgesetzt werden. Das heißt, wir müssen weit vorausdenken und frühzeitig Fachwissen aufbauen. Diese Kultur ist die Grundlage für alles Weitere und zieht sich durch alle unsere Bereiche.

Zu Innovationskraft gehört heute auch das Talent zum Entwickeln von modular erweiterbaren Gerätekonzepten, um Zukunftsfähigkeit und Investitionssicherheit zu bieten. Hier sehe ich uns auch in einer starken Position.

NEUES: Lassen sich Innovationen strategisch planen?

Pauly: Nicht im Detail, aber man kann ein förderliches Umfeld schaffen. Mitarbeitende brauchen einen gewissen Freiraum und abteilungsübergreifenden Austausch für die Ideenfindung. Wichtig ist auch eine Fehlerkultur, die erlaubt, etwas auszuprobieren sowie langfristiges Denken und Wertschätzung.

Dr. Werner: Dieses langfristige Denken zeichnet uns als Familienunternehmen aus. Das macht uns als Arbeitgeber attraktiv. Weil wir nicht in Quartalen planen, müssen wir eine F&E-Investition nicht zwingend gleich wieder einspielen. So können unsere Entwicklungsteams sich auch einmal die Zeit nehmen, um out of the box zu denken.

Die strategische Planung setzt an, wenn aus ersten informellen Gesprächen eine vielversprechende Idee entstanden ist. Vorangetrieben wird diese Idee mit einem geregelten Prozess, in den verschiedene Teams und Workshops integriert sind. So verteilt sich die Arbeitslast auf mehrere Schultern.

Pauly: Dass diese Teams divers sind, also aus unterschiedlichen Unternehmensbereichen zusammengestellt werden, ist eindeutig innovationsfördernd. Ein weiterer Teil

ALS INNOVATIV ERKANNT

Fachexperten zählen Rohde&Schwarz zu den innovativsten Unternehmen Deutschlands. Einmal im Jahr bittet das Wirtschaftsmagazin Capital rund 3700 Fachexpertinnen und Fachexperten um ihr Urteil. Aus insgesamt 1849 Kandidaten wurde Rohde&Schwarz in die Rubrik Elektronik, Elektrotechnik, Automatisierung und Messtechnik gewählt, zusammen mit unter anderem Infineon, Intel Deutschland, Phoenix Contact, NXP Semiconductors Germany und Würth Elektronik. Es ist die zweite Wahl in Folge als innovatives Unternehmen.

der Innovationskultur sind Design Thinking Challenges. Mit ihnen sprechen wir explizit Studierende aus unterschiedlichsten Fachbereichen an und stellen ihnen eine Entwicklungsaufgabe. Diese externe Sicht liefert oft interessante Lösungsansätze.

NEUES: 1949 der erste UKW-FM-Sender Europas, 1950 der weltweit erste Vektornetzwerkanalysator und Anfang der 1990er-Jahre der erste GSM-Messplatz für digitale Mobilfunkgeräte, um nur drei Beispiele aus der Firmengeschichte zu nennen. Welche jüngeren Erfindungen von Rohde & Schwarz stechen für Sie hervor?

Dr. Werner: Der digitale Trigger unserer Oszilloskope hat eine unglaubliche Präzision in die Zeitbereichsmessungen gebracht und ist ausschlaggebend für den Erfolg der Gerätefamilien R&S®RTO und R&S®MXO. Damit können kleinste Signalereignisse in Gegenwart starker Signale aufgespürt werden. Dieses Maß an Trigger-Präzision gab es vorher nicht auf dem Oszilloskop-Markt.

Pauly: Die grafische Benutzeroberfläche, die wir vor wenigen Jahren neu eingeführt haben, war ebenfalls ein Erfolg, für den wir viel positives Kundenfeedback bekommen haben. Ein intuitives Konzept zur Gerätebedienung soll den Ingenieurinnen und Ingenieuren möglichst wenig Aufmerksamkeit abverlangen für maximalen Fokus auf die Messaufgabe. Das ist bei den sehr komplexen Testanforderungen heute ein großer Mehrwert. Deshalb haben wir viel Aufwand in die Bedienoberfläche unserer Geräte

investiert. Intuitiv heißt für mich, dass alle das Bedienkonzept eines Geräts ohne Erklärung sofort erfassen. Das gilt für Oszilloskope genauso wie zum Beispiel für unsere Signalgeneratoren. Hier stellen wir den komplexen Prozess der Signalgenerierung ingenieurgerecht über Blockdiagramme dar.

Dr. Werner: Beim überarbeiteten Bedienkonzept des R&S®RTO6 war die Herausforderung, die ganze Fülle an Gerätefunktionen ergonomisch gut abzubilden. Die einzelnen Bedienfelder wurden während der Entwicklungsphase durch Usability-Tests zusammen mit Kunden optimiert.

NEUES: Wie weit müssen Sie für neue Lösungen in die Zukunft blicken?

Pauly: Das können zehn Jahre und mehr sein. Unsere Produkte und Lösungen müssen dann verfügbar sein, wenn unsere Kunden den Messbedarf haben. Im 6G-Mobilfunk, der vermutlich um das Jahr 2030 herum großflächig eingeführt wird, müssen die Weichen für unsere ASIC-Entwicklung schon jetzt gestellt sein. Das Antizipieren hört hier aber nicht auf. High-End-Messtechnik ist ein Investitionsgut, das für viele Jahre marktgängig sein muss. Das von Dr. Werner schon erwähnte Entwickeln von erweiterbaren Gerätekonzepten erfordert ebenfalls ein solides Gespür für die Zukunft.

NEUES: Im Sommer 2010 stieg Rohde&Schwarz in den Oszilloskop-Markt ein und hat sich dort etabliert. Wie war das bei einem so stark besetzten Markt möglich?

Dr. Werner: Der Einstieg mit dem R&S®RTO im oberklassigen Marktsegment hat sich auf Innovationen gestützt. Das Oszilloskop war mit komplett neuen Funktionen ausgestattet wie dem digitalen Trigger, bot eine hohe Mess- und Verarbeitungsgeschwindigkeit sowie eine schnelle Spektrumdarstellung. Bei der Ausweitung der Produktpalette kam dann bei den R&S®ESSENTIALS mit dem R&S®ScopeRider RTH das erste Handheld-Oszilloskop mit galvanisch isolierten Kanälen und dem Funktionsumfang eines Laboroszilloskops dazu. Dieses Alleinstellungsmerkmal haben wir bis heute. Unsere Oszilloskope brachten also viel Neues in einen etablierten Markt. Diesen Kurs setzen wir mit der jüngsten Familie R&S®MXO nahtlos fort. Sozusagen das Herz der Innovationskraft steckt bei diesen Geräten im MXO-EP, einem speziell für die R&S®MXO Serie entwickelten ASIC.

Pauly: Wir sind auch deshalb in den Oszilloskop-Markt eingestiegen, weil uns klar wurde, dass die Signalbetrachtung über den Zeitbereich in der HF- und Mikrowellenmesstechnik immer relevanter wird. Wir kommen historisch ja aus der Frequenzdomäne, beherrschen durch die Oszilloskop-Entwicklung mittlerweile aber auch die Zeitdomäne. Einige große Anbieter auf dem Oszilloskop-Markt betrachten ausschließlich den Zeitbereich. Wir können beides und bringen so einen Mehrwert für Anwenderinnen und Anwender.

NEUES: Wie wird sich das aktuelle Produktportfolio weiterentwickeln?

Pauly: Zukünftige Anwendungen erfordern höhere Frequenzen und Bandbreiten. Das gilt für den Mobilfunk, wenn wir an 6G denken, aber gleichermaßen für die Satellitenkommunikation und das autonome Fahren. Radarsysteme, die heute üblicherweise von 70 GHz bis 80 GHz arbeiten, werden in Zukunft Frequenzen deutlich über 100 GHz nutzen für eine bessere Ortsauflösung. In diese Frequenzbereiche wollen wir auch mit unseren Produkten vorstoßen.

„In Zukunft werden wir Frequenzen deutlich über 100 GHz nutzen.“

Am Mobilfunk sieht man außerdem, wie bisher getrennte Welten zusammenwachsen. Ein Beispiel dafür ist das Joint Communication and Sensing bei 6G. Das Konzept sieht vor, dass Sensorik und Datenkommunikation ein gemeinsames System nutzen, um beispielsweise eine Umgebung mit einem Radarsystem abzutasten und an eine Augmented-Reality-Brille zu übermitteln. Bei 5G Non-Terrestrial Networks wachsen aktuell die Satelliten- und die terrestrische Kommunikation stark zusammen. In Fahrzeugen werden zunehmend drahtlose Übertragungen für unterschiedlichste Anwendungen genutzt. Das heißt, wir können unsere Kompetenzen noch stärker kombinieren und die Anwendungsbereiche für unsere Produkte zunehmend erweitern.

REDAKTION

R&S[®]QPS

EIN PRODUKT VERÄNDERT DIE WELT



Die Einführung der R&S[®]QPS Sicherheitsscanner im Jahr 2014 durch Rohde & Schwarz hat der Millimeterwellentechnik in der Flugsicherheit zum Durchbruch verholfen. Dass damit auch die Welt ein Stück komfortabler geworden ist, spüren alle, die sich über deutlich verkürzte Sicherheitskontrollen freuen – nicht nur am Flughafen.



Die Geschichte der Flugsicherheit, soweit sie sich auf den Schutz vor Anschlägen bezieht, lässt sich an einer Abfolge von Schlüsselereignissen und den Reaktionen darauf festmachen. Der Anschlag von „9/11“ im Jahr 2001 markiert sicherheitspolitisch die Stunde null. Als Konsequenz dieser Anschläge gründeten die USA die Transportsicherheitsbehörde TSA (Transport Security Administration).

Lücken im Sicherheitsnetz

Der Schutz von Menschen in Gebäuden, Schiffen, seit 9/11 auch Flugzeugen und letztlich auch auf Großereignissen kannte bis zum Anfang dieses Jahrtausends nur zwei Technologien: Röntgenscanner und Metalldetektion. Mit

Röntengeräten zur Untersuchung von Gepäckstücken lassen sich Koffer und Rucksäcke durchleuchten und Waffen anhand ihres Umrisses sowie Sprengstoffe anhand ihrer Materialien detektieren. Um Personen zu identifizieren, die klassische Waffen wie Pistolen oder Messer mit sich führen, setzte man Metalldetektorbögen ein, durch die die Personen gehen mussten. Aufmerksame Leser ahnen es bereits: Metalldetektoren erkennen aufgrund der verwendeten Technologie ausschließlich Metalle.

Aus Mangel an technischen Möglichkeiten gab man sich damit zufrieden und akzeptierte das Risiko, dass Terroristen andere Menschen mit Sprengstoffgurten, Keramikmessern oder auch

Schusswaffen aus dem 3D-Drucker bedrohten. Um doch einen gewissen Schutz zu bieten, setzte man auf Abschreckung, indem zufällig ausgewählte Personen komplett abgesucht wurden. An Weihnachten 2009 erreichte die Kreativität der Attentäter den Bereich der Leibwäsche, als ein junger Mann kurz vor der Landung in Detroit Sprengstoff zünden wollte, den er in seiner Unterhose eingeschmuggelt hatte („Unterhosenbomber“).

Einige Hersteller versuchten die Detektionslücken mit der sogenannten Backscatter-Technologie zu schließen, die auf ionisierender Röntgenstrahlung basiert. Obwohl sie mit äußerst geringen Strahlungsleistungen auskommt, scheiterte die Einführung hauptsächlich aufgrund von gesundheitlichen Bedenken und – dazu später noch mehr – wegen der Darstellung des unbekleideten Körpers an der Auswertestation.

Warum eigentlich Millimeterwellen?

So nachvollziehbar die Bedenken sind, so unbefriedigend war die Situation für das Flugsicherheitspersonal. Noch bis Ende der 2010er-Jahre gab es keine technischen Hilfsmittel, um wirklich zuverlässig zu erkennen, ob ein Mensch gefährliche, verbotene Gegenstände unter der Kleidung verbirgt. Die Lösung des Problems sollte in der Mühldorfstraße in München entstehen. Hier, am Hauptsitz von Rohde&Schwarz, arbeitete seit dem Jahr 2007 ein kleines Team leidenschaftlich an dem Gedanken, über Abtastung in bestimmten Frequenzbereichen die

Kleidung eines Menschen zu durchdringen und ein möglichst gutes, hochauflösendes Bild des Körpers zu bekommen. Angetrieben vom Erfindergeist von Christian Evers, der eine maßgebliche Rolle bei der Entwicklung spielte, entstand das Prinzip: Kleidung ist unwichtig – wir wollen alle Anomalien am Menschen erkennen. Dafür auf Millimeterwellen zu setzen, bot sich aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften an. Im Spektrum von 70 GHz bis 80 GHz ist eine präzise Bildgebung trotz Kleidung möglich (Bild 1). Die Strahlung stellt für den Menschen kein Problem dar, da sie nahezu komplett von der Haut reflektiert wird.

Kein unbestelltes Feld

Zu der Zeit gab es bereits von anderen Firmen Millimeterwellen-Scanner, die in anderen Frequenzbereichen arbeiteten und allmählich Einzug in die Flughäfen fanden. Um einen Menschen rundherum zu scannen, wurde eine Mechanik eingesetzt, die einen relativ wichtigen Arm um den Menschen herumführte. Geschätzte 100 Kilogramm Stahl, die sich mit einem lauten „Wusch“ innerhalb einer engen Kabine bewegten, erzeugten bei vielen Menschen unangenehme Gefühle. Dazu benötigten die Geräte noch ein Körperhaltung mit erhobenen Händen, die nicht nur schwer einzunehmen ist, sondern bei vielen Menschen und Kulturen eine negative Assoziation (Gefangenen-Pose, „Hände hoch, du bist schuldig!“) oder ethische Bedenken hervorruft.

Bild 1: Beispieldarstellung einer Rasierklinge im Millimeterwellenbild.

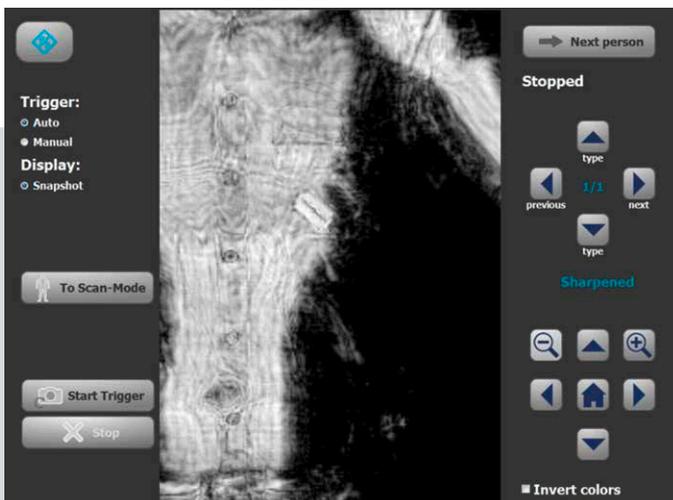
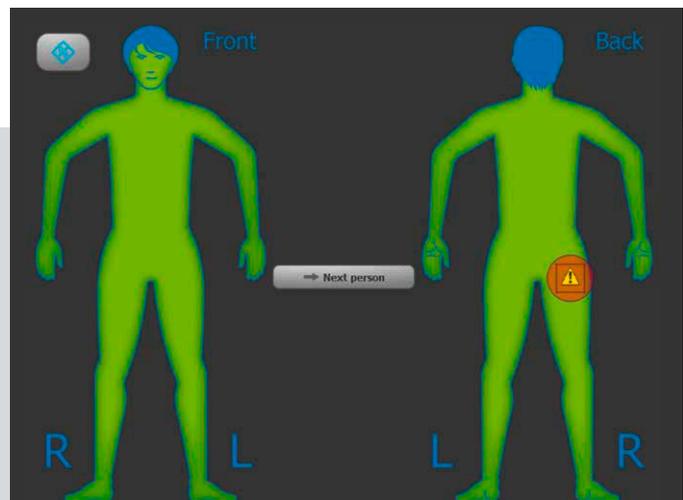


Bild 2: Die Avatar-Darstellung auf dem ersten Sicherheitsscanner von Rohde&Schwarz, dem R&S®QPS100, zeigt einen verdächtigen Gegenstand am hinteren Oberschenkel.



Ein anderes Gerät auf dem Markt erforderte eine 360-Grad-Drehung vom Passagier mit erhobenen Armen. Auch wenn das nicht so bedrohlich wie der Metallarm war, stieß dieses Konzept viele Kunden und Passagiere ab, weil nicht jeder eine perfekte Drehung um die eigene Achse in der richtigen Geschwindigkeit schaffen konnte oder wollte. Auch bei den Bedienern waren diese Systeme nicht sonderlich beliebt. Es bedeutete viel Aufwand, den Passagieren die richtige Verhaltensweise zu erläutern.

Software schützt Privatsphäre

Die Gruppe um Christian Evers setzte sich zum Ziel, all diese Nachteile zu vermeiden. Es sollte kein Me-too-Produkt entstehen, sondern eine Lösung, die neben allen geforderten Sicherheitsmerkmalen auch eine Komfortsteigerung für Passagiere und Bedienpersonal mit sich bringen würde.

Inzwischen gab es jedoch eine neue Herausforderung: Der Schutz der Privatsphäre erhielt oberste Priorität. Die Darstellung eines wie auch immer gearteten Abbildes der gescannten Person wurde strikt verboten. Weil das Entwickler-Team aus Hardware-Experten bestand, nun aber Software-Expertise gefragt war, wurde kurzerhand aus dem Umfeld befreundeter Universitäten ein Team aus Software-Experten zusammengestellt. Dessen Aufgabe war es, die von den Millimeterwellen detektierten Objekte auf einem neutralen Avatar, einer schematischen Figur auf einem Monitor, am richtigen Ort abzubilden (Bild 2).

Bild 3: Aufbau des R&S®QPS100.

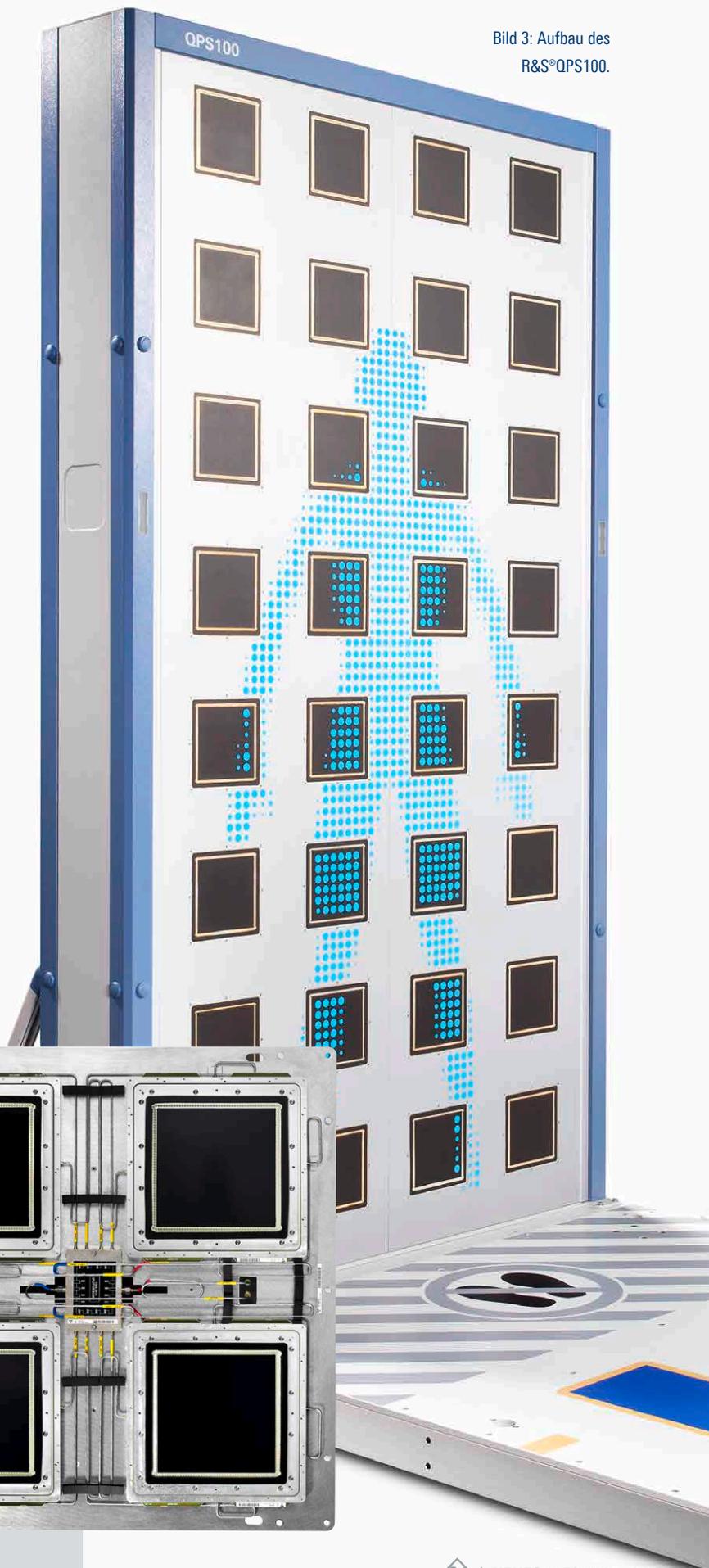


Bild 4: Ein Blick unter die Verkleidung des R&S®QPS100: Die Signale von vier Antennen-Clustern laufen an einem Splitter zusammen. Insgesamt besteht der Sicherheitsscanner aus 32 Clustern mit jeweils 94 Sende- und 94 Empfangsantennen.





Bild 5: Der R&S®QPS200 an einer Flughafeninstallation.

R&S®QPS100: Endlich im Markt

Das erste Modell von Rohde&Schwarz war der Quick Personnel Scanner R&S®QPS100 (Bild 3) und bestand aus Sicht des Laien lediglich aus einer mehr als zwei Meter hohen Wand. Die komplexe Hochfrequenztechnik und das ausgefeilte Engineering waren nicht zu erahnen (Bild 4).

Doch war die erste Herausforderung gar nicht technischer Art: Rohde&Schwarz kannte weder Markt noch Kunden. Und viel schlimmer noch, die Zielkunden kannten Rohde&Schwarz nicht. „Sind Sie ein Start-up-Unternehmen?“, war eine beliebte Frage in den Auftaktgesprächen. Ein Besuch am Stammsitz in München und speziell im Werk Teisnach in Bayern, wo der R&S®QPS gefertigt wird, konnten auch den kritischsten Kunden von der Professionalität des Konzerns überzeugen.

Und spätestens als der Sicherheitsscanner auf den regelmäßigen Treffen der Sicherheitsverantwortlichen der europäischen Flughäfen präsentiert werden durfte, war ein allgemeines Interesse der Branche geweckt. Speziell das statische Konzept, das sich unauffällig in die Sicherheitslinie integrieren ließ, die kurze Prozesszeit und die einfach einzunehmende Haltung mit leicht abgespreizten Armen fand große Anerkennung.

Durchbruch mit dem R&S®QPS200

Aber es gab auch kritisches Feedback: Der R&S®QPS100 erforderte noch, dass die Person sich zwischen den Scans von Vorder- und Rückseite umdrehen musste. „Ein Umstand“, wie es eine der anwesenden Damen auf der Fachkonferenz ausdrückte, „den sie keinem Touristen erklären können“. Auch die Optik der sichtbaren Antennen-Cluster fand unter Nicht-Technikern weniger Anklang als erhofft.

Das Feedback wurde beherzigt. Die gefundenen Lösungen klingen simpel, waren technisch aber eine neue Herausforderung. Am Ende entstand der R&S®QPS200 (Bild 5). Seine zwei Paneele erlauben den Scan einer Person in nur einem Durchgang. Die Optik wurde mit Platten aus „komprimierter Luft“ aufgewertet, denn die Ausbreitung der Millimeterwellen durfte ja nicht beeinflusst werden.

Damit war der Durchbruch geschafft! Mit seinem offenen Design, der statischen Abtastung, der leicht einzunehmenden, ethisch unkritischen Positur und dem schnellen Scan-Prozess mit geringer Fehlalarmrate bei hoher Detektionsrate, war der R&S®QPS200 den Modellen der Konkurrenz überlegen und wurde (und wird noch heute) von Kundenseite sehr geschätzt.

Neben der Technik setzte auch die Kundenbetreuung durch Rohde&Schwarz neue Maßstäbe: Das hohe Engagement der Niederlassungen, der Support durch den Service aus Teisnach und die schnelle Unterstützung direkt von der Fachabteilung beim Endkunden war man bis dahin so nicht gewohnt.

Konsequente Weiterentwicklung zum R&S®QPS201

Dennoch blieb noch viel zu tun. Die Verdoppelung der Paneele trieb die Kosten nach oben und die neue Größe des Geräts ließ dessen Einbau in vielen vorhandenen Sicherheitslinien nicht mehr zu. Konsequenterweise setzte sich das Team mit den neuen Herausforderungen auseinander und ließ die gesammelten Erfahrungen aus den bisherigen Produkten in das aktuelle Modell, dem deutlich leichteren und schlankeren R&S®QPS201 einfließen (Bild 6 und Bild 7). Hinzu kam der Einsatz von künstlicher Intelligenz (KI) zur Auswertung der Scans, die eine weitere Verbesserung der Detektion und Reduzierung der Fehlalarmrate ermöglichte.

Neue Märkte, neue Produkte

Der Erfolg der R&S®QPS-Serie im Markt für Flughafensicherheit beflügelte das Team, auch Lösungen für andere Märkte zu suchen. Der R&S®QPS201 ist nicht nur überall dort einsetzbar, wo Sicherheit benötigt wird, sondern auch dort, wo es um den Schutz vor Diebstahl oder Eigentumsrechten geht. Die hohe Performance des Systems verbunden mit

der Möglichkeit, es mittels KI für verschiedenste Anwendungsfälle zu optimieren, ermöglicht den Einsatz zum Beispiel in Gefängnissen, in der Zollabfertigung, in Produktionsanlagen oder beim Schutz von Großereignissen wie der Münchner Sicherheitskonferenz.

Speziell für solche Anwendungsfälle wurde der R&S®QPS Walk2000 entwickelt (Bild 8). Die Älteren unter uns erinnern sich noch an den Film „Total Recall“ aus dem Jahr 1990 als Arnold Schwarzenegger durch einen „Tunnel of Truth“ läuft und dabei durchleuchtet wird. Dieses Konzept von einem Sicherheitsscanner, der ohne Stopp durchquert werden kann, war eine Vision für jegliche Art von Sicherheitskontrolle. Möglich wurde sie mit der Akquisition einer kleinen Firma, die dieses Konzept mit einigen Unterschieden zum R&S®QPS bereits entwickelt hatte. Zum serienreifen Produkt wurde es in den Händen des QPS-Teams und ergänzt heute das Sicherheitsscanner-Portfolio von Rohde&Schwarz.

Anders als seine Schwestermodelle arbeitet dieser Sicherheitsscanner im Ultra-Breitband-Spektrum von 3 GHz bis 10 GHz, was sich beim Durchdringen von mehreren Kleidungsschichten und bei der Ortsauflösung als vorteilhaft erwiesen hat. Für die nötige Geschwindigkeit beim Scannen und Auswerten findet die rechenintensive Bildrekonstruktion und die KI-gestützte Auswertung auf einem externen Server mit

Bild 6: Der R&S®QPS201 ist das jüngste Modell der Scanner-Familie, das den Frequenzbereich von 70 GHz bis 80 GHz nutzt. Der weiterentwickelte Systemaufbau ist unter anderem an den schlanken Paneelen zu erkennen.



Bild 7: Der Flughafen Tianfu der chinesischen Millionenstadt Chengdu hat im Jahr 2021 den Betrieb aufgenommen. Für eine zügige Abfertigung der veranschlagten 60 Millionen Fluggäste pro Jahr sorgen mehrere Dutzend R&S®QPS201.



hoch performanten Grafikprozessoren (GPU) statt. Mit diesem neuen Ansatz zeigt der R&S®QPS Walk2000 die aktuelle Entwicklungsrichtung auf und wirft ein Schlaglicht auf die Zukunft, in der Sicherheit und Komfort bei der Zutrittskontrolle Hand in Hand gehen.

Wann wird ein Produkt ikonisch?

Die Popularität eines Produkts wird besonders gut erkennbar, wenn viele Leute es verinnerlichen und es symbolisch für eine ganze Kategorie steht. Was „Tempo“ für Papiertaschentücher oder „Coca-Cola“ für koffeinhaltige Brause darstellt, ist der R&S®QPS mittlerweile für die Sicherheits-scanner. In Fernsehsendungen und sozialen Netzwerken wird das Gerät als Sinnbild für moderne Sicherheitskontrollen verwendet.

Wie geht es weiter?

„Sie bringen so viele Innovationen in den Markt, wir kommen ja mit dem Kaufen gar nicht mehr hinterher.“ Dieses in Kritik verpackte Lob durch einen Kunden ist der Ansporn für die weitere Entwicklung. Es gibt noch viele Flughäfen und andere Märkte, für die der R&S®QPS201 perfekt geeignet ist.

Das konsequente Weiterentwickeln von Produkten, die sehr kurzen Innovationszyklen und der exzellente Vor-Ort-Service haben nicht allein bei Kunden für positive Resonanz gesorgt, sondern auch Rohde & Schwarz weit über die angestammten Märkte als Technologiekonzern bekannt gemacht.

RAINER WARTMANN, ANDREAS HÄGELE UND
HARALD JENTSCH, ROHDE & SCHWARZ

DIE SICHERHEITSSCANNER-FAMILIE R&S®QPS ENTSTEHT

- 2014:**
R&S®QPS100
 - ▶ Erster Scanner mit multistatischem Ansatz.
 - ▶ Offenes Design, ethisch unkritische Positur.
- 2016:**
R&S®QPS200
 - ▶ Entfall der zweiten Positur durch Ergänzung eines zweiten Paneels.
 - ▶ Optische Verbesserungen, schnellere Software mit weniger Fehlalarmen.
- 2018:**
R&S®QPS201
 - ▶ Paneele werden schmaler und leichter, Breite des Gerätes reduziert von 2,50 m auf 1,75 m.
 - ▶ Vereinfachte Wartung durch optimierte Konstruktion und elektrisches Design, Verschiebbarkeit der Paneele auf der Bodenplatte.
 - ▶ Einsatz von GPUs zur Datenrekonstruktion und KI zur Datenauswertung.
 - ▶ Schnellstes Gerät am Markt mit der geringsten Fehlalarmrate.
 - ▶ Verschiedene Detektionsalgorithmen zur Nutzung in anderen Anwendungsgebieten (Eigentumsschutz, Gefängnis, Zoll, etc.).
- 2020:**
R&S®QPS Walk2000
 - ▶ Erster Scanner, der im Gehtempo durchschritten werden kann.
 - ▶ Kein Ablegen der Oberbekleidung (Jacken, Mäntel) nötig.
 - ▶ Durchsatz von bis zu 750 Personen pro Stunde.
 - ▶ Abtastung im Ultra-Breitband-Spektrum.
 - ▶ Bildrekonstruktion und KI-Auswertung über GPUs auf externem Server.





Bild 8: Der R&S®QPS Walk2000, hier ein Bild von der Münchner Sicherheitskonferenz im Jahr 2023, scannt eine Person beim Durchqueren, ohne das sonst übliche kurze Stillstehen. Auch die Oberbekleidung muss nicht abgelegt werden.

DICHTES FREQUENZSPEKTRUM? KEIN PROBLEM MIT DEM R&S[®]ESMW

In den nächsten Jahren müssen sich immer mehr Geräte das Funkspektrum teilen. Mit dem R&S[®]ESMW können Regulierer Schritt halten. Der breitbandige Funküberwachungsempfänger bis 40 GHz für Festinstallationen, Messfahrzeuge und transportable Systeme bringt serienmäßig 125 MHz Echtzeitbandbreite mit, die sich auf bis zu 2 GHz erweitern lässt.



Nachverdichtung ist zwar ein Begriff aus dem Immobiliengewerbe, aber den Effekt kennen auch Mobilfunkanbieter und Regulierungsbehörden. Seit Jahrzehnten wird das Frequenzspektrum immer dichter. Sollte doch einmal ein nennenswertes Stück wieder freigegeben werden, wie zum Beispiel das 2,1 GHz-Band bei der UMTS-Abschaltung in Deutschland im Jahr 2021, dann nur deshalb, weil es gleich wieder für andere Zwecke genutzt wird. Wie in einer gefragten Großstadt ist auch im Frequenzspektrum mit höherer Besiedlungsdichte und Ausweitung der Grenzen zu rechnen. Ein Ende ist durch Trends wie IoT, Smart Cities oder die bereits begonnene Forschung am 6G-Mobilfunk nicht in Sicht.

Kostbares Frequenzspektrum effizient nutzen

Wie knapp und kostbar diese Ressource ist, zeigen eindrucksvoll die Preise in Milliardenhöhe, die deutsche Mobilfunkanbieter auf Frequenzversteigerungen zahlen. Regulierungsbehörden sollen den effizienten Umgang mit dem teuren Gut auf nationaler Ebene sicherstellen. Außerdem schützen sie Lizenznehmende vor Störungen durch zum Beispiel defekte elektrische Geräte und unangemeldete oder falsch konfigurierte Sender. In Deutschland ist dafür die Bundesnetzagentur zuständig.

Um ihrem Auftrag nachzukommen, unterhält sie ein landesweites Netzwerk zur Beobachtung des Funkspektrums. Es besteht aus spezialisierten

Messstationen, angefangen von reichweitenstarken stationären Funkbeobachtungsempfängern (FMS, Erklärung der Abkürzungen siehe Legende in Bild 1) über Messfahrzeuge (MMS) bis zu tragbaren Handgeräten (PMS) für Einsatzorte, die nur fußläufig erreichbar sind. Drohnengestützte Systeme (AMS) übernehmen zwei weitere Aufgaben: Sie ermöglichen das Messen an gänzlich unzugänglichen Orten und verbessern den Empfang von weit entfernten Signalen. Den prinzipiellen Aufbau eines nationalen Funkbeobachtungsnetzwerks zeigt Bild 1.

Bei 5G und 6G den Überblick behalten

Dieses Netzwerk aus Messstationen wird in Zukunft neue Anforderungen erfüllen müssen. Zum einen durch

Bild 1: Nationale Funkbeobachtungsnetzwerke sind hierarchisch organisiert: Erfasste Aktivitäten im Funkspektrum laufen an einem regionalen Kontrollzentrum (RCC) zusammen und gehen von dort zu einer Landeszentralstelle (NCC).

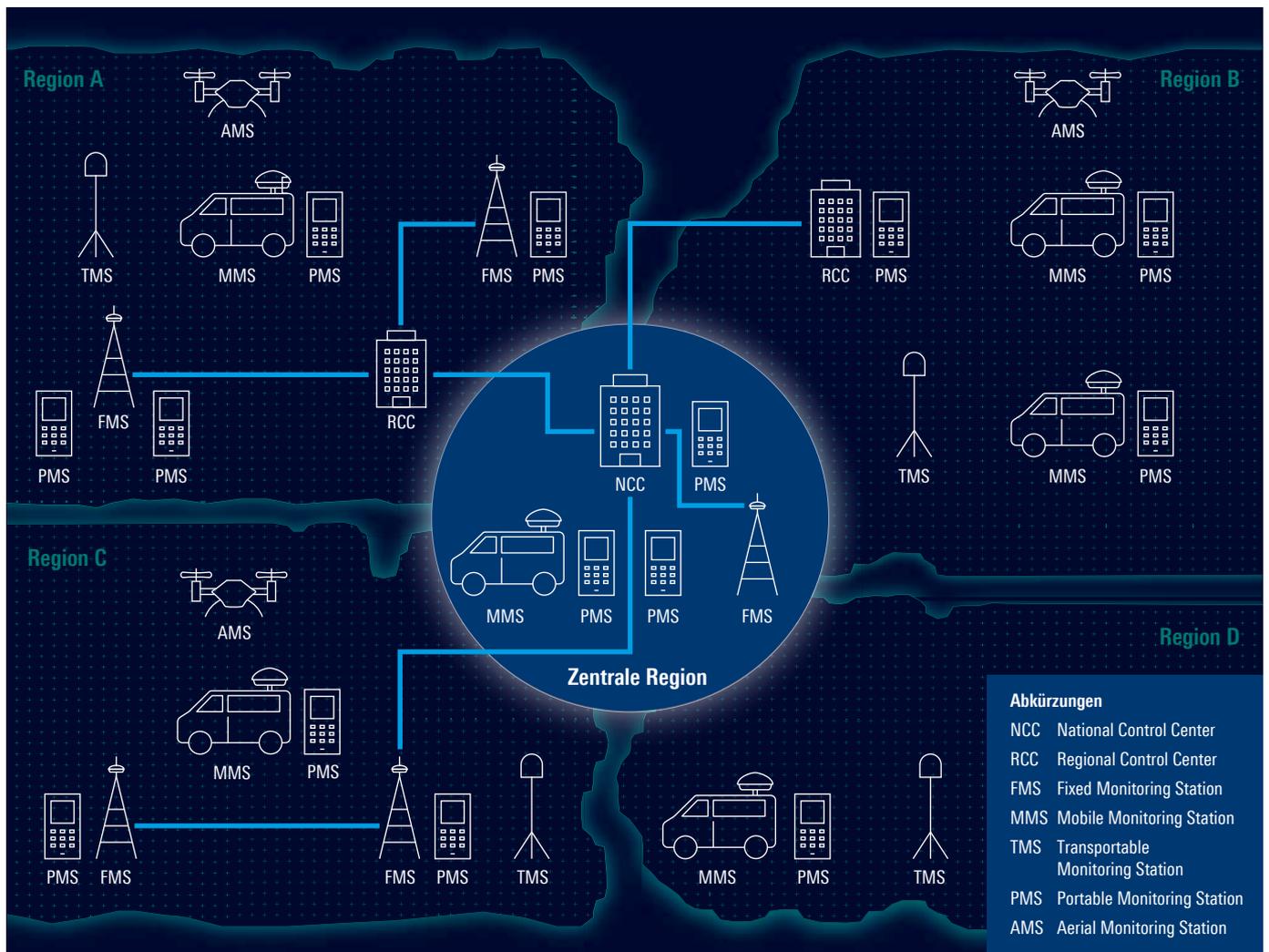




Bild 2: Der R&S®ESMW ist auf Fernbedienung über Laptop oder Tablet ausgelegt und kommt deshalb gut ohne Display aus. Die R&S®ESMW GUI ist im Lieferumfang enthalten.

das Aufkommen von komplexeren Übertragungsverfahren, die das Spektrum effizienter ausnutzen, zum anderen durch das Erschließen von immer höheren Frequenzen sowie breiteren Übertragungskanälen für den Funkverkehr.

Sollen Regulierer bei einer derart gewandelten Nutzung des Frequenzspektrums den Überblick behalten, muss die Funküberwachungstechnik nachziehen. Um breitbandige Signale in Echtzeit zu analysieren, wird in Zukunft ein höherer Empfangsfrequenzbereich nötig sein, eine deutlich größere Erfassungsbandbreite und eine hohe Empfindlichkeit. Aufgrund der komplexeren Übertragungsverfahren ist außerdem mit neuen und komplizierteren Störfällen zu rechnen, die in urbanen Umgebungen mit hoher dynamischer Spektrumauslastung auftreten werden.

Breitbandempfänger R&S®ESMW

Mit dem R&S®ESMW Ultra Wideband Monitoring Receiver hat Rohde&Schwarz eine neue Generation von Breitbandempfängern zur Spektrumüberwachung entwickelt mit hervorragenden, zukunftsicheren Leistungsmerkmalen. Das Grundgerät deckt einen Frequenzbereich von 20 MHz bis 6 GHz ab – genug, um den Großteil des heute für Regulierer relevanten Funkverkehrs zu erfassen – und lässt sich auf maximal 8 kHz bis 40 GHz erweitern.

Die Ausführung als Grundgerät und mit Frequenerweiterung nach unten auf 8 kHz eignet sich für ortsfeste Stationen. Die Erweiterung auf 18 GHz und volle 40 GHz ist aufgrund der geringeren Reichweite von hochfrequenten Wellen vor allem für Messfahrzeuge und transportable Messsysteme (TMS) sinnvoll. Im 19-Zoll-Rack benötigt der Breitbandempfänger kompakte 4 Höheneinheiten und wiegt bei voller Hardwareausstattung etwa 20 Kilogramm.

Kanäle und ganze Frequenzbänder sicher erfassen

Zukunftsfest wird der R&S®ESMW durch bis zu 2 GHz Echtzeitbandbreite. Damit lassen sich auch extrem breitbandige Funkkanäle ohne Blindzeit erfassen, wie sie für den

6G-Mobilfunk diskutiert werden. Die 125 MHz Echtzeitbandbreite der Grundausrüstung decken aktuelle Funkstandards wie den 5G-Mobilfunk im FR1-Band (maximal 100 MHz Kanalbreite) ab. Zum Überwachen des FR2-Bandes (400 MHz Kanalbreite) oder dem schon in den Startlöchern stehenden Standard Wi-Fi 7 (320 MHz Kanalbreite), bieten sich die Erweiterungsoptionen auf 500 MHz oder 2 GHz an. Mit dieser hohen Echtzeitbandbreite lässt sich nicht nur ein Kanal, sondern das gesamte Frequenzband eines Funkdienstes lückenlos empfangen.

Kurzzeitsignale werden bereits ab 75 ns Signaldauer zuverlässig und pegelgetreu erfasst, sofern sie innerhalb der Echtzeitbandbreite liegen. Und auch jenseits dieses Bereichs sorgt die extrem schnelle Spektrum-Scangeschwindigkeit von bis zu 2,6 THz/s dafür, dass auch noch größere Frequenzbereiche nahezu in Echtzeit und damit zuverlässig überwacht werden.

ITU-Konformität

Auch hinsichtlich der HF-Eigenschaften ist der R&S®ESMW für die Zukunft gerüstet. Die Hardware übertrifft bei weitem die Empfehlungen der Internationalen

Bild 3: Der R&S®ESMW im 19-Zoll-Rack in einem Messfahrzeug.



Fernmeldeunion (ITU). Als Sonderorganisation der Vereinten Nationen gibt sie die allgemeinen Richtlinien für die weltweite Nutzung und Überwachung des Funkfrequenzspektrums heraus und normt außerdem die Messverfahren zur Spektrumüberwachung. Der R&S®ESMW erfüllt vollumfänglich die wichtigsten ITU-Richtlinien.

Unkompliziert erweitern

Der R&S®ESMW ist als Nachfolger für die beiden Modelle R&S®ESMD (bis 26,5 GHz) und R&S®ESME (bis 18 GHz) ausgelegt und rückwärtskompatibel: gleiche Datenformate, gleiche Schnittstellen und gleiche SCPI-Befehle. Damit ist der Aufwand zum Umrüsten von Bestandsinstallationen auf ein Minimum reduziert. Weltweit sind über 2500 R&S®ESMD und R&S®ESME in über neunzig Ländern im Einsatz.

Wird die Hardware-Ausstattung gleich bei der Anschaffung für zukünftige Anwendungsfälle ausgelegt, können die später benötigten Funktionen zum passenden Zeitpunkt über

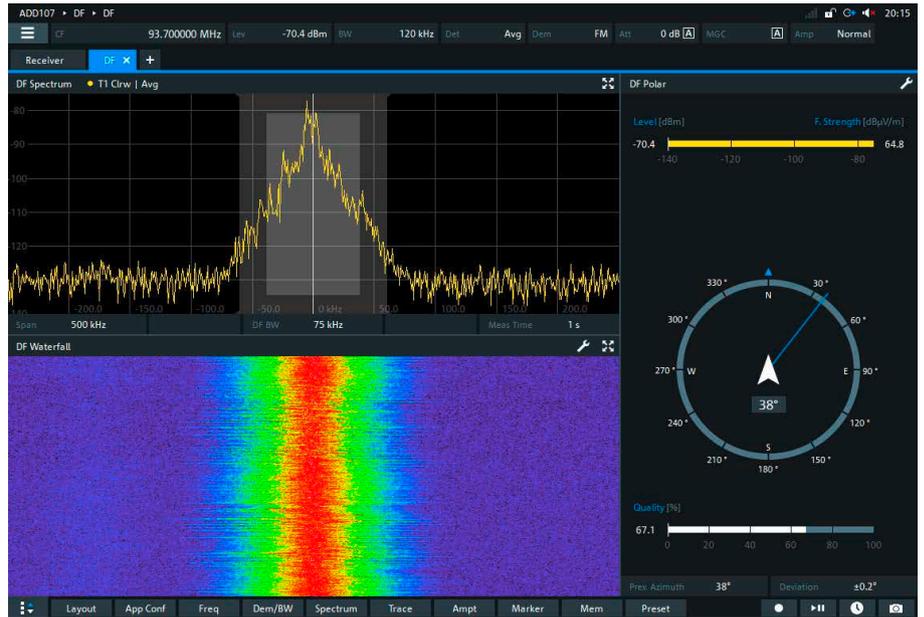


Bild 4: Die beiden Fenster links zeigen Spektrum und Wasserfalldarstellung eines gemessenen Signals. Mit der optionalen Peilfunktion lässt sich auch die Einfallsrichtung als Gradzahl auf einer Richtungsrose anzeigen (rechts).

einen Software-Schlüssel freigeschaltet werden. Das Einschicken zur Hardware-Nachrüstung entfällt und das Gerät bleibt permanent verfügbar.

Positionsdaten und Peilfunktion

Eine lohnenswerte Erweiterung, die mit jedem Grundgerät möglich ist, ist das integrierte GNSS-Modul. Es fügt den Messungen automatisch Positionsdaten als Metainformationen

hinzu und vereinfacht die Dokumentation spürbar. Das Modul wird ebenfalls bequem per Software-Schlüssel freigeschaltet.

Mit der jüngsten Firmware-Erweiterung im September 2023 hat der R&S®ESMW auch die geschätzte Peilfunktion der Vorgängergeräte erhalten. Sie zeigt die Einfallsrichtung eines gemessenen Signals an

WARUM FUNKÜBERWACHUNGSEMPFÄNGER?

Zur Störungssuche setzen Regulierungsbehörden spezialisierte Funküberwachungstechnik ein. Sie ist für den Empfang und die Ortung von Interferenzen in unbekanntnen Signalumgebungen über große Frequenzbereiche hinweg optimiert. Funküberwachungsempfänger wie der R&S®ESMW verfügen über die dafür notwendige Echtzeiterfassungsfähigkeit, spektrale Scangeschwindigkeit und Empfangsdynamik. Letztere ist vor allem nötig, um schwache, sporadische Störsignale zwischen starken kommerziellen Aussendungen zu detektieren und zu lokalisieren.

Dafür ist im R&S®ESMW neben einem Hochleistungs-A/D-Wandler eine ausgeklügelte Vorselektionsfilterbank integriert, die die Signalumgebung außerhalb des interessierenden Signalbandes ausblendet. Dadurch lässt sich die geräteinterne Erzeugung von Störprodukten bei Übersteuerung des A/D-Wandlers aufgrund starker Signale außerhalb des Nutzbandes verhindern. Innerhalb des Signalbandes wirkt eine automatische Dämpfungsanpassung, die bei schwacher Signalumgebung die Signale ungedämpft passieren lässt und bei starker Umgebung stärker dämpft. In solchen Eigenschaften unterscheiden sich Funküberwachungsempfänger von ihren messtechnisch nahen Verwandten, den Spektrumanalysatoren, die vorwiegend in laborähnlichen (relativ kontrollierten) Signalumgebungen eingesetzt werden und eine besonders hohe Messgenauigkeit erzielen.

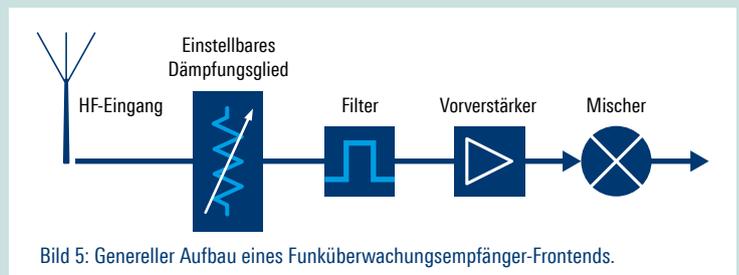


Bild 5: Genereller Aufbau eines Funküberwachungsempfänger-Frontends.

(Bild 4). Werden über die Steuersoftware R&S®ARGUS mehrere Messstationen angesteuert, lässt sich schnell auch die genaue Position der Signalquelle feststellen.

Weitere Gerätefunktionen geplant

Der Breitbandempfänger wird um zusätzliche Funktionen zur Störungssuche erweitert. Dazu gehören eine kurzzeitige Breitband-I/Q-Datenaufzeichnung bis zu 2 GHz Bandbreite

mit Abspielfunktion und die für die Störungssuche in 5G- und zukünftigen 6G-Netzwerken wichtige Zeitbereichsanalyse mit Gated-Spektrumfunktion. Es ist die gleiche Funktion, die sich im tragbaren Funkerfassungsempfänger R&S®PR200 bewährt hat [1]. Außerdem wird die aktuell verfügbare Peilfunktion um eine geräteinterne Kartendarstellung der Peilergebnisse mit automatischer Triangulierung erweitert.

Speziell für Messfahrzeuge gedacht ist eine Aufzeichnungsfunktion der Spektrumdaten inklusive Positionsinformationen, um schnell und einfach die spektrale Umgebung entlang der Fahrtroute darzustellen und auszuwerten.

[1] NEUES 226 (2023), Seite 9

DR.-ING. JENS STEINWANDT,
ROHDE & SCHWARZ

GESCHICHTE DER SPEKTRUMÜBERWACHUNG BEI ROHDE & SCHWARZ

Das Regulieren von Frequenzspektren hat eine lange und technikgetriebene Geschichte. Frühzeitig lieferte Rohde & Schwarz Messausrüstung zur Spektrumüberwachung und setzte einige technische Meilensteine.



Bild 6: Überwachungsempfänger ESUM aus den 1960er-Jahren.



Bild 7: Im Jahr 2008 kommt der Breitbandempfänger R&S®ESMD auf den Markt. Heute ist er in über 80 Ländern im Einsatz.

- 1960er-Jahre:** Zu den Pionier-Geräten gehört der Überwachungsempfänger ESUM. Mit ihm erfassen nationale Regulierungsbehörden das VHF- und UHF-Spektrum, das bereits damals für zivile und militärische Zwecke genutzt wird. Schnell etabliert sich das Gerät zur Standardlösung im Verteidigungssektor.
- 1980er-Jahre:** In dieser Zeit hält die Automatisierung von Messprozessen Einzug in die Funküberwachung. Welche Möglichkeiten sich dadurch eröffnen, zeigt Rohde & Schwarz mit dem Suchempfänger ESP, der über einen Frequenzbereich von 10 kHz bis 1,3 GHz bzw. 2,5 GHz knapp 1000 Frequenzkanäle pro Sekunde absucht. Mitte der 1980er-Jahre betritt der Konzern mit dem R&S®EB100 den Markt für hochqualitative portable Empfänger und landet damit einen Verkaufsschlager, der erst 1999 von dem nicht minder erfolgreichen R&S®EB200 abgelöst wird.
- 2000er-Jahre:** Rohde & Schwarz stellt die erste VHF-UHF-Peilantenne zur Funkortung vor, die sowohl vertikal als auch horizontal polarisierte Signale empfängt. So lassen sich die Standorte illegaler Sender deutlich besser bestimmen. Mit dem portablen Empfänger R&S®PR100 bis 7,5 GHz und dem Breitbandempfänger R&S®ESMD mit integrierter Peilfunktion gelangen zwei weitere technische Highlights.
- 2020er-Jahre:** Der portable Empfänger R&S®PR200 mit zusätzlicher Zeitbereichsdarstellung und der modulare Breitbandempfänger R&S®ESMW mit bis zu 2 GHz Echtzeitbandbreite werden als Nachfolger des R&S®PR100 und R&S®ESMD eingeführt.



NEUER ÜBERFLIEGER AM HORIZONT

Damit das Verhalten von terrestrischen Navigations- und Kommunikationssystemen für die Flugüberwachung auch per Drohne analysiert werden kann, entwickelte Rohde & Schwarz den R&S®EVSD1000 VHF/UHF Nav/Drone Analyzer. Der neue Signalpegel- und Modulationsanalysator lässt sich einfach an handelsüblichen Drohnen montieren und liefert bei Messflügen präzise, wiederholbare Ergebnisse.



Die Zivilluftfahrt benötigt genaue und zuverlässige Navigationssysteme für eine optimale Flugverkehrskontrolle (ATC), um die öffentliche Sicherheit zu gewährleisten und Verspätungen zu minimieren. Gleichzeitig wollen Flughafenbetreiber die Betriebskosten reduzieren.

Für einen sicheren Flughafenbetrieb ist es unverzichtbar, die terrestrischen Flugnavigationssysteme regelmäßig zu überprüfen. Für die Prüfung der Lande- sowie Streckenavigationssysteme gelten dabei besondere Anforderungen an die eingesetzte Messtechnik. Unter anderem hat die Internationale Zivilluftfahrt-Organisation (ICAO) entsprechende Vorgaben in einem Standard für die Fluginspektion veröffentlicht. Die neueste Version enthält jetzt auch Vorgaben für drohnengestützte Messungen.

Vorteile drohnengestützter Messungen

Bisher wurden diese Inspektionen mittels Bodenmessungen von Hand oder mit einem Fahrzeug durchgeführt und um Flugmessungen ergänzt, wofür speziell ausgerüstete Messflugzeuge notwendig sind.



Bild 1: Der neue R&S®EVSD1000 kann unter einer handelsüblichen Drohne wie der MATRICE 300 RTK von DJI montiert werden.



Für die Messungen am Boden müssen zum Teil Start- und Landebahnen gesperrt werden, was zu Wartezeiten im Flugverkehr führt und mit Umsatzausfällen für den Flughafenbetreiber einhergeht. Zusätzlich lassen sich die Messergebnisse nur schwer reproduzieren, wenn die Messungen – zum Beispiel aus technischen Gründen – nur im Nahfeld stattfinden können.

Effizienter geht es mit moderner Drohnentechnologie, denn sie erlaubt ein automatisches und hochpräzises Abfliegen von vorprogrammierten Routen über festgelegte Wegpunkte. Ausgestattet mit neuester Akkutechnik eignen sich Drohnen mittlerweile für relativ große Nutzlasten sowie für immer längere Flug- und damit Messzeiten.

Aus diesem Grund hat Rohde&Schwarz seine etablierten Navigationsanalysatoren R&S®EVSG1000 und R&S®EVSF1000 für Boden- und Flugmessungen um den R&S®EVSD1000 ergänzt. Bei gleichem Leistungsumfang

ist er in Bezug auf Gewicht und Mechanik für den Einsatz mittels Drohnen optimiert und kann zum Beispiel alternativ zu Bodenmessungen genutzt werden.

Der R&S®EVSD1000: Bis ins Detail auf Drohnenapplikationen zugeschnitten

Der R&S®EVSD1000 verfügt dank seiner sehr niedrigen Rauschzahl und seines schmalbandigen Filters über eine hervorragende Eingangsempfindlichkeit. Dadurch ist das Gerät in der Lage, auch bei niedrigen Pegeln hochpräzise Signalanalysen durchzuführen. Mit seinem weiten Eingangsbereich, kombiniert mit einer steilflankigen Vorselektion lassen sich potentielle Störer wie FM-Transmitter oder Sprechfunksignale zuverlässig unterdrücken. Der Empfänger bietet somit eine hohe Intermodulationsunterdrückung sowie Störfestigkeit und liefert deshalb auch in unmittelbarer Nähe von Sendantennen zuverlässige Messergebnisse.

Die drohnengestützten Messungen mit dem R&S®EVSD1000 erlauben bei einer Messrate von 100 Datensätzen pro Sekunde genaue und stabile Messungen, die mit einer hohen Reproduzierbarkeit durchführbar sind. Das stellt sicher, dass die Messergebnisse mit den Ergebnissen von herkömmlichen Flug- und Bodeninspektionen vergleichbar sind. Ein zusätzliches GNSS-Modul (R&S®EVSD1-Z6) zusammen mit der externen GNSS-Antenne R&S®EVSD1-Z7 versieht die Messungen mit Zeit- und Ortsstempeln. Die Ergebnisse werden im Gerät gespeichert und können zudem über einen Datenlink (Option R&S®EVSD1-Z5) an einen anderen Speicherort gestreamt werden. Es gehen also keine Ergebnisse verloren. Das stellt lückenlose Echtzeitmessungen sowie eine einfache Dokumentation der Messergebnisse sicher.



Bild 2: Der Signalpegel- und Modulationsanalysator R&S®EVSD1000 VHF/UHF Nav/Drone Analyzer ermöglicht eine vollständig ICAO-konforme, hochpräzise Vermessung von Instrumentenlandesystemen (ILS), bodengestützten Ergänzungssystemen (GBAS) sowie VHF-Omnirange-Bodenstationen (VOR). Darüber hinaus bietet er viele weitere Funktionen wie Spektrum-, Audio- und Zeitbereichsanalyse in einem Gerät.

Das Messpersonal kann den leichten R&S®EVSD1000 an mittelgroßen Drohnen per Schnellspanner werkzeugfrei befestigen. Das gilt auch für die nur 150 g schwere ILS/VOR-Antenne (R&S®EVSD1-Z3), die mit einem kurzen Mast oberhalb oder unterhalb der Drohne montiert werden kann. Dieser soll den Einfluss von Störsignalen, welche vom Motor der Drohne ausgehen, reduzieren.

Drohnenbasiert zu genaueren, schnelleren und reproduzierbaren Messergebnissen

Dank seiner Leistungsfähigkeit und seines umfangreichen Zubehörs bietet sich der R&S®EVSD1000 vor allem für Flugsicherungsdienstleister (ANSPs) an. Diese können Messungen, die bisher nur mit Fahrzeugen oder von Hand möglich waren, mit größerer Genauigkeit, besserer Reproduzierbarkeit und innerhalb kürzerer Zeit mit Hilfe handelsüblicher Drohnen durchführen. Zudem müssen dafür keine Start- und Landebahnen gesperrt werden, was Organisationsaufwand und Kosten reduziert. Wenn den Regulator gezeigt werden kann, dass die Reproduzierbarkeit der



Bild 3: Der zugehörige Transportkoffer R&S®EVSD1-Z9 in Form eines rollbaren Trolleys bietet genügend Platz für alle Komponenten: den Empfänger, die Batterien, bis zu sechs Holzpropeller sowie die Antenne. Nur die Drohne selbst muss separat transportiert werden.

Messungen gut und die Übereinstimmung der Daten mit der Flugvermessung hoch ist, sind auf diese Weise sogar verlängerte Flugvermessungsintervalle denkbar.

KLAUS THEISSEN, ROHDE & SCHWARZ

VOM ERSTEN AUTOMATISCHEN PEILGERÄT ZUM UMFASSENDEN ATC-KOMMUNIKATIONSSYSTEM

Bereits 1955 brachte Rohde & Schwarz das erste automatische Peilgerät NAP1 auf den Markt. Es wurde ergänzend zur Radarortung in der Flugsicherung eingesetzt. 1959 folgte mit dem NP4 der erste Peiler, der nach dem Dopplereffekt arbeitete. Auch das erste Fluglärmüberwachungssystem der Bundesrepublik Deutschland am Flughafen Frankfurt stammt von Rohde & Schwarz.

Nach der Wende entwickelte Rohde & Schwarz 1995 für die Deutsche Flugsicherung den ersten Empfänger für eine TACAN-Anlage (TACAN: Tactical Air Navigation). Mit dem R&S®ETS200 ließen sich die HF-Pegel und der Azimuth der Anlage erstmals kontinuierlich überwachen.

Zur Überwachung von terrestrischen Funknavigationssystemen an Flughäfen und Feldstationen brachte Rohde & Schwarz 1996 mit dem R&S®EVS200 das erste tragbare Gerät für den mobilen Einsatz auf den Markt. Mit ihm konnten Flughäfen und Streitkräfte schon damals Instrumentenlandesysteme (ILS), Drehfunkfeuer (VOR) und die drei vertikalen Marker-Beacon-Funkfeuer überwachen. Selbst Frequenzsuchläufe über die relevanten Frequenzbänder waren damit möglich.

2020 präsentierte Rohde & Schwarz schließlich das hochmoderne ATC-Kommunikationssystem CERTIUM, das neue Standards in der Flugsicherung gesetzt hat. Das IP-basierte schlüsselfertige System umfasst alle Komponenten vom Mikrofon bis zu den Antennen inklusive Analyse- und Management-Software sowie Services. Zudem schützt eine Highspeed-Verschlüsselung vor unbefugtem Zugriff auf Informationen. Der neue R&S®EVSD1000 VHF/UHF Nav/Drone Analyzer ist Teil des CERTIUM Universums und das jüngste Mitglied der CERTIUM ANALYSIS Produktfamilie.



Weitere Informationen dazu finden Sie online:

Bild 4: Mit dem mobilen R&S®EVS200 lassen sich terrestrische Funküberwachungssysteme erstmals zu Fuß oder mit Fahrzeugen analysieren.





© gorodenkoff/Getty Images

MIT HOCHGESCHWINDIGKEIT VERSCHLÜSSELT IN DIE ZUKUNFT

Wenn Behörden und Einrichtungen der öffentlichen Hand Daten austauschen, übertragen sie dabei häufig sensible Informationen, die einen besonderen Schutz vor unberechtigtem Zugriff benötigen. Aus diesem Grund sollten diese Verbindungen verschlüsselt werden. Doch häufig geht dies zu Lasten der Übertragungsgeschwindigkeit. Um das zu vermeiden, verwendet das Bundesland Saarland heute flächendeckend die Hochgeschwindigkeitslösung R&S®SITLine ETH von Rohde & Schwarz Cybersecurity. Das Produktportfolio wurde jetzt um eine Lösung für 2 × 100 Gigabit Ethernet erweitert.

Behörden in Deutschland dürfen sensible Daten mit personenbezogenem oder vertraulichem Inhalt nur mit VS-NfD-Einstufung (Verschluss-sachen – Nur für den Dienstgebrauch) verschlüsselt innerhalb eines Landesnetzes transportieren. Das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) empfiehlt für diese Übertragungen das AES-Verschlüsselungsverfahren (AES: Advanced Encryption Standard). Dieser Empfehlung ist das Land Saarland nachgekommen und nahm damit eine Vorreiterrolle bei den Landesbehörden in Deutschland ein.

So nutzt das Saarland heute die Verschlüsselungslösung R&S®SITLine ETH von Rohde&Schwarz Cybersecurity zur Übertragung von vertraulichen Daten. Denn diese Hochgeschwindigkeitslösung erfüllt die vom BSI geforderten Standards ohne spürbare Auswirkungen auf die Übertragungsgeschwindigkeit. In Kooperation mit dem IT-Sicherheitsexperten Rohde&Schwarz Cybersecurity und dessen Partner T-Systems setzte das Saarland damit als erstes Bundesland eine moderne, flexible und flächendeckende Verschlüsselung der Landesbehörden um. Es verwendet die Lösung für die Kommunikation der Polizei sowie für sein IT-Dienstleistungszentrum und die daran

angebundenen Landesbehörden an rund 190 Standorten.

Layer 2-Verschlüsselung schützt ohne Geschwindigkeitseinbußen

Eine sichere Übertragung zwischen mehreren Standorten erfolgt idealerweise über eine Verschlüsselung auf Layer 2, der Sicherungsschicht des ISO-/OSI-Referenzmodells, um die Übertragungsgeschwindigkeit nicht zu beeinträchtigen. R&S®SITLine ETH verschlüsselt Ethernet-Übertragungen in nahezu Leitungsgeschwindigkeit abschnittsweise auf ihrem Weg zum Empfangsgerät. Gerade bei geschäftskritischen Echtzeitanwendungen sind solche Verbindungen mit möglichst geringer Latenz entscheidend für den reibungslosen Betrieb.

Highspeed-Verschlüsselung bei Geheimhaltungsvorgaben

R&S®SITLine ETH von Rohde&Schwarz Cybersecurity schützt als Layer 2-Verschlüsseler sensible Übertragungen, E-Mails und Dokumente vor dem Ausspähen und der Manipulation während der Übertragung. Behörden und Unternehmen können damit neben Ethernet-Übertragungen im Festnetz auch Richtfunk- oder Satellitenverbindungen schützen. Die Geräte sind vom

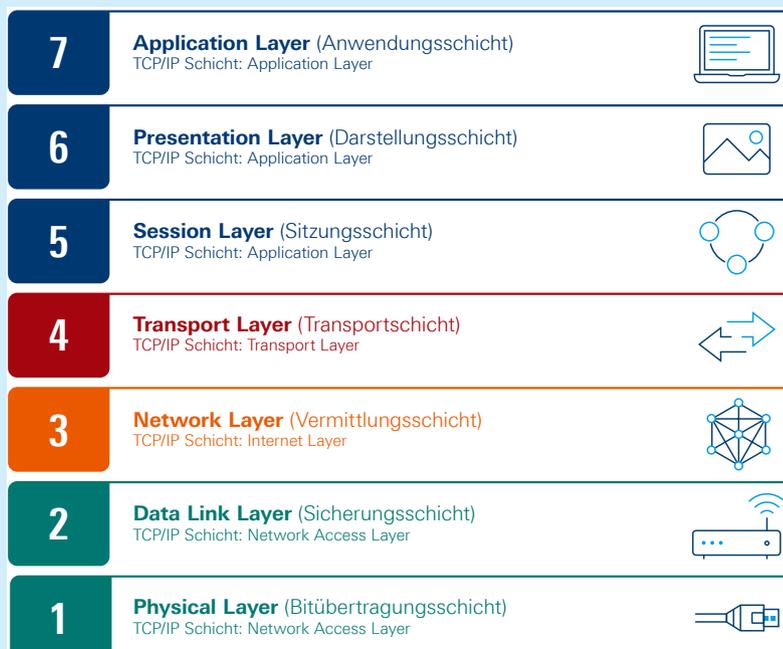


Bild 1: Verschlüsselte Übertragungen laufen entweder auf der Sicherungsschicht (Layer 2) ab oder geroutet auf der Vermittlungsschicht (Layer 3).



Bild 2: R&S®SITLine ETH-XL verschlüsselt in Leitungsgeschwindigkeit und lässt sich einfach integrieren.

BSI bis zu den Geheimhaltungsstufen VS-NfD, EU-Restricted und NATO-Restricted zugelassen. So eignet sich die Produktfamilie vor allem für Behörden und Institutionen, Betreiber kritischer Infrastrukturen und geheimschutzbetretene Unternehmen.

Erster Netzwerkverschlüsseler für 2 × 100-Gigabit-Ethernet-Duplex-Verbindungen

Rohde & Schwarz Cybersecurity hat die Produktfamilie jetzt im Highspeed-Bereich erweitert und mit dem R&S®SITLine ETH-XL den ersten Netzwerkverschlüsseler mit zwei 100-Gbit/s-fähigen Schnittstellen auf den Markt gebracht. Er deckt die Bandbreite von 10 Gbit/s bis 100 Gbit/s ab und eignet sich somit für den Einsatz an zentralen Standorten einer kritischen Infrastruktur oder in Rechenzentren. Netzwerkteams können die Geräte über ein zentrales Managementsystem mit intuitiver Benutzerschnittstelle in die vorhandene IT-Landschaft integrieren.

Quanten-Computing erfordert neue Wege in der Kryptografie

Um auch in Zukunft sicher verschlüsselt kommunizieren zu können, ist es damit aber nicht getan. Für Quanten-Computing müssen neue Ansätze und Verschlüsselungsmethoden entwickelt werden. Denn Quantencomputer werden bald so schnell sein, dass sie die gängigen Verschlüsselungsalgorithmen brechen können und zur Gefahr für den Datenverkehr werden. Einige Forschungseinrichtungen entwickeln deshalb an

einer Post-Quanten-Kryptografie (PQC). Diese basiert auf Algorithmen, die nach heutigem Wissensstand auch mit einem Quantencomputer nicht schnell genug berechnet werden können, um sie zu brechen. PQC ist auf den bereits genutzten Netzwerken und Systemen lauffähig und eignet sich daher für den breiten Einsatz im Internet, in Unternehmensnetzwerken und für den E-Mail-Verkehr.

Für Hochsicherheitsanwendungen etwa im Behördenumfeld reicht dies nicht aus. Hier bietet sich ergänzend eine „Quantenschlüsselverteilung“ (Quantum Key Distribution (QKD)) an. Da der Quantenschlüsselaustausch auf physikalischen Gesetzen und nicht auf mathematischen Algorithmen beruht, spielt die Rechenleistung von Computern keine Rolle. QKD ist damit besonders zukunftssicher, aber kostspielig und nicht für jede Anwendung nutzbar.

Rohde & Schwarz Cybersecurity stellt seine kryptografische Expertise und Erfahrung bei der Konstruktion und der Implementierung sicherer Geräte und Systeme sowohl in Forschungsprojekten zu PQC- wie zu QKD-Verfahren zur Verfügung. Bei der Entwicklung von aktuellen Verschlüsselungslösungen berücksichtigt das Expertenteam die Sicherheit von morgen bereits mit. So ist R&S®SITLine ETH-XL QKD-ready. Wer die Lösung heute integriert, ist bereits für die Quanten-Zukunft gerüstet.

ESTHER ECKE,
ROHDE & SCHWARZ CYBERSECURITY

WLAN-OPTIMIERUNG AUF KNOPFDRUCK

Drahtlosnetzwerke optimal zu konfigurieren ist bisher eine aufwendige, manuelle Aufgabe. Gerade IT-Verantwortliche von Großinstallationen haben dafür kaum Zeit. LANCOM ARC 2.0 nimmt ihnen einen Großteil der Arbeit ab und zeigt auf einen Blick die gesamte WLAN-Umgebung.

WLAN-Netze mit mehreren hundert Accesspoints, wie man sie heute an größeren Firmenstandorten, in Schulen und Universitäten, Krankenhäusern oder Sportstadien findet, werden in der Regel einmal eingerichtet und danach nur noch selten an veränderte Gegebenheiten angepasst. Der Grund ist der hohe Arbeitsaufwand. Administratorinnen und Administratoren müssen Parameter wie Kanalbreite und Sendeleistung der Funkkanäle händisch optimal aufeinander abstimmen und dabei auch noch Überschneidungen mit benachbarten Fremdnetzen berücksichtigen. Eine zeitintensive Aufgabe, die der anhaltende IT-Fachkräftemangel für die Betreiber nicht einfacher macht.

Kontrolliert automatisiert

Mit LANCOM Active Radio Control™ 2.0 (ARC 2.0) übernimmt das WLAN diese Aufgabe nun selbst. ARC 2.0 ist eine cloudbasierte, selbstlernende WLAN-Optimierungssoftware für mittlere und große Netzwerke. Sie ermittelt selbst unter komplexen Bedingungen die bestmögliche WLAN-Konfiguration für ein bestehendes Netzwerk und visualisiert sowohl den Ist-Zustand als auch den erwarteten Zustand nach der Optimierung. So können die vorgeschlagenen Konfigurationsänderungen zuerst geprüft und dann mit einem Knopfdruck ausgerollt werden. Die Kontrolle über den Automationsprozess bleibt in den Händen der IT-Verantwortlichen.

Optimierung am realen Ressourcenbedarf

ARC 2.0 optimiert in drei Schritten: Scan der WLAN-Umgebung, Datenanalyse und Berechnung der optimalen WLAN-Konfiguration.

Schritt 1: Scan

Für den Scan wechseln alle unterstützten Geräte für circa zwei bis fünf Minuten in einen Scan-Modus und ermitteln ihre Funkumgebung. Während dieser Phase ist ein Betrieb der WLAN-Infrastruktur zwar nicht möglich, aber die investierte Zeit lohnt sich. Weil die Auslastung der Accesspoints quasi im laufenden Betrieb erfasst wird, steht eine exzellente

Datenbasis zum Errechnen der optimalen WLAN-Konfiguration zur Verfügung.

Schritt 2: Analyse

Die Datenanalyse findet in der LANCOM Management Cloud (LMC) statt. Unterschieden wird dabei nach den drei Frequenzbändern 2,4 GHz, 5 GHz und 6 GHz und ob es sich um WLAN-Geräte der eigenen Installation oder um Accesspoints von Fremdnetzen handelt. Für LANCOM-Geräte, wie den Accesspoint aus Bild 1, verhindert eine Multi-BSSID-Erkennung Mehrfachzählungen, mit denen typischerweise zu rechnen ist, weil





Bild 1: Der Wi-Fi 6E Accesspoint LANCOM LX-6500E unterstützt den parallelen Betrieb in den drei Frequenzbändern 2,4 GHz, 5 GHz und 6 GHz für eine aggregierte Übertragungsrates von 8,4 Gbit/s.

WLAN-Accesspoints häufig mehrere BSSIDs zugewiesen sind. Die Visualisierungen von Ist-Zustand und erwartetem Effekt durch die Optimierung wird in Bild 2 gezeigt. Zur besseren Übersicht lassen sich die einzelnen Frequenzbänder im Dashboard getrennt anzeigen.

Besonders relevant für die Übertragungskapazität sind Kanalkonflikte. Sie entstehen, wenn ein Gerät in den Betriebskanal eines anderen Geräts

funkt und werden als Verbindungslinien zwischen den Kanälen angezeigt. Meist erzeugen Kanalkonflikte keine nennenswerten Probleme, aber die Übertragungskapazität des Netzwerks leidet.

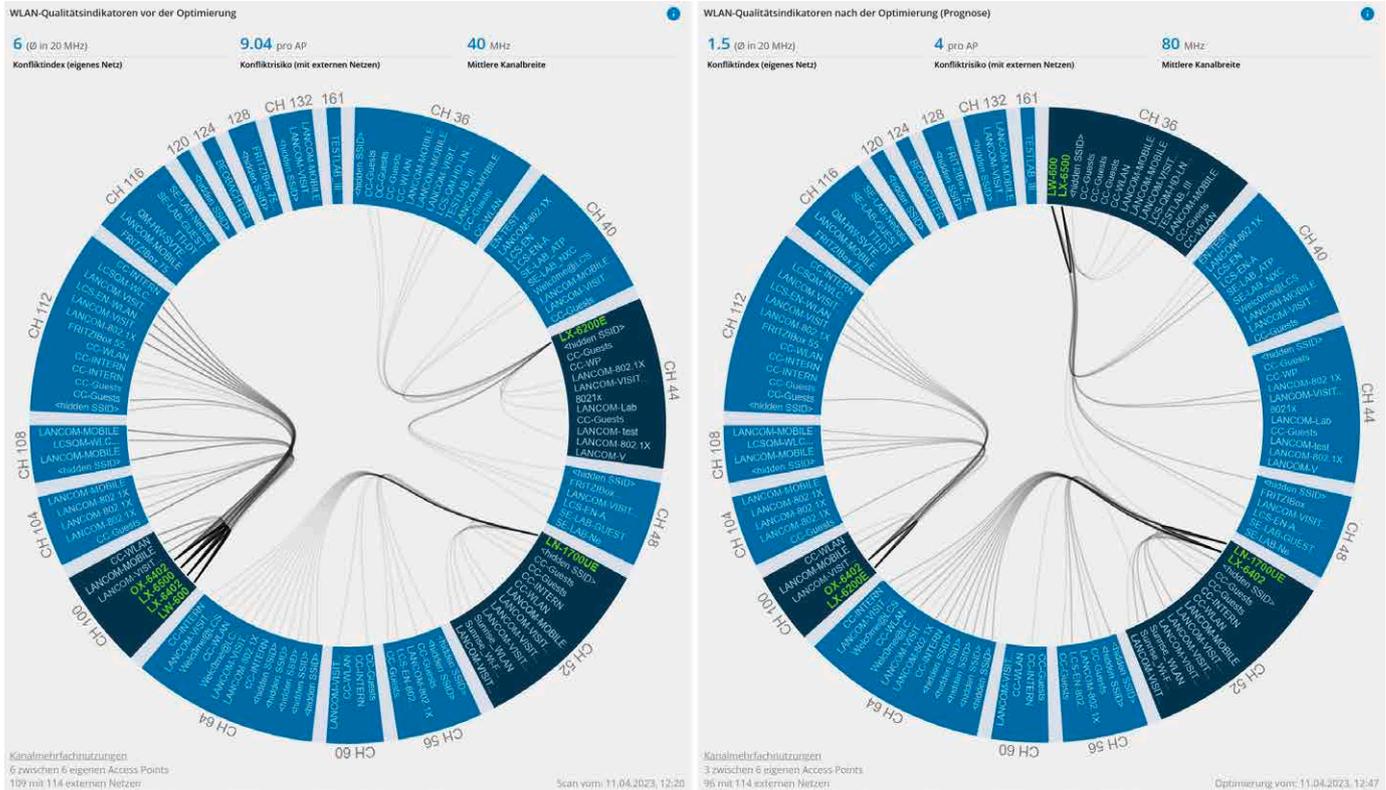
Schritt 3: Optimierung

Entsprechend ist ein Ziel der WLAN-Optimierung eine Konfiguration mit minimalen Kanalkonflikten. Im Beispiel aus Bild 2 hat die optimierte Lösung nur noch 99 statt

115 Kanalkonflikte. Weitere Optimierungsziele ergeben sich aus dem ermittelten Nutzungsverhalten: ARC 2.0 erkennt eigenständig den Auslastungsgrad der Accesspoints und weist den Accesspoints mit hohem Datenverkehr konfliktfreie oder zumindest konfliktarme Kanäle zu.

Individuelle Anpassungen kann die Administratorin bzw. der Administrator ebenfalls vornehmen, zum Beispiel nach eigenem Ermessen die Prioritäten von Accesspoints verändern, einzelne Geräte von der automatischen Anpassung der Sendeleistung ausschließen oder spezifische Kanäle gleich ganz von der Optimierung ausklammern. Ferner besteht die Wahl zwischen verschiedenen Optimierungsschemata für geringe und hohe Accesspoint-Dichten. Durchgeführt wird die Optimierung mit Hilfe eines speziell für ARC 2.0 entwickelten Rechenmodells.

Bild 2: Kreisdarstellung der erkannten WLAN-Umgebung beim Scan (links) und der WLAN-Prognose für die errechnete optimale Gerätekonfiguration (rechts). Jedes einzelne Kreissegment repräsentiert einen Kanal (dunkelblau, wenn er Accesspoints des eigenen Netzes enthält, ansonsten hellblau). Die Netzwerknamen der Accesspoints des eigenen Netzwerks sind grün, die von Fremdnetzen grau eingetragen. Verbindungslinien kennzeichnen Kanalkonflikte.



WLAN-Qualitätsindikatoren vor der Optimierung i		
6 (Ø in 20 MHz)	9.04 pro AP	40 MHz
Konfliktindex (eigenes Netz)	Konfliktrisiko (mit externen Netzen)	Mittlere Kanalbreite

Bild 3: Drei Qualitätsparameter zeigen das Optimierungspotenzial im WLAN auf. Je geringer Konfliktindex und Konfliktrisiko sind, desto besser. Die mittlere Kanalbreite soll möglichst hoch sein.

Optimierungsergebnis

ARC-Index: 100%

Zusammenfassung Optimierungsergebnis

Bild 4: Im Dashboard ist der ARC-Index neben der Kreisdarstellung für die WLAN-Optimierung zu finden.

Alles auf einen Blick

Neben dem hohen Automatisierungsgrad, der mit ARC 2.0 erstmals in die professionelle WLAN-Verwaltung einzieht, ist die Visualisierung der große Pluspunkt der Software. Die drei Qualitätsparameter Konfliktindex, Konfliktrisiko und mittlere Kanalbreite (Bild 3), die im Dashboard oberhalb der Kreisdarstellung angezeigt werden, geben einen schnellen Überblick zum Gesamtzustand des Netzwerks.

Der Konfliktindex erfasst Kanalkonflikte zwischen Geräten des eigenen Netzes. Das Konfliktrisiko erfasst Kanalkonflikte mit externen Netzen.

Ob das volle Optimierungspotenzial auch ausgeschöpft wurde, verrät ein vierter Parameter: der ARC-Index. Ein Wert von 100 Prozent bedeutet, dass mit dem gewählten Optimierungsschema das theoretische Maximum erreicht ist, das sich unter

Berücksichtigung aller Randbedingungen und individuell gesetzten Einschränkungen ergibt. Liegt der ARC-Index unter 100 Prozent, kann mit einem anderen Optimierungsschema eine rechnerisch bessere Leistung erreicht werden.

ARC 2.0 ist Teil der LMC

War die Vorgängerversion Teil des LANCOM Betriebssystems LCOS, ist ARC 2.0 als zusätzliche Funktion der LANCOM Management Cloud nutzbar. Das Konzept der intelligenten Netzwerkoptimierung führt ARC 2.0 konsequent weiter und vereinfacht damit die WLAN-Verwaltung und -Optimierung zahlreicher Installationen, angefangen beim Office-, Schul- oder Klinik-WLAN bis hin zu Großinstallationen in Industrie, Stadien und Event-Arenen.

ECKHART TRABER, LANCOM SYSTEMS

EIN INNOVATIONSTREIBER DER NETZWERKTECHNIK AUS EUROPA

Seit mehr als zwanzig Jahren entwickelt die Rohde & Schwarz Tochter LANCOM Systems professionelle Netzwerktechnik für Wirtschaft und Verwaltung. Den starken Wettbewerbern aus Asien und Nordamerika begegnet man von Anfang an innovationsfreudig und befindet sich schnell technisch auf Augenhöhe. Bereits im Gründungsjahr 2002 kommt der weltweit erste Accesspoint mit VPN-Integration auf den Markt, gefolgt vom ersten dualbandfähigen Wi-Fi-Accesspoint nur ein Jahr später. Eine weitere Weltpremiere gelingt 2008 mit einem Business-VPN-Router mit UMTS/ADSL2+ und integriertem Diebstahlschutz. Durch die Entwicklung von Outdoor-Accesspoints für den Breitbandinternetausbau wird um das Jahr 2010 auch die damalige Bundesregierung auf das Unternehmen aufmerksam. Exemplarisch für die hohen Sicherheitsstandards stehen die CC-Router zur hochsicheren Standortvernetzung, denen das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) im Jahr 2013 die höchstmögliche Sicherheitszertifizierung für kommerzielle Router bescheinigt. Für die aktuellen Herausforderungen in der Netzwerktechnik – großflächige Digitalisierung und IT-Fachkräftemangel – bietet das Unternehmen mit der LANCOM Management Cloud eine ganzheitliche Softwarelösung für die effiziente Verwaltung aller Netzwerkbereiche und hat mit LANCOM Trusted Access jüngst einen cloud-gemanagten VPN-Client für die sichere Anbindung von mobilen Arbeitsplätzen auf den Markt gebracht.



ZUWACHS FÜR DIE R&S[®]MXO SERIE



Die neuen R&S[®]MXO 5 Serie Oszilloskope bringen mehr Kanäle und Bandbreite in die R&S[®]MXO Serie. Sie sind die ersten 8-Kanal-Oszilloskope von Rohde & Schwarz und vereinfachen das Verifizieren von Einschaltreihenfolgen (Power Sequencing), Konformitätsprüfungen für Automotive-Ethernet und EMV-Precompliance-Tests.

Bild 1: Was wie ein gewöhnliches Sinussignal aussieht, kann viele weitere Frequenzanteile enthalten. Zur näheren Untersuchung lassen sich in der Vier-Spektren-Ansicht verschiedene Frequenzbereiche sowie Darstellbreiten auswählen und parallel anzeigen.



Eingeführt hat Rohde&Schwarz die R&S®MXO Serie im September 2022. Nach dem Auftakt mit der R&S®MXO 4 Serie, bestehend aus 4-Kanal-Oszilloskopen mit bis zu 1,5 GHz Bandbreite, folgt nun die R&S®MXO 5 Serie mit bis zu 2 GHz Bandbreite.

Das schnellste Oszilloskop der Welt

Es sind die ersten 8-Kanal-Oszilloskope von Rohde&Schwarz und zugleich die ersten 8-Kanal-Oszilloskope mit einer Erfassungsrate von 4,5 Millionen Messkurven an einem Kanal und 18 Millionen Messkurven über mehrere Kanäle. So lassen sich komplexere Signaldetails und selten auftretende Ereignisse präzise erfassen.

Leistungsstarke Funktionen für EMV-Tests

Die R&S®MXO 5 Serie erfasst bis zu 99% der tatsächlichen Signalzeit. Diese extrem kurze Blindzeit zwischen den

Erfassungen macht die Geräte zur idealen Wahl für EMV-Tests und das Untersuchen von Oberschwingungen. Die 45.000 FFT/s sind ein Novum und vereinfachen die Fehlersuche an verschiedenen elektronischen Designs wie Leistungswandlern oder im Automotive-Umfeld.

Die R&S®MXO 5 Serie sind leistungsstarke Messgeräte für entwicklungsbegleitende EMV-Messungen. Werden elektromagnetische Probleme frühzeitig in der Designphase entdeckt, lassen sich kostspielige Überarbeitungen in der Vorproduktion vermeiden.

Vorteil beim Power Sequencing

Mehr Messkanäle vereinfachen das Überprüfen von Einschaltreihenfolgen, auch Power Sequencing genannt. Hat ein Prüfling mehr Stromversorgungsleitungen als das Oszilloskop Messkanäle, muss die Einschaltreihenfolge entweder in mehreren Messdurchgängen charakterisiert werden oder mit Hilfe eines zweiten Oszilloskops. In beiden Fällen entsteht extra Aufwand zum Synchronisieren der Messungen. Sind genügend Messkanäle vorhanden, um alles mit einem Gerät in einem Messdurchgang zu erledigen, entfällt dieser Aufwand.

Für Messaufgaben im Automotive-Bereich unterstützt die R&S®MXO 5 Serie Konformitätstests für Ethernet sowie USB und bringt alle gängigen Trigger- und Decodierfunktionen für Automotive-Bussysteme mit. Die Oszilloskope versorgen bis zu acht aktive Tastköpfe gleichzeitig, was für die Entwicklung von Antriebssträngen vorteilhaft ist, wo häufig mit mehreren Strom- und Hochspannungstastköpfen parallel gearbeitet wird.

An Nachhaltigkeit gedacht

Bis zu 90 Prozent des CO₂-Fußabdrucks von Elektronikgeräten entstehen durch ihre Stromaufnahme über die Lebenszeit. Gerade ferngesteuerte Messgeräte befinden sich häufig im Dauerbetrieb. Eine automatische

HAUPTMERKMALE DER R&S®MXO 5 SERIE		
Kanäle	4	8
Bandbreite	350 MHz, 500 MHz, 1 GHz, 2 GHz	100 MHz, 200 MHz, 350 MHz, 500 MHz, 1 GHz, 2 GHz
Max. Abtastrate	5 Gsample/s	5 Gsample/s, 2,5 Gsample/s (> 4 Kanäle)
Aufzeichnungsdauer	500 MPunkte/Kanal	
Vertikale Auflösung	12-bit-A/D-Wandler, bis zu 18 bit im HD-Modus	
Erfassungsrate	4,5 Millionen Messkurven/s	
Bildschirm	15" Full-HD	
Betriebssystem	Linux	

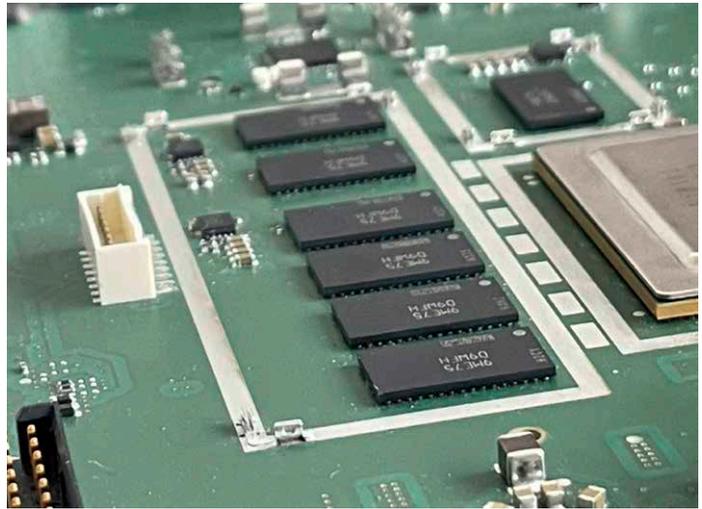


Bild 2: In den Oszilloskopen der R&S®MXO 5 Serie sind zwei 200 Gbit/s MXO-EP ASICs aus eigener Entwicklung für hohe Signalverarbeitungsleistung integriert (links) sowie ein großzügig dimensionierter Speicherblock (rechts).

Einschaltfunktion der R&S®MXO 5 Serie schafft Abhilfe: Im Betrieb an einer smarten Steckdose lässt sich das Oszilloskop für Leerlaufzeiten ausschalten und nach Bedarf aus der Ferne wieder einschalten. Die automatische Einschaltfunktion reagiert auf die über die smarte Steckdose steuerbare Hausstromversorgung. Im Standby-Betrieb benötigt die R&S®MXO 5 Serie gegenüber vergleichbaren Oszilloskopen rund 40 Prozent weniger Strom.

Größter Standardspeicher

Die 500 MPunkte Erfassungsspeicher pro Kanal (erweiterbar bis 1 GPunkte, Kanäle interleaved) entsprechen dem Fünffachen der üblichen Ausstattung in dieser Leistungsklasse. Für Signale mit regelmäßigen Pausenzeiten, die beim Aufzeichnen ausgespart werden sollen, steht ein segmentierter Speicher mit 10.000 Segmenten (erweiterbar auf 1 Million Segmente) zur Verfügung. Typische Anwendungen dafür sind das Aufzeichnen von Laserpulsen, Signalen von seriellen Bussen oder HF-Pulsen.

Zur Grundausstattung gehört der History-Modus. Mit ihm lassen sich frühere Messungen schnell und einfach zur näheren Untersuchung wieder aufrufen. Dafür stehen alle Mess- und Analysetools zur Verfügung, einschließlich Decodierung serieller Busse und automatische Messungen.

HD-Modus in Hardware

Jeder Eingangskanal hat einen eigenen 12-bit-A/D-Wandler mit 4096 Quantisierungsstufen in der vertikalen Auflösung, unabhängig von der gewählten Abtastrate. Noch mehr Signaldetails werden durch die 18-bit-Architektur und einen in Hardware ausgeführten HD-Modus sichtbar. Anders als bei einem ERES- oder HiRES-Modus geht die höhere Auflösung nicht zu Lasten der Abtastrate. Stattdessen beseitigt ein Gleitender-Mittelwert-Filter Alias-Effekte. Die hohe Auflösung geht nicht durch Rauscheffekte unter und steht außerdem für die Triggerung zur Verfügung.

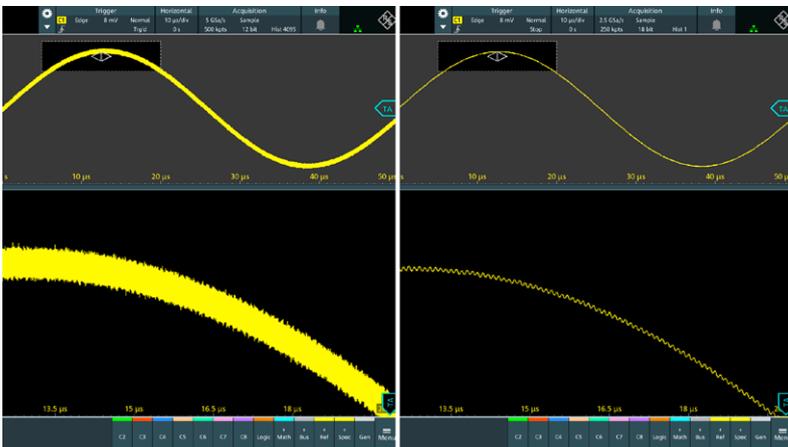


Bild 3: Messungen bei 12 bit vertikaler Auflösung können viel Rauschen beinhalten (links). Ein zusätzlicher Filter im 18-bit-HD-Modus verbessert das Rauschverhalten (rechts).

Mit einer Empfindlichkeit von bis zu 500 $\mu\text{V}/\text{div}$ und einem Rauschpegel bei 1 mV/div von lediglich 130 μV – auch bei vollen 2 GHz Bandbreite – ermöglicht das Oszilloskop extrem präzise Messungen. Triggern auf sehr kleine Signale ist durch die digitale Trigger-Architektur möglich, eine Eigenentwicklung von Rohde&Schwarz, die sich bereits in den High-End-Oszilloskopen und der R&S®MXO 4 Serie bewährt hat. Der Offset-Bereich von $\pm 2\text{ V}$ bei empfindlich gewählter vertikaler Skalierung vereinfacht Messungen der Spannungswelligkeit (Ripple-Spannung).

Passend für Labor und Büro

Weil der Platz auf dem Labortisch immer knapp ist, wurde die R&S®MXO 5 Serie mit 153 mm x 445 mm Standfläche und 314 mm Höhe kompakt ausgelegt. Mit rund 9 Kilogramm Gewicht sind die Geräte gut tragbar und können über eine optionale VESA-Halterung auch an der Wand montiert werden, sodass gar keine Stellfläche nötig ist.

Mit lediglich 25 dB(A) Betriebsgeräusch in 1 Meter Abstand zur Gerätevorderseite (etwa so laut wie ein Flüstern) eignen sich die Oszilloskope für Laborumgebungen

und Büroarbeitsplätze. Ein integrierter Webserver ermöglicht den Fernzugriff über einen Webbrowser. Für sensible Messdaten, die nicht dauerhaft auf dem Gerät verbleiben sollen, ist ein Steckplatz für M.2-Speicherkarten vorhanden.

8 Kanäle auch in der Einstiegsklasse

Die R&S®MXO 5 Serie Oszilloskope sind vielseitige Messgeräte für die tägliche Arbeit von Ingenieurinnen und Ingenieuren. Sie ermöglichen detaillierte Analysen von Elektronik-Designs. Die kleinste Ausbaustufe mit 100 MHz Gerätebandbreite ist eine Besonderheit. Damit werden 8-Kanal-Oszilloskope auch in der Einstiegsklasse angeboten und adressieren Anwendungen, die sich mit mehr Messkanälen effizienter erledigen lassen.

Weitere Merkmale der R&S®MXO 5 Serie sind der große Gerätespeicher von standardmäßig 500 MPunkte pro Kanal sowie der 12-bit-A/D-Wandler mit 18-bit-HD-Modus und hervorragendem Rauschverhalten. Zudem ermöglichen hardwarebeschleunigte Messungen eine schnelle Datenaufbereitung für statistische Auswertungen.

CHUN SOONG WONG, ROHDE & SCHWARZ

DIE GESCHICHTE DER OSZILLOSKOPE BEI ROHDE & SCHWARZ

Im Jahr 2010 stellt Rohde & Schwarz seine ersten Oszilloskope vor. Verglichen mit der langen Tradition in der HF-Technik ist dieser Markt für den Konzern noch sehr jung, trotzdem gelangen mehrere technische Meilensteine. Gleich im Einstiegsjahr präsentiert der Konzern die weltweit rauschärmste Eingangsstufe in einem 4-GHz-Oszilloskop und den ersten ASIC zur Erfassung von 1 Million Messkurven pro Sekunde. Dank der hohen HF-Kompetenz folgt im Jahr 2012 ein Oszilloskop mit integrierter Spektrumanalysefunktion zur effizienten Fehlersuche im Frequenzbereich. Keine Selbstverständlichkeit, denn Oszilloskope werden in erster Linie für die Signaldarstellung über die Zeit entwickelt.

Der R&S®Scope Rider RTH ist 2015 ein weiterer Meilenstein, denn er ist als Handheld-Oszilloskop genauso leistungsstark wie ein Laborgerät. 2017 führt Rohde & Schwarz 10-bit-A/D-Wandler für Oszilloskope der Einstiegsklasse ein. Zwei Jahre später folgt eine Funktion für das Echtzeit-Deembedding, bei der Oszilloskope für mehr Genauigkeit auf ein Deembedded-Signal triggern können. 2022 ist das R&S®MXO 4 das branchenweit erste Oszilloskop, das 4,5 Millionen Messkurven pro Sekunde erfasst.

Bild 4: Mit dem R&S®RTO1000 (links) und dem R&S®RTM1000 (Mitte) stieg Rohde & Schwarz im Jahr 2010 in den Markt für Oszilloskope ein. Das aktuellste Modell ist die R&S®MXO 5 Serie (rechts) aus dem Jahr 2023.



KI IM BLICK: KONFORMITÄTSTEST FÜR HIGH-SPEED-SCHNITTSTELLEN

Das Testen von Datenkabeln kann mehrere Tage dauern und erfordert einen hohen manuellen Aufwand. Mit der automatisierten Konformitätstestlösung von Rohde & Schwarz reduziert sich die Testzeit auf Minuten.

Interne und externe Schnittstellen sollen Daten immer schneller übertragen. Ein Treiber für diese Anforderungen sind moderne Chatbots wie ChatGPT von OpenAI, Bing Chat von Microsoft oder Bard von Google. Um die nötige hohe Rechenleistung für sie bereitzustellen, haben Hardwarehersteller das Konzept des modularen Computers eingeführt, mit dem drei Ziele erreicht werden sollen: höhere Datenübertragungs- und Speicherkapazität, reduzierter Wartungsaufwand und geringe Betriebskosten. Die hohen Datenmengen, die zwischen Modul und Modul und zwischen Server und Server anfallen, treiben selbst moderne Hochgeschwindigkeits-Datenkabel an ihre Grenzen.

IEEE 802.3 und PCIe

Externe Datenkabel, insbesondere DAC-Kabel (Direct Attach Copper), sind auf die Anforderungen von Hochgeschwindigkeits-Netzwerken nach dem Ethernet-Standard ausgelegt, etwa IEEE 802.3 für Datenraten bis 100 Gbit/s. Für computerinterne Datenverbindungen wird oft eine Technik namens Peripheral Component Interconnect Express genutzt, besser bekannt als PCIe. Der neueste Standard PCIe 6.0 unterstützt bis zu 64 Gigatransfers pro Sekunde (GT/s). Interne Kabel und Datenleitungen werden verwendet, um den Hostprozessor mit nahen Peripheriegeräten oder Grafik- und Netzwerkkarten zu verbinden.

Testen von Hochgeschwindigkeits-Datenkabeln

Hochgeschwindigkeits-Datenkabel bestehen aus Lanes, also Kupferdrähten, die einen differenziellen Signalpfad bilden. Zum Konformitätstest eines IEEE 802.3-Kabels gehört das Prüfen der Übertragung (THRU) jeder einzelnen Lane sowie das Prüfen auf Nahnebensprechen (Near End Crosstalk, NEXT) durch die benachbarten Lanes

und auf Fernnebensprechen (Far End Crosstalk, FEXT) durch gegenüberliegende Lanes. Ein Beispiel zeigt Bild 2. Weitere Informationen finden Sie in [1].

Für höhere Datenraten bestehen die Kabel aus immer mehr Lanes – die allesamt und in verschiedenen Kombinationen getestet werden müssen. Häufig werden dafür 4-Tor-Vektornetzwerkanalysatoren (VNA) genutzt mit dem Nachteil, dass oft gemessen und von Hand umgesteckt werden muss. Diese Arbeit ist einerseits mühsam, weil repetitiv und fehleranfällig, und andererseits zeitintensiv. Im Fall eines QSPF-DD/OSFP-Kabels mit acht Lanes sind 256 manuelle Messungen und entsprechendes Umstecken nötig. Der Test für ein solches Kabel dauert leicht mehrere Tage.

Zum Testen gehört auch die standardkonforme Aufbereitung der Messdaten, um die Pass/Fail-Bewertung zu erhalten. Weil die im Standard definierten Kenngrößen komplexer und vielfältiger werden, steigt auch hier der Arbeitsaufwand. Zum Beispiel definiert IEEE 802.3 als zu ermittelnde Kenngrößen die Kanalbetriebsgrenze (Channel Operation Margin, COM) und die Rückflussdämpfung (Effective Return Loss, ERL). Der PCIe-Standard führt Kenngrößen zur Bewertung der Einfügedämpfung (Integrated Return Loss, iRL) und des NEXT/FEXT Component Contributed Integrated Crosstalk Noise (ccICN) ein.

Schlüsselfertige Automatisierung

Der effizienteste Umgang mit repetitiven und zeitaufwendigen Aufgaben ist, sie zu automatisieren. Rohde & Schwarz hat eine schlüsselfertige Testlösung für Hochgeschwindigkeits-Datenkabel entwickelt. Sie besteht aus einem

präzisen und leistungsfähigen R&S®ZNB Vektornetzwerk-analysator, der R&S®OSP Offenen Schalt- und Steuerplatt- form und der R&S®ZNrun Vector Network Analyzer Test Automation Suite und sorgt für schnellere, einfachere und zuverlässigere Kabeltests.

Mit dem R&S®ZNrun Cable Test Client und den neu einge- führten R&S®ZNRUN-K4xx Automatisierungsoptionen für Konformitätstests bietet die Lösung einen unkomplizier- ten Testablauf in drei einfachen Schritten: Einrichten, Kali- brieren und Messen. Jeder Automatisierungsschritt ist für minimale Kalibrierungs- und Messzeit optimiert.

Der R&S®ZNrun Cable Test Client konfiguriert die Schalt- und Steuerplattform, führt alle erforderlichen Messschritte aus und übernimmt die Aufbereitung der Messdaten, um die schon genannten Kenngrößen COM, ERL, cclCN, iRL und weitere standardkonform zu ermitteln. Die Software erzeugt automatisch einen umfassenden Testbericht mit Pass/Fail-Gesamtergebnis. Damit sparen Anwenderinnen und Anwender viel Zeit, die nun für die Analyse der Prüfre- sultate zur Verfügung steht. Gleichzeitig werden menschliche Fehler im Prüfvorgang minimiert.

Automatische Testplangenerierung

Häufig werden der VNA und die Schalt- und Steuer- plattform getrennt gesteuert. Wird ein VNA von Rohde&Schwarz mit R&S®OSP erweitert, muss dagegen

Bild 1: Lösung von Rohde & Schwarz für automatisierte Tests von Hoch- geschwindigkeits-Datenkabeln auf Basis des Vektornetzwerkanalysators R&S®ZNB und drei R&S®OSP320 Offene Schalt- und Steuerplattformen, die mit der R&S®ZNrun Software-Suite gesteuert werden.

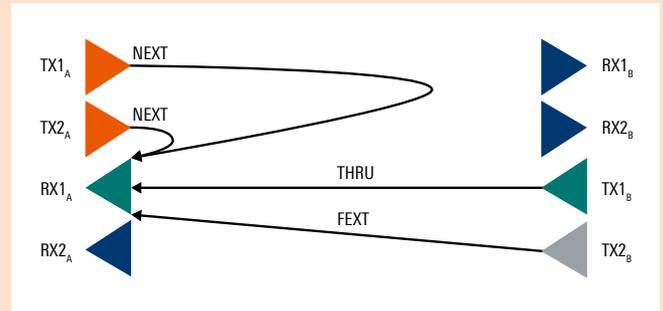
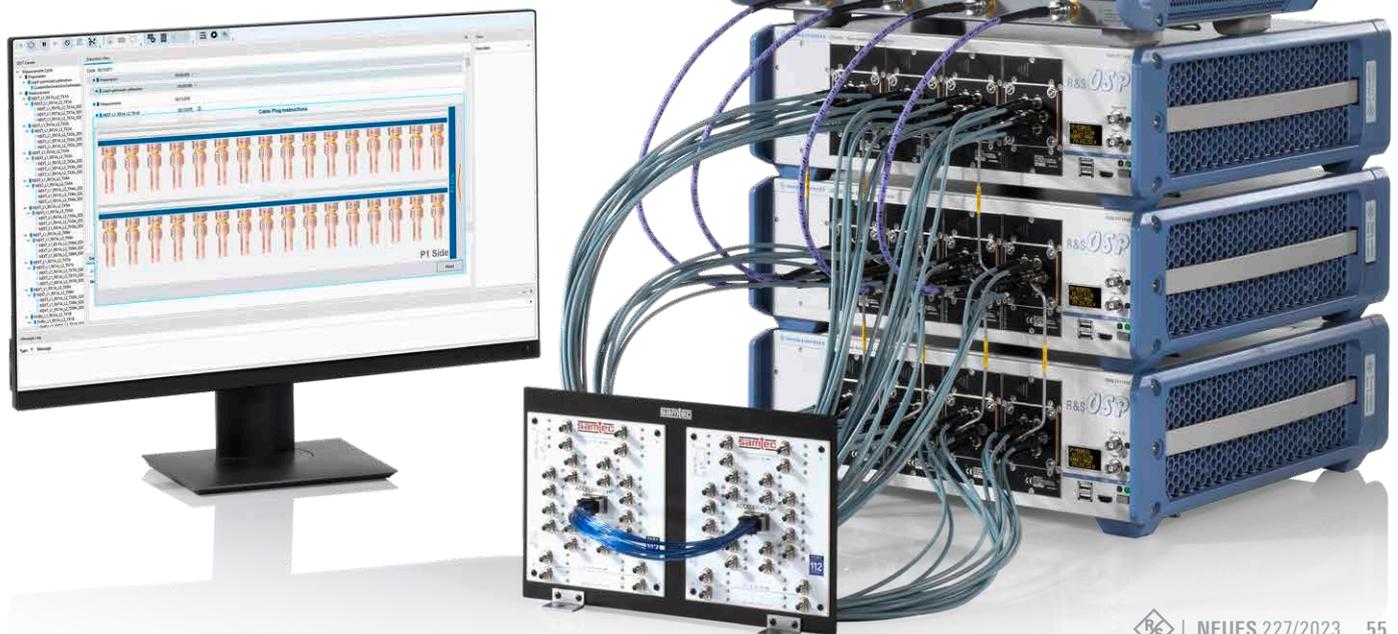


Bild 2: Hochgeschwindigkeits-Datenkabel mit zwei Lanes: Am Empfänger RX1_A treffen neben dem eigentlichen Nutzsignal von Sender TX1_B auch Störsignale durch die benachbarten Sender TX1_A und TX2_A (NEXT) sowie den gegenüber- liegenden Sender TX2_B (FEXT) ein.

nur der VNA gesteuert werden. Die R&S®OSP-Schaltma- trix wird automatisch als Messtorerweiterung erkannt und von dem Vektornetzwerkanalysator gesteuert. Mit dieser Funktion legt der R&S®ZNrun Cable Test Client flexibel die Anzahl der Lanes im Testplan fest und ordnet die Kabel- pins den physischen Messtoren des VNA zu. Die Benutzer- oberfläche des Konformitätstests ist so wesentlich einfa- cher zu bedienen.

Alleinstellungsmerkmal schnelle Kalibrierung

Die Kalibrieralgorithmen der Konformitätstestlösung sind auf maximale Geschwindigkeit und minimale

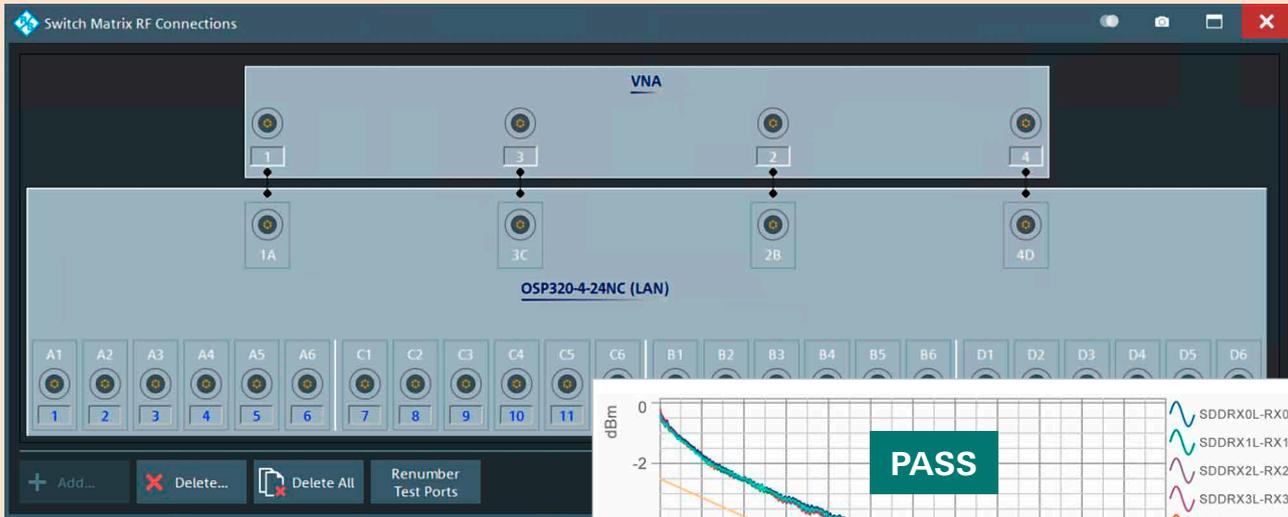


Bild 3: Die Firmware des R&S®VNA erkennt die R&S®OSP Offene Schalt- und Steuerplattform automatisch als Messtorerweiterung. In diesem Beispiel verhält sich der 4-Tor-VNA wie ein 24-Tor-VNA. Diese Funktion ist über den R&S®ZRun Cable Test Client verfügbar.

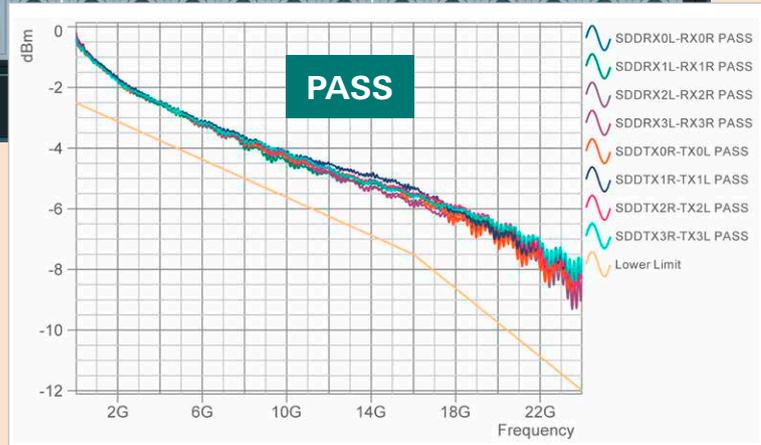


Bild 4: Das Messergebnis für die Einfügedämpfung ist ein Teil des automatisch generierten Messberichts.

Umsteckvorgänge optimiert. Das reduziert den Testaufwand und spart Zeit. Ein intuitiver Kalibrier-Wizard führt Anwenderinnen und Anwender Schritt für Schritt durch den Kalibrierprozess und verkürzt die Gesamtmesszeit deutlich. Diese Funktion ist eine Eigenentwicklung von Rohde & Schwarz, die es in dieser Form am Markt noch nicht gibt. Die Kalibrierung eines Testaufbaus mit 48 Messtoren für QSFP-DD/OSFP-8-Lane-Kabel erfordert beispielsweise nur noch 45 Minuten statt zwei Arbeitstage und mehr.

Automatisierte Nachbearbeitung und Testbericht

Nach der Kalibrierung lassen sich sämtliche Messungen mit einem Knopfdruck ausführen. Wird eine bestimmte

Messung nicht benötigt, kann sie einfach aus dem Auswahlmenü entfernt werden. Danach arbeitet R&S®ZRun die zusammengestellte Testsequenz ab, sammelt nach Abschluss alle Touchstone-Dateien mit den Rohdaten und verarbeitet die Signalintegritätsparameter entsprechend nach. Die Resultate sind im finalen Konformitätsbericht mit Pass/Fail-Gesamtergebnis zusammengetragen und in Form von Ergebnistabellen und Diagrammen aufbereitet.

Jenseits von Konformitätstests

Neben vollautomatischen Konformitätstests bietet R&S®ZRun auch die Möglichkeit zu kundenspezifischen Tests und Datenaufbereitung. Dafür können Grenzwerte selbst gesetzt und die zu messenden Lanes frei gewählt

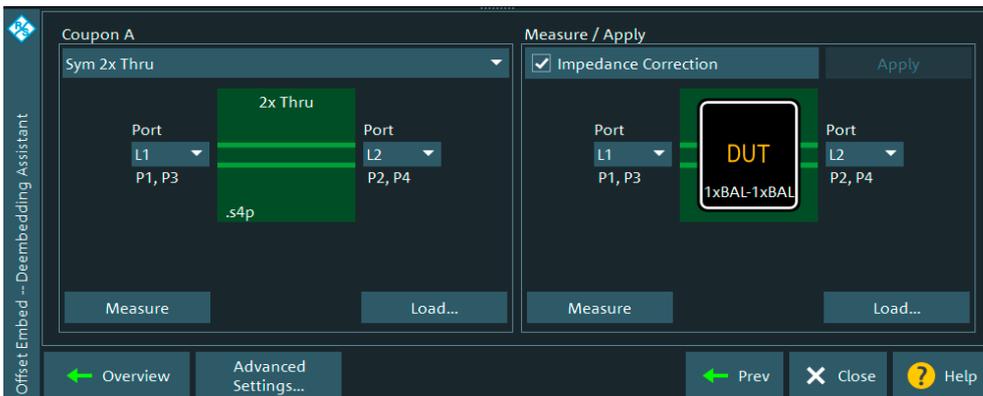


Bild 5: Flexibler und einfach zu bedienender Deembedding-Assistent in einem Vektornetzwerkanalysator von Rohde & Schwarz.

werden. Auswählbar ist auch, welche Kenngrößen aus den Messungen ermittelt werden sollen. Für Schnelltests sind einzelne Messungen deaktivierbar. Für erste Plausibilitätsmessungen vor einem vollständigen Konformitätstest lassen sich Frequenzbereich und Sweep-Zeit auf benutzerdefinierte Werte einstellen.

Deembedding-Assistent zur Kompensation von Testadaptern

Im Allgemeinen werden die zu testenden Hochgeschwindigkeits-Datenkabel in Testadapter eingesteckt, um eine koaxiale Umgebung zu schaffen und die Messtore des VNA mit den Kabelpins zu verbinden. Der wichtigste Aspekt ist das Deembedding, das genaue Kompensieren der Einflüsse aller Testadapter auf die Messung. Die R&S®ZNA/R&S®ZNB-K2xx Optionen machen den Deembedding-Assistenten direkt über die Firmware des VNA verfügbar. Eine Impedanzkorrekturfunktion im Deembedding-Algorithmus eliminiert Störeffekte durch Mehrfachreflexionen, die durch einen nicht angepassten Testadapter verursacht werden. Dadurch verbessern sich Genauigkeit und Verlässlichkeit des Testergebnisses deutlich.

Künftige Herausforderungen

In den Rechenzentren und der Netzwerkinfrastruktur, die von der KI-Branche benötigt werden, gibt es einen klaren Trend hin zu höherer Datenrate und mehr Lanes in Hochgeschwindigkeits-Schnittstellen. Damit werden geschickte Entstörmaßnahmen unter anderem gegen Übersprechen noch an Bedeutung gewinnen, ebenso wie einfach durchzuführende Mehrortests. Derzeit werden neue Technologien für die nächste Spezifikationsgeneration wie IEEE802.3dj/df mit bis zu 1,6 Tbit/s und PCIe 7.0 mit bis zu 128 GT/s entwickelt. Rohde & Schwarz bietet eine schlüsselfertige Lösung einschließlich einer Automatisierungs-Software-Suite für Vektornetzwerkanalysatoren zur Charakterisierung interner und externer Hochgeschwindigkeits-Datenkabel für Konformitätstests und verwandte Anwendungen.

[1] Donahue, C., 2021: Method of implementation (MOI) for IEEE up to 100 Gbps interface channel test.

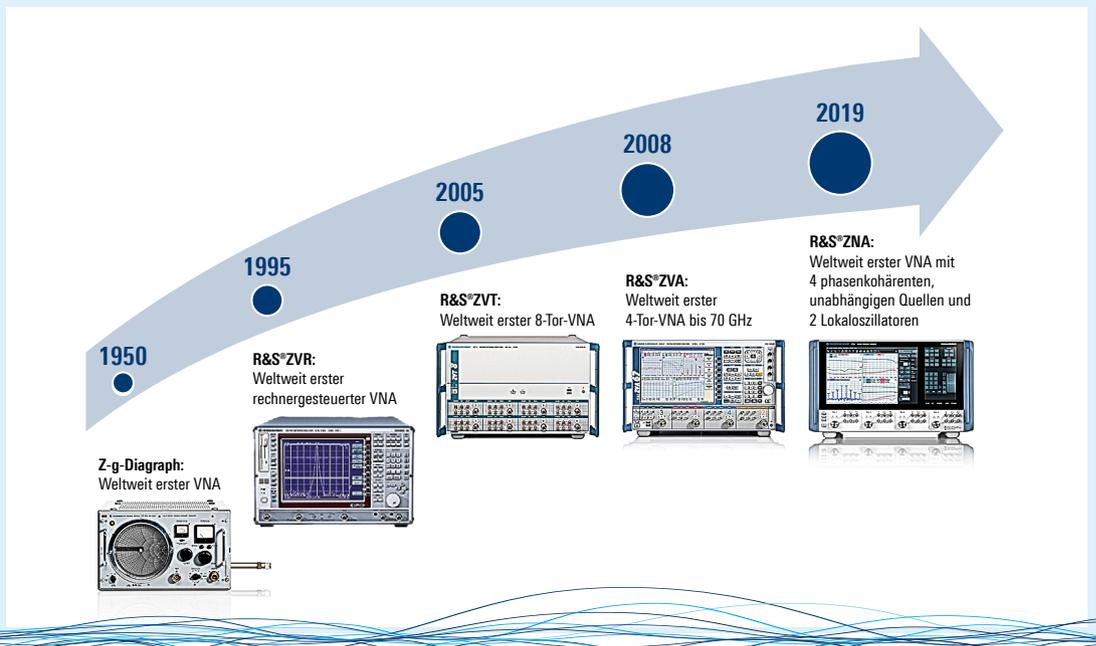
LILIA SMAOUI UND BRYANT HSU, ROHDE & SCHWARZ

SEIT 1950 PIONIER IN DER NETZWERKANALYSE

Rohde & Schwarz ist Pionier in der Netzwerkanalyse und hat 1950 mit dem Z-g-Diagraph den weltweit ersten vektoriellen Netzwerkanalysator (VNA) vorgestellt. Es folgten mehrere skalare Netzwerkanalysatoren, darunter der verbreitete SWOB5 aus dem Jahr 1979. Mit dem R&S®ZVR brachte Rohde & Schwarz 1995 den ersten rechnergesteuerten VNA mit damals modernster Hardware und Software auf den Markt. Es folgten weitere bahnbrechende Lösungen: 2005 war der R&S®ZVT weltweit der erste VNA mit 8 Messtoren. 2008 führte das Unternehmen mit dem R&S®ZVA den ersten 4-Tor-VNA bis 70 GHz ein. Er konnte erstmals nichtlineare differenzielle Bauteile, nach Betrag und Phase systemfehlerkorrigierte Mischer sowie Gruppenlaufzeit an Konvertern messen.

Als Nachfolger präsentierte Rohde & Schwarz Anfang 2019 den High-End-VNA R&S®ZNA: Neben herausragenden HF-Leistungsmerkmalen bietet er außergewöhnliche Eigenschaften wie vier phasenkohärente unabhängige Quellen und zwei Lokaloszillatoren.

Bild 6: Die Meilensteine der Netzwerkanalyse bei Rohde & Schwarz





© Eduardo Teixeira de Sousa/500px.com

RESILIENT UND NACH- HALTIG ZUM NEUEN GESCHÄFTSMODELL

Rundfunknetze müssen ausfallsicher, nachhaltig und zukunftsfest sein. Dafür bringt der Hochleistungssender R&S®TH1 alles Nötige mit. Er bietet bisher unerreichte Effizienz, erhöhte Ausfallsicherheit und enthält bereits die erforderliche Hardware für 5G Broadcast.



Rundfunktechnik gehört auch im Streaming-Zeitalter fest zu einer modernen Informationsgesellschaft dazu. Vom linearen Fernsehen machen in Deutschland immer noch neun von zehn Personen mindestens hin und wieder Gebrauch. Mit 5G Broadcast steht eine standardisierte Technik in den Startlöchern, die Rundfunksignale endlich auch auf mobile Endgeräte ausliefern kann. Neben einer größeren Publikumsreichweite sichern sich Rundfunknetzbetreiber so auch einen Platz im 5G-Ökosystem.

Interesse an 5G Broadcast haben nicht allein Medienschaffende und die Rundfunknetzbetreiber. Rückenwind entsteht auch durch das allgemein gestiegene Bewusstsein für Nachhaltigkeit sowie die Kapazitätsgrenzen der Mobilfunknetze.

Bild 1: Im zwei Meter hohen 19-Zoll-Rack des R&S®TH1 ist der Pumpenstand im Fuß integriert. Weitere Transmitter lassen sich per Einschub ergänzen.

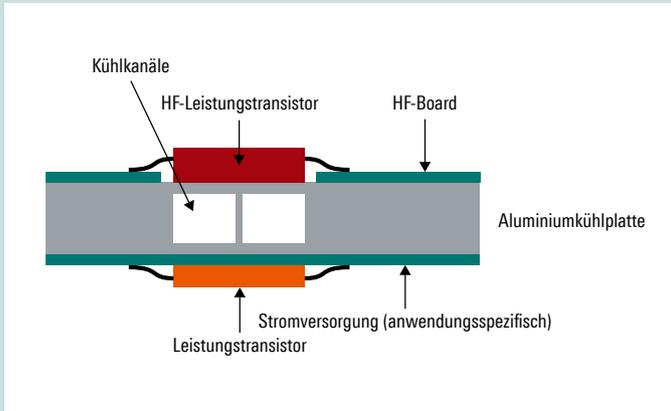


Bild 2: In der Senderbaugruppe liegen die beiden Komponenten mit der höchsten Verlustleistung, der HF-Leistungstransistor (dunkelrot) und der Leistungstransistor (orange), direkt an den Kühlkanälen (weiß).

Während Live-Streams von Großereignissen für jede Zuschauerin und jeden Zuschauer eine eigene Punkt-zu-Punkt-Datenverbindung erfordern, die in der Summe sehr energie- und datenhungrig sind, versorgt 5G Broadcast im Multicast-Verfahren mit einem einzigen Sendesignal jedes zugeschaltete 5G-fähige Teilnehmergerät in Reichweite, so wie man es vom klassischen Rundfunksignal kennt. Dabei ist die Datenlast im Netzwerk und die Signalqualität am Endgerät unabhängig von der Zahl der Empfangsgeräte. Eine SIM-Karte ist für die Endkunden nicht nötig. Auch wird beim Zuschauen von Unterwegs kein mobiles Datenvolumen aufgezehrt.

Brückenschlag bis 2030 mit dem R&S®TH1

Bis ein flächendeckendes 5G-Broadcast-Netz betriebsfähig ist, wird es

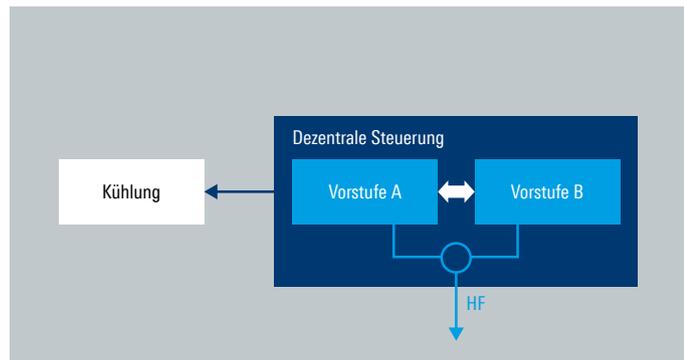
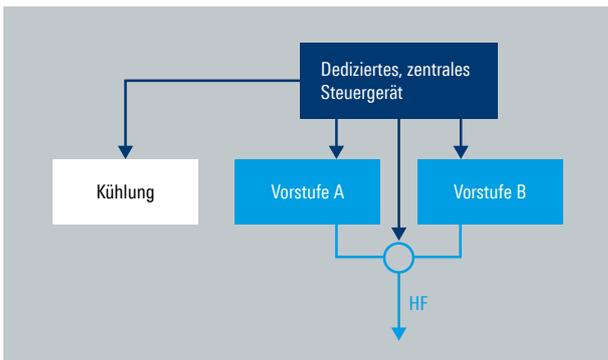
noch einige Zeit dauern. Die meisten Prognosen sehen das Jahr 2030 als realistisch an. Für so ein Szenario bietet der Hochleistungssender R&S®TH1 Rundfunknetzbetreibern eine interessante Perspektive. Er unterstützt die aktuellen Standards DVB-T und DVB-T2 und enthält bereits die nötige Hardware inklusive einer softwarebasierten Vorstufe für eine reibungslose Erweiterung auf 5G Broadcast in der Zukunft. Schon vorher profitieren Betreiber von deutlich geringeren Energiekosten, weniger Wartungsaufwand, Ausfallsicherheit und einem stark reduzierten CO₂-Fußabdruck.

Effizienz für Nachhaltigkeit und geringe Betriebskosten

Der R&S®TH1 bildet den Auftakt einer neuen, flüssigkeitsgekühlten Senderfamilie von Rohde & Schwarz. Er sendet im UHF-Band von 470 MHz bis

700 MHz und lässt sich über Rack-Einschübe modular konfigurieren für Sendeleistungen von 1,2 kW bis 9,6 kW (und auf Anfrage sogar bis 14,3 kW). MultiTX-Konfigurationen erlauben bis zu vier Sender in einem Rack. Die Effizienz auf Systemebene beträgt, je nach verwendetem Sendeverfahren und Konfiguration, bis zu 47 Prozent und ist damit doppelt so hoch wie bei typischen Bestandssendern. Auch beim Vergleich mit den effizientesten Modellen am Markt fallen die Energiekosten mit dem R&S®TH1 rund 15 Prozent geringer aus. Das wirkt sich positiv auf die Betriebskosten und den CO₂-Fußabdruck aus. Wird ein typisches bestehendes Sendernetzwerk aus beispielsweise zehn Sendern mit jeweils sechs Kilowatt Sendeleistung, auf R&S®TH1 umgerüstet, lassen sich innerhalb von zehn Jahren rund 5000 Tonnen CO₂ einsparen. Damit ist der CO₂-Fußabdruck mehr als halbiert und Rundfunknetzbetreiber hätten ihren Teil zum European Green Deal¹⁾ schon zu einem guten Stück beigetragen. Ähnliches gilt für ihre Kolleginnen und Kollegen in den USA, wo die Regierung ähnliche Ziele gesetzlich festgelegt hat.

Bild 3: Fällt im klassischen Senderaufbau (links) das Steuergerät aus, geht die Redundanz der Vorstufe verloren. Wird die Steueraufgabe durch Virtualisierung verteilt (rechts), können sich die redundanten Vorstufen gegenseitig überwachen.



Wenn der Sender sich um sich selbst kümmert

Gerade im Rundfunk- und Fernsehgeschäft müssen Sender strikt ausfallsicher sein. Einerseits, weil manche Sender-Installationen entlegen und damit auch weit entfernt von Wartungstechnikern sind und andererseits, weil neben Reputationsschäden auch Strafzahlungen wegen nicht erbrachter Leistung im Raum stehen. Entsprechend müssen Netzbetreiber zwischen hochgradig redundant ausgelegten Sendern und engmaschiger Wartung abwägen. Beides hat seinen Preis.

Der R&S®TH1 setzt neue Maßstäbe bei der Ausfallsicherheit und reduziert Wartungseingriffe auf ein Minimum: Er ist inhärent robust ausgelegt und überwacht sich kontinuierlich selbst. Falls ein Fehler auftritt, weist die intelligente Wartungsunterstützung dem Serviceteam die genaue Fehlerstelle und Dringlichkeit aus. Rack-Einschübe können im laufenden Betrieb getauscht werden und sind ohne weiteren Einrichtungsaufwand betriebsbereit. Das Übertragen der Sender-Konfiguration und der nötigen Lizenzen übernimmt eine Software automatisch.

Damit das so selten wie möglich geschehen muss, hält eine Flüssigkeitskühlung alle Sender-Baugruppen bei optimaler Betriebstemperatur und verhindert Hotspots. Ein Nebeneffekt der Flüssigkeitskühlung: Weil die Wärme nicht über die Abluft ausgeleitet wird, kann das Belüftungssystem des Senderraums kleiner und damit kostensparender dimensioniert werden.

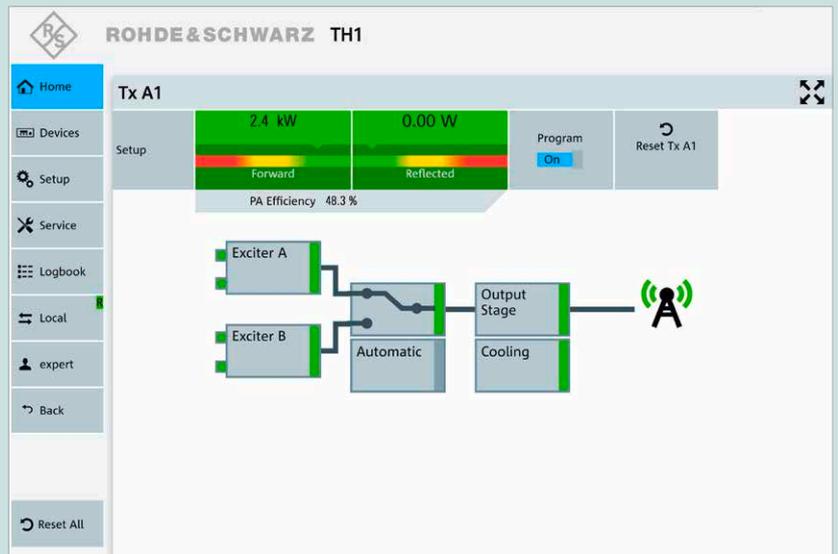


Bild 4: Im Übersichtsmenü zeigt der Wartungsmonitor den allgemeinen Systemstatus. Für die Vorlauf- und Rücklaufleistung des Senders können Schwellwerte für automatische Warnmeldungen (gelber Bereich) und Störmeldungen (roter Bereich) gesetzt werden.

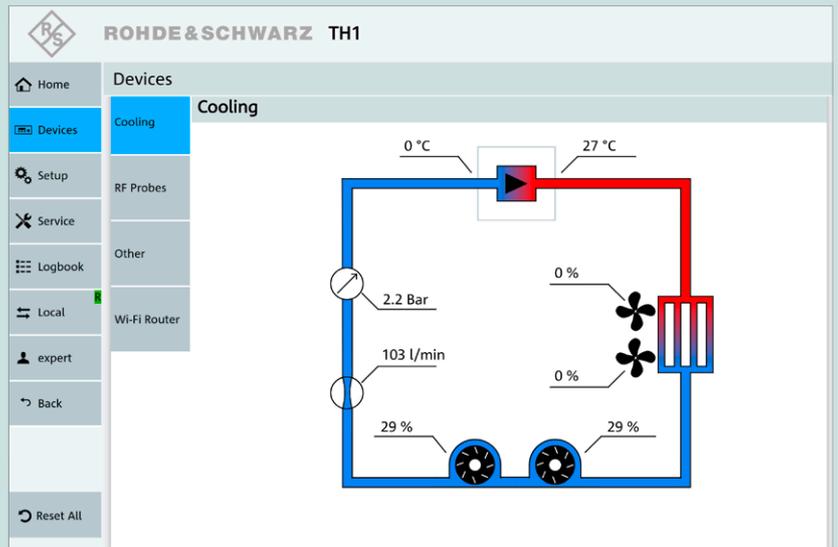


Bild 5: Untermenüs beherbergen Detailangaben zum Gesundheitszustand einzelner Subsysteme, hier der Flüssigkeitskühlung.

Mehr Ausfallsicherheit durch virtualisiertes Steuergerät

Ein Novum für mehr Ausfallsicherheit ist das virtualisierte Steuergerät. Fällt eine Vorstufe aus, wechselt das virtuelle Steuergerät automatisch auf die redundante Vorstufe. Normalerweise erledigt diese Aufgabe eine dedizierte Steuereinheit, die außerdem weitere

Steuer- und Überwachungsaufgaben übernimmt. Diese Konstruktionsweise stellt im Sender eine Schwachstelle in Form eines einzelnen Ausfallpunktes (Single-Point-of-Failure) dar und wird durch ein virtuelles Steuergerät vermieden, das auf redundanter Hardware läuft, die auf beide Vorstufen verteilt ist.

¹⁾ Mit dem European Green Deal verpflichtet sich die Europäische Union gesetzlich dazu, den CO₂-Ausstoß bis zum Jahr 2030 um mindestens 55 Prozent gegenüber dem Vergleichsjahr 1990 zu senken. Im Jahr 2020 lag der Ausstoß bei rund 3,4 Milliarden Tonnen CO₂-Äquivalenten und damit 32 Prozent unterhalb des Vergleichswerts von 1990 mit 4,5 Milliarden Tonnen.

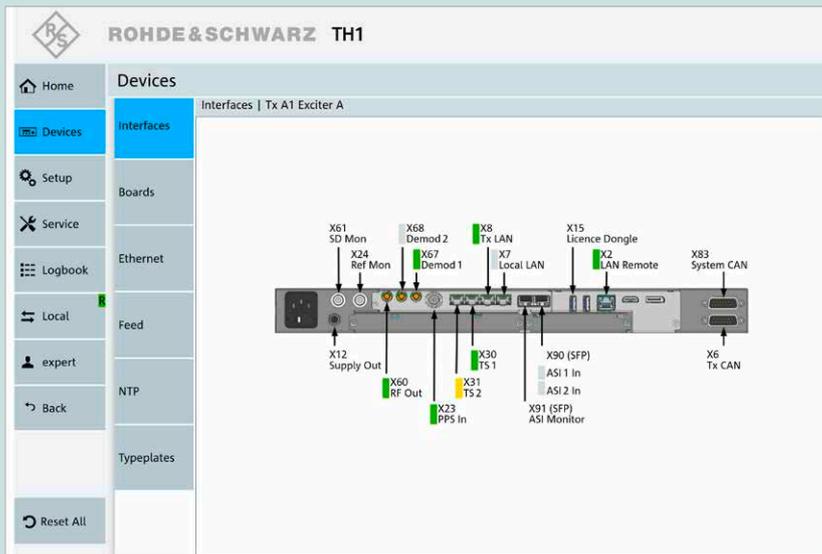


Bild 6: Wartungsmonitoransicht für die Schnittstellen einer einzelnen Vorstufe („Exciter A“).

Für Wartungszwecke aus der Ferne erfasst der Sender kontinuierlich Ausgangsleistung, Signalqualität, Druck und Temperatur der Kühlflüssigkeit sowie weitere Betriebsparameter, die vor Ort auf einem Display angezeigt oder aus der Ferne über eine HTML5-Weboberfläche abgefragt werden können.

Zukunftsfähigkeit inklusive

Neben DVB-T und DVB-T2 wird der Hochleistungssender R&S®TH1 bald auch die in Nordamerika genutzten Standards ATSC 3.0 und ATSC unterstützen sowie ISDB-T.

REDAKTION



Weitere Details und Anwendungsfälle zum Hochleistungssender R&S®TH1 finden Sie im Webinar **“How Broadcast Network Operators can shape a sustainable and connected future“** auf der Rohde & Schwarz Website.

RUNDFUNKSENDER BEI ROHDE & SCHWARZ

28. Februar 1949: In München nimmt Europas erster UKW-FM-Hörfunksender den Betrieb auf. Für Rohde & Schwarz ist es der erfolgreiche Einstieg in die Nachrichten- und Rundfunktechnik. Für Friedrich Zaekel, technischer Direktor des Auftraggebers Radio München, ist es zunächst Wortbruch. Eigentlich sollte der Sendebetrieb einen Tag später beginnen, gleichzeitig mit einer Installation in Hannover. Um die Wogen wieder zu glätten, machte sich Firmenmitgründer Dr. Lothar Rohde in Begleitung eines US-Fernsehteam auf, um Radio München öffentlichkeitswirksam für die Pionierleistung zu gratulieren. Bei so viel Publicity konnte sich der Radio-München-Chef am Ende doch freuen und man legte den UKW-Startschuss in Europa offiziell auf den 1. März 1949.

Bei Rohde & Schwarz nahm das Rundfunkgeschäft schnell Fahrt auf. Schon 1950 bot man ein breites Senderportfolio mit 250 Watt bis 10 Kilowatt Sendeleistung an und fertigte eigene Sendeantennen. Heute deckt der Konzern im Geschäftsfeld Broadcast- und Medientechnik die gesamte Wertschöpfungskette von der Studioteknik bis zum Sender ab, inklusive Rundfunkmesstechnik. Aufgrund der hohen Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit sind Sender von Rohde & Schwarz mittlerweile in über hundert Ländern installiert. Ein Highlight ist die UHF-Sendeanlage im One World Trade Center in New York (Bild 7). Die stolzen 106 Kilowatt Sendeleistung stellen mehrere Sender vom Typ R&S®THU9evo bereit – es ist der stärkste jemals gebaute TV-Sender auf Halbleiterbasis.



Bild 7: Sender vom Typ R&S®THU9evo im One World Trade Center.





Bild 8: Rohde & Schwarz macht Werbung mit der Inbetriebnahme des ersten europäischen UKW-FM-Rundfunksenders. In der Werbeanzeige gibt man sich bescheiden und setzt den Fokus auf die deutschlandweite Premiere.

