

IC-R9500: High-End-Empfänger für Lauschprofis, SWLs und BC-DXer

CHRISTOPH RATZER – OE2CRM; CHRISTIAN REIMESCH – DL2KCK

Mit dem IC-R9500 stellt Icom einen „professionellen Kommunikationsempfänger“ vor, der diese Klassifizierung tatsächlich zu verdienen scheint. Sowohl seine technischen Daten als auch Bedienmöglichkeiten und die finanziellen Anforderungen an potenzielle Besitzer liegen weit über den bisher angebotenen Breitbandempfängern.

Icom ließ sich beim IC-R9500 von langjähriger Erfahrung leiten und setzt beim Nachfolger des IC-R9000 auf konventionelles HF-Design in Verbindung mit leistungsfähigen DSPs. Die publizierten Leistungsmerkmale des so entstandenen Breitbandempfängers lesen sich wie der Wunschzettel der weltweiten Empfangsgemeinschaft: Frequenzbe-

alle Schalter und Steller des Audiobereichs. An oberster Stelle die beiden Passband-Steller des Twin-PBT, mit denen sich der ZF-Durchlassbereich elektronisch verändern lässt. Die maximale Verschiebung der ZF trägt die halbe Bandbreite und erfolgt in Schritten von 25 bzw. 50 Hz. Die darunter liegenden Steller dienen der Einstellung der



Bild 1: Großes Farb-TFT-Display, 19-Zoll-Gehäuse mit nach vorn abstrahlendem Lautsprecher – der IC-R9500 präsentiert sich schon äußerlich als professioneller Spitzenempfänger.

reich 5 kHz bis 3,335 GHz, IP3-Werte von +40 dBm und 109 dB Dynamikumfang. Dazu kommen fünf Roofing-Filter, 50 AM-Bandbreiten sowie 41 für SSB- und CW. Ein 32-Bit-DSP werkelt im Multifunktions-Spektrumskop, das auf einem 7-Zoll-TFT-Display in verschiedenen Modi darstellbar ist. Der zweite realisiert in der Signalverarbeitung u. a. ein doppeltes Passband-Tuning, ein automatisches und zwei manuell einstellbare Notch-Filter. Zehn VFOs und ein digitaler Empfangsrecorder sind weitere Stichworte, die hier tatsächlich einen „professionellen Kommunikationsempfänger“ erwarten lassen.

Mein erster Eindruck vom 18 kg schweren IC-R9500 konnte besser nicht sein. Ein solides Gehäuse, das nicht nur durch die Farbgebung an Spitzentechnik eines Münchner Edelerstellers erinnert, und eine ergonomisch perfekte Frontplatte erlauben intuitive Empfangsversuche, ohne dass zuvor ein mehrstündiges Studium des umfangreichen deutschen Handbuchs erforderlich ist.

■ Bedienelemente

Auf der linken Seite der Empfängerfront befinden sich außer der Power-Taste, die den Empfänger von Stand-by in Betrieb setzt,

Rauschsperrung und der AGC. Die automatische Verstärkungsregelung lässt sich für die drei verschiedenen Zeitkonstanten stufenlos zwischen 0,1 und 8,0 s vorprogrammieren und ist in allen Betriebsarten außer FM und dem digitalen P25-Betrieb nutzbar.

Auf halber Höhe der linken Seite befinden sich die Tasten für den Notch-Betrieb: links der für das automatische Notch-Filter, das mehrere Überlagerungstöne automatisch abschwächen kann, selbst wenn sich ihre Frequenzen ändern. Das ANF ist im Gegensatz zu den beiden manuell einstellbaren Notch-Filtern, deren Doppelsteller direkt unter der ANF-Taste angebracht sind, nicht für CW und FSK nutzbar. Links neben diesen Stellern befinden sich jene für Rauschminderung und die Schaltschwelle des Störaustasters. Für die Störaustastung bietet der IC-R9500 zwei unabhängige Einstell-Sets, deren Ausastungspegel und -breite vordefiniert sind.

Die Taste APF/TPF schaltet die Audio- und Twin-Peak-Filter, welche die NF-Durchlasskurve verändern. In CW lässt sich so die Lesbarkeit eines Signals verbessern, wobei der Hörer die Form der Durchlasskurve aus „soft“ und „sharp“ wählen kann. Beim FSK-Empfang hebt besagtes Filter die Space- und Mark-Frequenzen 2125 und 2295 kHz zur

besseren Decodierbarkeit des Signals an. Die unteren Doppelsteller sind für die HF-Verstärkung und die Lautstärke sowie Höhen und Bässe vorgesehen.

Weitere Tasten mit umfangreichen Einstellmöglichkeiten bieten sich um das Farbdisplay herum, welches 800 × 480 Pixel darstellt und zur Anzeige von Betriebsfrequenzen, Spektrumskop, Speicherkanälen, Funktionsmenüs und Einstellungen der Set-Modi dient.

Die 14 um das Display angeordneten Tasten sind Soft-Keys. Sie sind multifunktional und wechseln je nach Erfordernis ihre Funktion, was die Gesamtanzahl der Tasten in Grenzen hält. So können über eine dieser Tasten beispielsweise die drei Antennenanschlüsse ausgewählt werden, und darüber hinaus lässt sich eine Gleichspannung (13,8 V/100 mA) für den Betrieb eines Vorverstärkers o. Ä. ein- oder ausschalten. Eine andere Multifunktionstaste dient der Steuerung der beiden Vorverstärker für den KW-Bereich, oberhalb von 30 MHz ist nur ein Verstärker zuschaltbar. Darunter befindet sich der Taster für den Eingangsabschwächer. Als nächste Tasten folgen die Einstellmöglichkeiten für drei ZF-Filter und die Steuerung der vordefinierten AGC-Konstanten. Mit weiteren Tasten lässt sich CTCSS- oder DTCS-Betrieb auswählen, zudem werden damit die Einstellmenüs für die Subaudiotonfrequenz oder den DTCS-Code aufgerufen.

Weitere Soft-Keys betreffen den CW-Pitch-Modus sowie den Voice-Squelch, der empfangene Signale nach Sprachanteilen durchsucht und bei unmodulierten Signalen den Suchlauf nicht stoppt. Die unterhalb des Displays befindlichen Tasten F1 bis F7 werden für die Steuerung spezieller Funktionen benötigt, welche ebenfalls je nach Betriebszustand des Empfängers variieren.

Zur Auswahl der Betriebsarten existieren Tasten für FM, WFM, AM, Synch-AM in drei Modi, USB, LSB, CW und CW-Reverse, sowie die digitalen Betriebsarten FSK oder – mit optionaler Digitaleinheit – UT-122 auch für APCO-P25.

Weitere Schaltmöglichkeiten in der unteren Tastenreihe ermöglichen den Betrieb eines Minispektrumskops, welches im Display klein eingeblendet werden kann, sowie Einstellungen für Helligkeit und Kontrast des Displays. Es gibt ferner eine Dimmfunktion der LED-beleuchteten Taster. Neben dem Abstimmknopf befinden sich gut erreichbar die beiden Tasten des Signalrecorders. Deswegen Aufnahmemöglichkeit bietet den Luxus, die letzten 15 s vor dem Drücken der Taste noch einmal zu hören, um beispielsweise Rufzeichen zu überprüfen. Daneben kann man mit dem Recorder auch längere Aufnahmen, z. B. von Rundfunksendungen, anfertigen. Dies kann in verschiedenen Aufnahmequalitäten erfolgen – die Sampling-

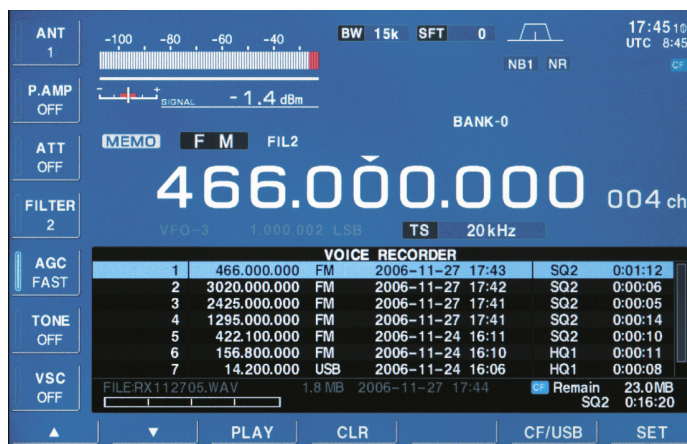


Bild 2: Das Display stellt 800 x 480 Pixel dar und liefert detaillierte Informationen – hier die Aufzeichnungen des Recorders (links).
Bild 3: Der Lüfter rechts im Bild greift nur bei hohen Temperaturen ein.

Rate kann zwischen Speicherplatz sparenden 8 kHz bis zu sehr guten 48 kHz gewählt werden.

Oberhalb des Abstimmknopfs befinden sich die Tastatur zur direkten Eingabe von Frequenzen oder Speicherkanalnummern sowie die Tasten für die unterschiedlichen Speicher- oder VFO-Betriebsarten. Die Abstimmsschritte werden mit den Tasten Up und Down verändert, der kleinste beträgt 1 Hz, der größte 1 MHz. Frei programmierbare Abstimmsschritte sind zwischen 0,1 und 999,9 kHz in 0,1-kHz-Schritten wählbar, um auch weniger gebräuchliche Raster zu beherrschen. Bei CW oder FSK kann man die 1/4-Taste betätigen, sodass sich die Abstimmung auf ein Viertel verlangsamt.

Neben den Schaltern und Stellern für die verschiedenen Speicher- und Suchlauffunktionen verdient der für die automatische Abstimmung Beachtung. Diese sorgt für die genaue Abstimmung auf AM-, SSB- oder CW-Signale, was im Display mit dem Hinweis *Auto-Tune* angezeigt wird.

■ Anschlussmöglichkeiten

Außer den Anschlüssen für externe Lautsprecher, Tonaufzeichnung, CI-V-Schnittstelle und 13,8 V-Ausgang für Zusatzgeräte sollen einige andere gesondert erwähnt werden. So lässt sich über die jeweiligen Buchsen an den IC-R9500 ein 10-MHz-Referenzsignal anlegen oder entnehmen, die NF des Sprachsynthesizers aufzeichnen oder das 10,7-MHz-ZF-Signal auskoppeln. Es gibt einen Ausgang, an dem empfangene analoge NTSC-, PAL- oder SECAM-Videosignale anliegen und einen Eingang für die Darstellung von Videosignalen im Display.

Lobenswert sind eine KW-Antennenbuchse in N-Norm und der S/P DIF-Ausgang für die verlustfreie digital-optische Ausgabe des NF-Signals mit 48 kHz/16 Bit. Und es gibt einen Ethernet-Anschluss, damit der Empfänger in LANs eingebunden werden kann, wodurch z. B. Firmware-Updates mittels PCs möglich sind. Eine USB-Schnittstelle dient zum Anschluss von Speichermedien für die Weitergabe der mit dem Signalrecorder aufgenommenen WAV-Dateien.

■ BC-DX-Empfangspraxis

Als Vergleichsgeräte dienen der DSP-Profi-RX Telefunken E1800A und ein Watkins-Johnson HF1000A DSP (www.ratzer.at/Empfaenger.php).

Wenn man den IC-R9500 einschaltet, fällt zuerst natürlich das Display ins Auge. Die Anordnung und Darstellung der Betriebszustände sind sehr gut gelöst, hier lassen sich tatsächlich alle wichtigen Parameter auf einem Blick erfassen. Alle Bedienelemente machen einen sehr soliden Eindruck, und der Abstimmknopf lädt zur Reise durch die internationalen Rundfunkbänder ein ...

Das durch eine sehr wirkungsvolle Bass- und Höheneinstellung optimierte Audiosignal klingt auch im eingebauten Lautsprecher sehr gut. Bei Kopfhörerbetrieb lassen sich Feinheiten aber erwartungsgemäß wesentlich besser heraushören. So überzeugte um 1800 UTC der Empfang von *Radio Tanzania Zanzibar* auf 11 735 kHz bei einer Bandbreite von 8 kHz mit einem extrem klaren Signal in AM, das sich trotz einer Signalstärke von nur S7 und entsprechendem Rauschanteil wie „herausgeschnitten“ im Kopfhörer präsentierte und so eine Verständlichkeit bot, die die anderen Empfänger nur im ECSS-

Betrieb annähernd erreichten. Bei AM-Synch – sowohl mit beiden Seitenbändern wie auch mit einem ausgewählten möglich – wurde das Signal noch ruhiger. Der abendliche Empfang der *Stimme Indonesiens* auf 15 150 kHz gegen 1830 UTC bot ebenfalls ein absolut präzises, sehr präsent AM-Signal. Der perfekte Empfang in AM und AM-Synch überraschte. Gerade bei Profi-Empfängern wird sonst das Hauptaugenmerk auf SSB-Sprachübertragung gelegt und der AM-Empfang oft nur der Vollständigkeit halber mitgeliefert, sodass vernünftige Bandbreiten für AM fehlen.

Selbst gestörte AM-Signale wie die *Stimme der Mongolei* um 1000 UTC auf 12 085 kHz kann in AM-S unter Zuhilfenahme des Twin-Passband-Shift gut verständlich „herausgezinst“ werden, was dem E1800A und HF1000A bei weitem nicht in gleicher Hörbarkeit gelingt.

Für viele Hörer sind Empfangserfolge weit entfernter Stationen auf den meist gestörten Rundfunk-Tropenbändern die Königsdisziplin des AM-Empfangs. Auch hier leistet sich der IC-R9500 keine Schwäche. Durch die zur Auswahl stehenden 50 AM-Bandbreiten zwischen 200 Hz und 10 kHz, die auch unter gestörtesten Bedingungen wohl erst von 1 kHz aufwärts Sinn machen, und die Möglichkeiten des Twin-PBT in Verbindung mit den Notch-Filtern ist hier tatsächlich eine „DX-Maschine“ erster Güte konstruiert worden. Werden stärkere Signale im 60-m-Tropenband, wie der abendliche Empfang des *Senders Kampala* aus Uganda auf 4976 kHz oder des mongolischen *Senders Altai* aus Ulan Bator auf 4830 kHz nach 2200 UTC, schon fast in Hi-Fi-Qualität wiedergegeben, scheint der IC-R9500 gerade bei extrem schwachen Stationen den Vorsprung auf die Vergleichsempfänger noch zu vergrößern. Der Empfang von *Radio East Sepik* aus Papua Neuguinea hat sich außerhalb des eigentlichen winterlichen Empfangsfensters wie bestellt angeboten. Das sehr leise Signal im 90-m-Tropenband konnte gegen 1930 UTC zuerst am E1800A eingefangen werden, jedoch war das S3-Signal auch mit genauester Einstellung der manuellen Regelung mehr zu erahnen als zu hören. Am HF1000A konnte nur mithilfe des externen

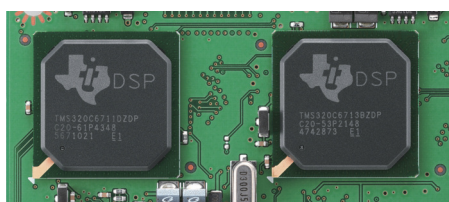
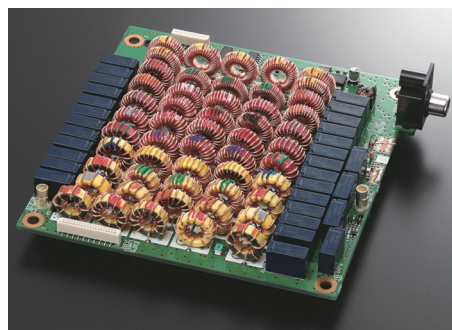


Bild 4: Mit Relais geschaltete Subtaktav-Eingangsfiler für den KW-Bereich (links)
Bild 5: Zwei 32-Bit-DSPs übernehmen die gesamte Signalverarbeitung und die Ansteuerung des Spektromskops. Fotos: Werkfotos

Sherwood-SE3-Sychrondetektors ein über den Möglichkeiten des Telefunken liegendes Signal empfangen werden. Beim IC-R9500 ließ sich im AM-Synch-Betrieb das weniger gestörte Seitenband auswählen und dann durch feinfühligere Einstellung der Bandbreite und manuelle Verstärkungseinstellung ein Empfangssignal optimieren, das wie aus dem Rauschen „separiert“ schien. Gerade bei diesem schwachen Signal zeigte der AM-Synchdetektor seine Qualität – ein wahres Hörerlebnis!

Weniger überzeugen konnte die Rauschminderung bei extrem schwachen Signalen. Hier scheint der DSP trotz vorsichtiger Einstellung zu viele AM-Nutzsignalanteile als Rauschen zu identifizieren und „zerrechnet“ so das Signal. Anders bei etwas stärkeren Signalen: So konnte *All India Radio Guwahati* gegen 1615 UTC auf 4940 kHz mit etwa S5 empfangen werden. Der Empfang zeichnete sich ebenfalls durch eine größere Präsenz und Klarheit gegenüber den Referenzempfängern aus. Mit vorsichtig angewendeter Rauschminderung konnte dieses Signal im Kopfhörer ruhiger abgebildet werden, ohne dass es einen dumpfen Charakter annahm.

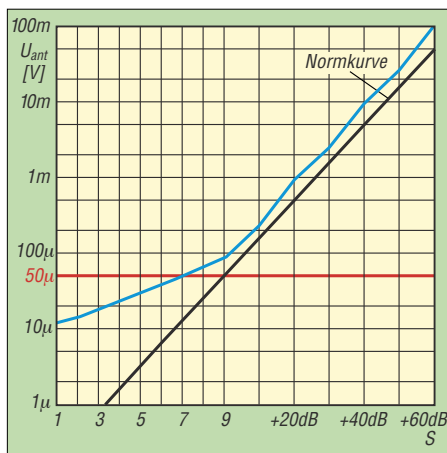


Bild 7: S-Meter-Anzeige bei 14 MHz in CW, 2,4 kHz Bandbreite, Roofing-Filter 3 kHz; die Abweichung ist unverkennbar.

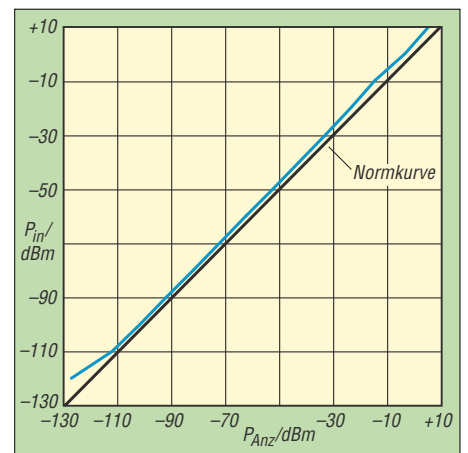


Bild 8: Und es geht doch: dBm-Anzeige und Generatorleistung bei 14 MHz, gemessen CW bei 2,4 kHz Bandbreite, Roofing-Filter 3 kHz

merkmal schätzen lernen – seine fünf Roofing-Filter mit Bandbreiten zwischen 3 und 240 kHz. Diese bislang nur in hochwertigen Transceivern verbauten Quarzfilter sorgen für einen selten realisierten intermodulationsfreien Dynamikbereich. Die Wirksamkeit dieser Filter lässt sich abends im 40-m-Band perfekt darstellen. Hier ergibt sich bei

finden – sein Spektroskop. Diese DSP-basierte Echtzeit-Visualisierung der Bandbelegung zeigt im *Center-Modus* die Signale in der Umgebung der eingestellten Frequenz innerhalb einer der acht möglichen Darstellungsbreiten von $\pm 2,5$ kHz bis ± 5 MHz an. Als Auflösungsbandbreiten stehen sieben Stufen zwischen 0,2 und 20 kHz zur Verfügung. Zusätzlich hat das Spektroskop eine abschaltbare Peak-Hold-Funktion, welche die Spitzenpegel der einzelnen Signale andersfarbig darstellt. Verändert man die Empfangsfrequenz nicht – sonst werden die Peaks neu aufgebaut – lassen sich so die Empfangsbedingungen perfekt visualisieren.

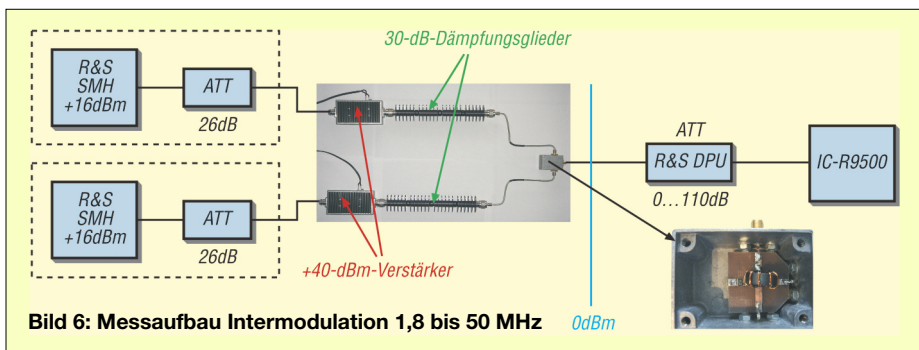


Bild 6: Messaufbau Intermodulation 1,8 bis 50 MHz

Bei der Suche nach DX-Stationen erfreute der sehr gut in der Hand liegende Abstimmknopf, der übrigens durch einen auf der Unterseite des Empfängers angebrachten Schieber in vier Stufen im Abstimmwiderstand den persönlichen Wünschen angepasst werden kann.

■ Empfang auf Amateurbändern

Beim SSB-Empfang auf den Amateurbändern zeigt die Rauschminderung ihre Stärken. Bei vielen Stationen im 40-m-Band konnte die Verständlichkeit signifikant gesteigert werden. Zusätzlich kam das automatische Notch-Filter zur Geltung, das Träger tatsächlich sehr wirkungsvoll unterdrückt, ohne das SSB-Signal maßgeblich zu beschädigen. Im Hörvergleich zum Telefunken scheint die AGC im Icom bei SSB schon mit der Werkseinstellung ruhiger einzusetzen, die Einstellung der drei Zeitkonstanten lässt sich in Schritten zwischen 0,1 und 6 s den persönlichen Vorlieben entsprechend optimieren.

Gerade auf den Amateurbändern kann man beim IC-R9500 ein weiteres Ausstattungsg-

besonders leisen Stationen ein mit dem HF1000A nie erreichtes Signal. Und bei gemessenen IP3-Werten von über +40 dBm wundert es nicht, dass auf den kritischen Amateurbändern andere Profi-Empfänger das Nachsehen haben.

Zuletzt soll noch eine besonders eindrucksvolle Funktion des IC-R9500 Erwähnung

Ein frühmorgendlicher Ausflug in den erweiterten amerikanischen MW-Bereich zwischen 1600 und 1700 kHz lässt hier einzelne Stationen langsam „wachsen“ und führt den DXer wie ein Navigationssystem zur optimalen Frequenz für den transatlantischen MW-Empfang. Ähnlich die Funktion des Spektroskops im Fix-Modus, in der ein festgelegter Frequenzbereich ständig, also auch bei Änderung der Empfangsfrequenz gleichbleibend, angezeigt wird.

Das Spektroskop ist vor allem in den höherfrequenten Bändern hilfreich, um die Bandbelegung überblicken zu können.

Tabelle 1: Empfindlichkeit in SSB (Bandbreite 2,4 kHz; Roofing-Filter 3 kHz)

f / MHz	Preamp = off		Preamp = Ampl		Preamp = Amp2	
	P_{MDS}/dBm	P_{in}/dBm	P_{MDS}/dBm	P_{in}/dBm	P_{MDS}/dBm	P_{in}/dBm
	@10 dB S/N		@10 dB S/N		@10 dB S/N	
0,101	-113,3	-105,0	-121,3	-113,9	-125,2	-117,7
1	-113,4	-105,2	-127,3	-118,9	-131,3	-123,0
10	-115,7	-105,4	-127,7	-119,5	-131,4	-122,4
15,000	-114,3	-105,2	-128,9	-119,7	-132,2	-123,7
30,000	-115,0	-104,5	-129,0	-119,8	-131,6	-122,1
50,000	-124,5	-115,0	-132,1	-122,7	-	-
100,000	-126,2	-116,2	-131,8	-122,7	-	-
144,000	-124,7	-114,7	-131,7	-121,7	-	-
432,000	-127,5	-118,1	-134,1	-124,4	-	-
1000,000	-121,0	-111,7	-128,1	-118,8	-	-
1296,200	-122,7	-113,2	-129,6	-121,0	-	-
2000,000	-123,9	-113,6	-125,6	-118,7	-	-

MDS: Minimum Discernible Signal, d.h. kleinstes aufnehmbares Signal mit $(S+N)/N = 3$ dB; auch als Rauschflur bezeichnet; für 10 dB S/N lies korrekterweise 10 dB $(S+N)/N$

Tabelle 2: Empfindlichkeit in AM u. FM

f/MHz	Preamp = Ampl		Preamp = on	
	AM*		FM	
	P _{in} /dBm @10 dB S/N	P _{in} /dBm @12 dB SINAD	P _{in} /dBm	P _{in} /dBm
0,101	-116,2	-	-	-
1	-121,2	-	-	-
10	-121,6	-	-	-
15,000	-121,8	-	-	-
30,000	-116,2	-	-	-
50,000	-	-	-	-
100,000	-	-	-	-
144,000	-	-	-121,1	-
432,000	-	-	-121,4	-
1000,000	-	-	-118,3	-
1296,200	-	-	-118,7	-
2000,000	-	-	-117,9	-

* gemessen mit f_{mod} = 1 kHz, AM-Modulationsgrad = 80 %, bei 30 MHz mit Preamp 1

Tabelle 3: Empfindlichkeit in WFM

f/MHz	Preamp = on		Preamp = on	
	P _{in} /dBm @20 dB SINAD		max. SINAD @P _{in} = -30 dBm	
	P _{in} /dBm	P _{in} /dBm	P _{in} /dBm	P _{in} /dBm
100,000	-110,2	-	-49,1	-

gemessen mit f_{mod} = 1 kHz, 20 kHz Hub

Die Verwendung der 1220 Speicherkanäle und die Möglichkeiten der Speichersuchlauf-Modi sollen erwähnt werden, können aber wie unzählige Funktionen die über den normalen Empfangsbetrieb hinausgehen hier keine Berücksichtigung finden, siehe dazu: www.ratzer.at/9500.php

■ Auf dem Messplatz im HF-Labor

Bei den Messungen kam als Generator ein Rohde & Schwarz-Messsender SMH (0,1 MHz...2000 MHz) zum Einsatz. Die Bewertung des NF-Signals erfolgte mit einem Funkmessplatz Rohde & Schwarz CMT52.

Empfängerempfindlichkeit

Die Tabellen 1 bis 3 zeigen die Messwerte. Ohne Vorverstärker weist der IC-R9500 auf Kurzwellen nur mäßige Empfindlichkeit auf, die jedoch völlig ausreichend ist, da das Antennenrauschen in jedem Falle weit oberhalb der Grenzemfindlichkeit liegt.

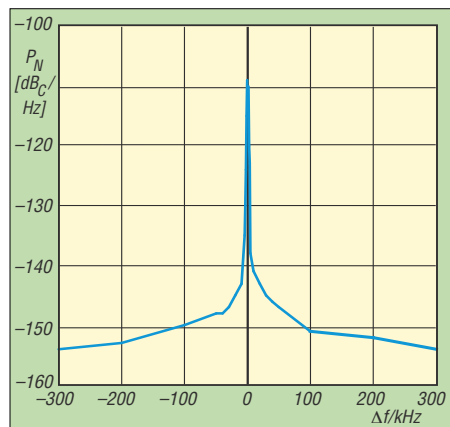


Bild 9: Phasenrauschen im Bereich von 14,274 MHz ±300 kHz, gemessen in SSB bei 2,4 kHz Bandbreite; siehe Text

Tabelle 4: IM-Abstände 3. Ordnung und IP3 bei 50 kHz Trägerabstand

P _{in1} /dBm	P _{in2} /dBm	P _{IM3} /dBm	IP3/dBm
f ₁ = 14,17 MHz, f ₂ = 14,22 MHz, Δf = 50 kHz			
-7,0	-7,0	-105,5	42,3/42,3
-22,0	-25,0	-119,8	26,9/22,4*
-31,0	-31,0	-125,1	16,1/16,1**
f ₁ = 28,17 MHz, f ₂ = 28,22 MHz, Δf = 50 kHz			
-7,0	-8,0	-103,7	41,4/39,9
-23,0	-25,0	-119,4	25,2/22,2*
-29,0	-31,0	-122,6	17,8/14,8**
f ₁ = 50,17 MHz, f ₂ = 50,22 MHz, Δf = 50 kHz			
-28,5	-28,0	-111,0	12,8/13,5
-40,0	-39,0	-122,5	1,3/2,8*
f ₁ = 144,17 MHz, f ₂ = 144,22 MHz, Δf = 50 kHz			
-34,0	-34,0	-110,4	4,2/4,2
-45,0	-45,0	-121,4	-6,8/-6,8*
f ₁ = 432,17 MHz, f ₂ = 432,22 MHz, Δf = 50 kHz			
-33,5	-33,0	-112,2	5,9/6,6
-44,0	-44,0	-123,1	-4,5/-4,5*
f ₁ = 1000,17 MHz, f ₂ = 1000,22 MHz, Δf = 50 kHz			
-30,0	-30,0	-119,4	9,9/9,9
-40,0	-41,0	-120,1	0,0/-1,5*

P_{in1}, P_{in2} Eingangspegel zur Erzeugung der unter- bzw. oberhalb erscheinenden IM3-Produkte; IP3 jeweils 2f₁-f₂ sowie 2f₂-f₁; AGC off, CW, Bandbreite: 50 Hz, 3 kHz Roofing-Filter; * Preamp 1; ** Preamp 2;

Tabelle 5: IM-Abstände 3. Ordnung und IP3 bei 14 MHz und unterschiedlichem Trägerabstand

P _{in1} /dBm	P _{in2} /dBm	P _{IM3} /dBm	IP3/dBm
f ₁ = 14,17 MHz, f ₂ = 14,22 MHz, Δf = 50 kHz			
-7,0	-7,0	-105,5	42,3/42,3
-8,0	-12,0	-108,7	42,4/36,4†
-8,5	-13,0	-110,6	42,6/35,8††
-27,0	-27,0	-110,6	14,8/14,8†††
f ₁ = 14,17 MHz, f ₂ = 14,19 MHz, Δf = 20 kHz			
-9,5	-6,0	-105,5	38,5/43,8
-7,0	-9,0	-108,7	43,9/40,9†
-9,0	-10,0	-110,6	41,8/40,3††
-30,0	-31,0	-110,6	10,3/8,8†††
f ₁ = 14,17 MHz, f ₂ = 14,175 MHz, Δf = 5 kHz			
-21,6	-19,0	-105,5	20,5/24,3
-22,5	-21,0	-108,7	20,6/22,9†
-31,0	-31,0	-110,6	8,8/8,8††
-33,0	-34,5	-110,6	5,8/3,6†††
f ₁ = 14,17 MHz, f ₂ = 14,172 MHz, Δf = 2 kHz			
-26,0	-28,5	-105,5	13,8/10,0
-32,0	-32,0	-108,7	6,4/6,4†
-32,0	-32,0	-110,6	7,3/7,3††
-32,0	-32,0	-110,6	7,3/5,8†††

P_{in1}, P_{in2} Eingangspegel zur Erzeugung der unter- bzw. oberhalb erscheinenden IM3-Produkte; IP3 jeweils 2f₁-f₂ sowie 2f₂-f₁; AGC off, CW, Bandbreite: 50 Hz; Roofing-Filter: † 6 kHz, †† 15 kHz, ††† 50 kHz, sonst 3 kHz

S-Meter

Das S-Meter (Bild 7) weist leider nicht die Genauigkeit auf, die von einem Empfänger dieser Klasse zu erwarten wäre. Pegel, die etwa S7 entsprechen, lassen den Balken lediglich bis S1 ausschlagen. Dass es auch anders geht, zeigt die u. a. auf Dezibel pro Milliwatt (dBm) umschaltbare Anzeige (Bild 8), die auch die Vorverstärkung rechnerisch berücksichtigt.

Intermodulation

Bild 6 zeigt den Messaufbau. Um zu vermeiden, dass bei den Messungen mit sehr

Tabelle 6: IM-Abstände 3. Ordnung und IP3 bei Signalen aus den Rundfunkbändern

P _{in} /dBm	P _{IM3} /dBm	IP3/dBm	Preamp
f ₁ = 11,95 MHz, f ₂ = 9,7 MHz, f _{RX} = 14,2 MHz			
-4,0	-104,9	46,5	off
-18,0	-120,0	33,0	1
-31,0	-125,7	16,4	2
f ₁ = 21,75 MHz, f ₂ = 15,4 MHz, f _{RX} = 28,1 MHz			
-6,0	-104,1	43,1	off
-18,0	-120,0	33,0	1
-23,0	-122,8	26,9	2

AGC off, CW, Bandbreite: 50 Hz; 3 kHz Roofing-Filter

Tabelle 7: IM-Abstände 2. Ordnung bei Signalen aus den Rundfunkbändern

P _{in} /dBm	P _{IM3} /dBm	IP3/dBm	Preamp
f ₁ = 21,5 MHz, f ₂ = 7,3 MHz, f _{RX} = 14,2 MHz			
-11,0	-104,9	82,9	off
-15,0	-120,0	90,0	1
-26,0	-125,7	73,7	2
f ₁ = 7,2 MHz, f ₂ = 7,1 MHz, f _{RX} = 14,3 MHz			
-7,0	-104,9	90,9	off
-8,0	-120,0	104,0	1
-22,0	-125,7	81,7	2
f ₁ = 15,025 MHz, f ₂ = 11,95 MHz, f _{RX} = 18,1 MHz			
-5,0	-104,7	94,7	off
-19,0	-120,0	82,0	1
-31,0	-126,0	64,0	2
f ₁ = 11,9 MHz, f ₂ = 6,2 MHz, f _{RX} = 18,1 MHz			
-6,0	-104,7	92,7	off
-16,0	-120,0	88,0	1
-26,0	-126,0	74,0	2
f ₁ = 11,6 MHz, f ₂ = 9,5 MHz, f _{RX} = 21,1 MHz			
-12,0	-104,6	80,6	off
-15,0	-121,3	91,3	1
-35,0	-124,8	54,8	2
f ₁ = 15,4 MHz, f ₂ = 9,7 MHz, f _{RX} = 21,1 MHz			
-5,0	-104,6	94,6	off
-17,0	-121,3	87,3	1
-26,0	-124,8	72,8	2
f ₁ = 15,3 MHz, f ₂ = 9,6 MHz, f _{RX} = 24,9 MHz			
-10,0	-103,0	83,0	off
-16,0	-120,7	88,7	1
-18,0	-122,2	86,2	2
f ₁ = 17,8 MHz, f ₂ = 7,1 MHz, f _{RX} = 24,9 MHz			
-10,0	-103,0	83,0	off
-15,0	-120,7	90,7	1
-15,0	-122,2	92,2	2

Messbedingung: AGC on, USB, Bandbreite: 2,2 kHz

kleinem Offset der intermodulierenden Träger eine Verfälschung der Ergebnisse durch Phasen- und Seitenbandrauschen auftritt, wurde hier nicht nach der üblichen 3-dB-Methode gearbeitet.

Bei dieser erhöht man die Amplituden der Messsignale, bis die auftretenden IM3-Produkte einen Pegel von 3 dB über dem Grundrauschen erreichen. Stattdessen wurden die Amplituden hier noch weiter erhöht, bis die Pegel der Störsignale

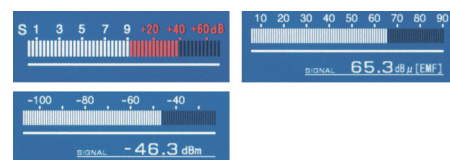


Bild 10: Die Anzeige der Signalstärke lässt sich umschalten: Bei dBm und dBμV sind die Messwerte sehr genau.

10 dB unterhalb der Ansprechschwelle der Regelung lagen. Dieses Messverfahren wurde auch in [4] als S4-Methode beschrieben. Daraus resultiert der ungewöhnlich aufwändige Messaufbau.

Die Entkopplung der beiden Generatoren beträgt dabei mehr als 140 dB, und selbst die Entkopplung der beiden 10-W-Verstärker liegt noch etwa bei 100 dB.

Die gemessenen Werte für Intermodulationsprodukte 3. Ordnung (IM3) entsprechen den Herstellerangaben. Icom misst standardgemäß im 100-kHz-Abstand. Im 20-m-Band werden im 50-kHz-Abstand IP3-Werte von +42 dBm erreicht. Bei 20-kHz-Abstand erreicht das „untere“ Intermodulationsprodukt ($2f_1 - f_2$) +38,5 dBm IP3. Diese Unsymmetrie lässt auf die Anwesenheit weiterer IM-Quellen schließen.

Bei einem IP3 von +22 dBm mit eingeschaltetem Preamp 1 lassen sich wenig Probleme in der Praxis vermuten. Erinnern wir uns daran, dass die meisten Empfänger mit zugeschalteten Vorverstärker Interzeptpunkte 3. Ordnung (IP3) im negativen dBm-Bereich besitzen. Messungen üblicher Konstellationen mit starken Signalen aus den Rundfunkbändern verkräftet der IC-R9500 noch besser.

Hier wurden IP3 von +46,5 dBm für die Paarung 11,95 MHz und 9,7 MHz und +43,1 dBm für 21,75 MHz und 15,4 MHz ermittelt. In beiden Fällen betrug der IP3 selbst mit Vorverstärker 1 noch +33 dBm!

Die Entwickler des IC-R9500 haben sich, wie die Messungen belegen, in erster Linie auf die Intermodulationsfestigkeit des Empfängers bis 30 MHz konzentriert. Hier finden wir in der Praxis auch die stärksten Signale.

Auf höheren Frequenzen fällt der IP3 deutlich ab (+12,8 dBm auf 50 MHz, +4,2 dBm auf 144 MHz und +5,9 dBm auf 432 MHz). Trotzdem übertrifft der IC-R9500 auch hier die meisten im Handel erhältlichen Empfänger.

Im 20-m-Band berechnen wir einen intermodulationsfreien Dynamikbereich mit ausgeschalteten Vorverstärkern (bezogen auf 2,4-kHz-SSB-Bandbreite) von 104 dB bzw. 115 dB (50-Hz-CW-Bandbreite).

Intermodulation 2. Ordnung aus den Rundfunkbändern

Die IM2-Werte des IC-R9500 liegen auf hohem Niveau. Mit eingeschaltetem Preamp 1 wird auf 20 m (14,300 MHz) ein IP2 von +104 dBm erreicht. Die sich addierenden Eingangsfrequenzen f_1, f_2 , betragen bei dieser Messung 7,1 MHz und 7,2 MHz.

LO-Phasenrauschen

Diese Messung wurde mit einem rauscharmen Quarzoszillator auf 14,274 MHz bei 2,4-kHz-Bandbreite sowie eingeschaltetem

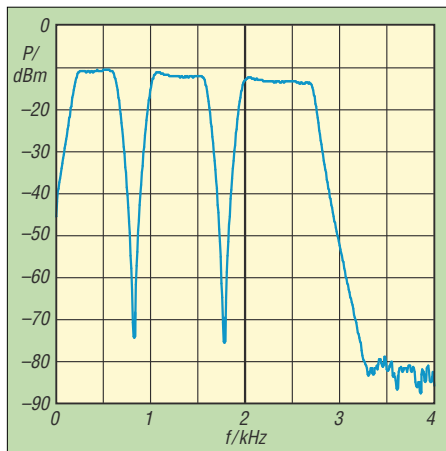


Bild 11: Wirkung der beiden unabhängig voneinander einstellbaren Notch-Filter; Störträger lassen sich um 75 dB unterdrücken.

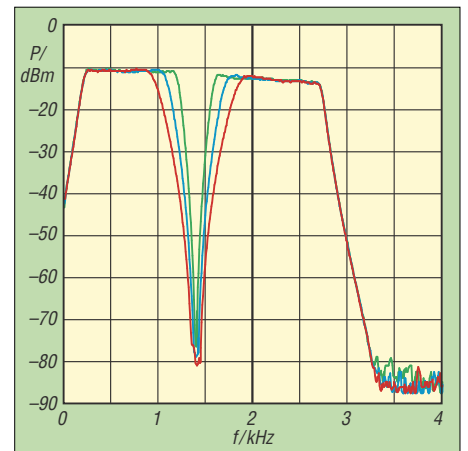


Bild 12: Die unterschiedlichen Notch-Bandbreiten *Wide* (rot), *Mid* (blau) und *Nar* (grün) im Vergleich

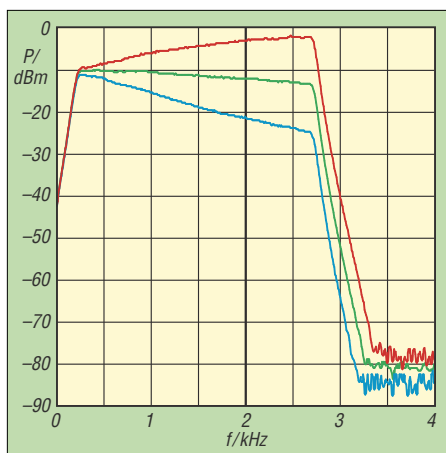


Bild 13: Mit dem Höhensteller lässt sich der Audio-Frequenzgang ± 10 dB variieren; der Basssteller hat die gleiche Wirkung auf die untere Grenzfrequenz.

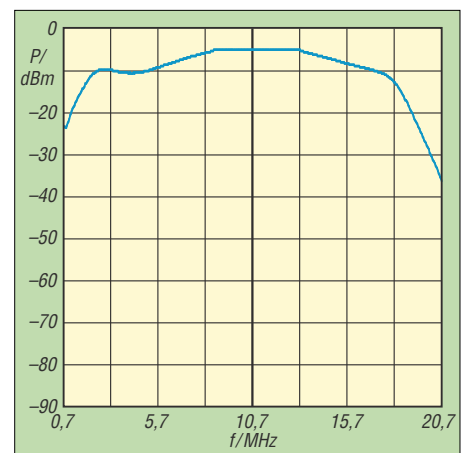


Bild 14: Durchlasskurve des 10,7-MHz-ZF-Ausgangs, gemessen bei einer Empfangsfrequenz von 1000 MHz; es steht eine Bandbreite von etwa 8 MHz zur Verfügung.

Preamp 2 nach dem Messaufbau der ARRL durchgeführt.

Wie Bild 9 erkennen lässt, erreicht der LO bereits bei einem Abstand zum Träger von 1 kHz ein Phasenrauschen von -109 dBc/Hz. Das fällt in 300 kHz Abstand auf -154 dBc/Hz ab. Diese Werte entsprechen den hohen Ansprüchen der Nutzer dieses Spitzenempfängers.

Sonstige Messungen

Bild 11 zeigt die Wirkung der beiden unabhängig einstellbaren Notch-Filter, und in Bild 12 werden die unterschiedlichen Notch-Bandbreiten (*Wide*, *Mid*, *Nar*) verglichen. Bild 13 verdeutlicht die Wirkung des Höhenstellers. Mit diesem lässt sich die Amplitude bei der Grenzfrequenz 2,4 kHz (es wurde ein 2,4-kHz-SSB-Filter gewählt) um ± 10 dB variieren. Der Bassregler hat den gleichen Einfluss bei der unteren Grenzfrequenz.

Die Durchlasskurve des 10,7-MHz-ZF-Ausgangs, gemessen bei einer Empfangsfrequenz von 1000 MHz, geht aus Bild 14 hervor. Am Ausgang steht eine 3-dB-Bandbreite von ungefähr 8 MHz zur Verfügung.

Fazit

Mit dem IC-R9500 demonstriert Icom auf eindrucksvolle Weise den Stand der Technik im Empfängerbau. Der IC-R9500 kann als der ultimative Empfänger für alle Empfangssituationen von der Längstwelle bis in den Gigahertz-Bereich gelten. Seine Funktionen und die grandiosen technischen Daten, das erstklassige Design, sein intelligentes Bedienkonzept, die perfekte Verarbeitung und das ausgezeichnete Handbuch rechtfertigen den stolzen Preis dieser herausragenden Ingenieurleistung von über 10 000 €, zumal Funkamateure und BC-DXer ja nicht unbedingt zur Zielkäufergruppe gehören ...

Literatur und Bezugsquellen

- [1] Icom Europe GmbH, Tel. (02 11) 34 60 47; E-Mail: info@icomeurope.com; www.icomeurope.com; Fachhändler s. Bezugsquellenverzeichnis S. 766
- [2] FA-Typenblatt IC-R9500, Kommunikationsempfänger. FUNKAMATEUR 56 (2007) H. 3, S. 291 f.
- [3] Reimesch Kommunikationssysteme GmbH, Bergisch Gladbach; Tel. (02204) 584751; www.reimesch.de
- [4] Schnorrenberg, W., DC4KU: Test von In-Band-Intermodulationsfestigkeit. CQDL 76 (2005) H. 8, S. 544–548; www.mylardc.de/dc4ku/