# Schatzkästlein – das brandneue Winradio G303e in der Praxis (1)

CLEMENS SEIDENBERG

*Mit dem Winradio G303e steht erstmals ein softwaredefinierter Empfänger zur Verfügung, der extern betrieben und über USB angeschlossen wird. Zudem beinhaltet das Gerät in der PD-Version einen programmierbaren Demodulator, der Monitoring-Freaks wie auch Funkamateuren interessante Features bietet.*

**Bild 3: Eher unscheinbar präsentiert sich die Front des neuen Winradios. Neugier lässt allerdings die Plastikhülle um das Metallkästchen aufkommen.**

Seit der Einführung vor zwei Jahren gab es für die neue Baureihe der Winradio Kurzwellenempfänger (Empfangsspektrum: 9 kHz bis 30 MHz) breite Anerkennung und sogar Preise. Erstmals im kommerziellen Bereich wurde das Konzept eines „softwaredefinierten Radios“ konsequent umgesetzt. Zu Recht weist die mit *G3* beginnende Typenbezeichnung die Geräte als Angehörige einer neuen Generation aus.

**Bild 1: Innenleben des WR-G303e**

Die hat jetzt mit einer externen Version des *WR-G303* Verstärkung erhalten. Dabei handelt es sich wieder um eine Premiere, denn erstmals erfolgt die gesamte Kommunikation mit dem PC über die USB-Schnittstelle. Gute Gründe, dem jüngsten Spross in einem Praxistest Gelegenheit zum Nachweis seiner Fähigkeiten zu geben.

**Bild 2: Rückseite mit Stromversorgungsbuchse, Antennen- und USB-Anschluss**

## Frisch verbunden

Es ist ja nicht jedermanns Sache, den geliebten PC zu öffnen, um eine neue Steckkarte zu installieren. Sind die Hemmungen überwunden und ein freier PCI-Slot gefunden, machen einem oft Ressourcenkonflikte bei einem gut bestückten PC das Leben schwer. Ganz außen vor bleibt der Besitzer eines Laptops. Manch einer wird auch zweifeln – trotz aller Verbesserungen der Abschirmung – ob das Innere eines gigahertzgetakteten Rechners wirklich der richtige Platz für ein Radio ist.

Das Erfolgsmodell *WR-G303* von Winradio, verpackt in ein separates Gehäuse, ist die Lösung der genannten Probleme – ein Weg, wie er auch schon mit dem WR-1500e beschritten wurde [3]. Allerdings ist das nicht ganz so unauffällig wie die interne Ausführung. Als unerwünschte Nebenwirkung muss man sich auf Fragen von neidischen Familienangehörigen nach dem neuen Kästchen und den weiteren Kabeln einrichten …

Dabei ist es wirklich hübsch verpackt, denn das kleine Metallgehäuse ist noch von einer Kunststoffhülle umgeben, die Radio und Möbel gleichzeitig vor Gebrauchsspuren bewahrt. Eine blaue Leuchtdiode signalisiert durch Blinkzeichen den aktuellen Systemzustand. Wirkt zusammen schick und professionell. Ein junger Radiofreund würde das sicher als „cool“ bezeichnen.

Gesteuert wird jetzt erstmals über die USB-Schnittstelle. Praktisch – waren doch die seriellen Schnittstellen schon immer knapp oder fehlen, als vom Aussterben bedrohte Art, bei vielen Computern ganz. Eine ausreichende räumliche Trennung vom Störnebel des Rechners ist so leicht machbar. Anders als beim internen Schwestermodell erfolgt auch die Analog-Digital-Wandlung der Audiodaten im Gerät selbst. Die bereits digitalisierten Daten werden ebenfalls über die USB-Schnittstelle dem Rechner übermittelt.

Das hat mehrere Vorteile: Unabhängigkeit von der oft unzureichenden Qualität mancher Soundkarten bei der Digitalisierung der vom Empfänger gelieferten Audiodaten, was die Leistung eines Software-Radios stark beeinträchtigen kann. Die manchmal hakelige Konfiguration der Soundkarte entfällt komplett und ein Kabel lässt sich einsparen. Zudem wird der Aufnahmezweig der Soundkarte für andere Nutzungen wieder frei.

Auf den Einsatz unabhängiger Software-Radio-Programme, die Demodulationsaufgaben erfüllen – etwa den Open-Source DRM-Decoder „DReaM“ [4] – muss man zumindest in der Grundausstattung leider verzichten. Diese erwarten eine 12-kHz-Zwischenfrequenz (IF) am Soundkarten-Eingang. Mit den Datenhappen an der USB-Schnittstelle können sie nichts anfangen – zur Alternative weiter unten.

Überraschenderweise „fror“ das Programm immer mal wieder kurzfristig für ein paar Sekunden ein, obwohl es nur eine geringe Prozessorbelastung anzeigte. Bei Winradio hat man auf eine entsprechende Anfrage vorbildlich sofort reagiert und ein Software-Update geschickt (V. 1.53). Weiter wurde uns versichert, dass das ältere und langsamere USB-Protokoll 1.1 ausreichend sei und USB 2.0 nicht erforderlich ist.

Nur optional ist ein Adapter für die serielle Schnittstelle erhältlich, bei dem die 12-kHz-ZF analog in einem Extrakabel für den Eingang der Soundkarte herausgeführt wird und so den Einsatz unabhängiger Software erlaubt. Dieses Kabel lag uns bei dem Testgerät jedoch noch nicht vor. Es ist sicherlich eine Überlegung wert, wenn schon eine gute und kalibrierte Soundkarte im Rechner steckt.

**Bild 4: Programmoberfläche mit geöffneter Band-Scope-Anzeige**

Noch nicht abgekommen ist man von der für einen Kurzwellenempfänger ungewöhnlichen SMA-Antennenbuchse; ein Adapter auf BNC gehört aber zum Lieferumfang. Alles anschließen und die Software mit Treiber installieren dauert – und das kann man wörtlich nehmen – nur eine Minute.

## Gar nicht oberflächlich

Keine Knöpfe zum Drehen, keine Zeiger oder Skalen zum Anschauen – der Kontakt läuft nur über den Computer. Die optimale Gestaltung der Software ist für die reibungslose Funktion der Schnittstelle Mensch–Radio entscheidend. Diesbezüglich macht sich sofort die große Erfahrung von Winradio bemerkbar. Die Programmoberfläche ist nicht – wie sonst öfter – überladen und unübersichtlich, sondern ergonomisch gestaltet. Sie unterscheidet sich im Übrigen, bis auf kleine Verbesserungen, nicht von der des WR-G303i [5].

Unter den vielen Möglichkeiten zur Frequenzabstimmung und Schrittweiteneingabe wird jeder die Methode seiner Wahl finden. Außergewöhnlich ist ein *Tuning Pad* genannter Bereich. Wird der in diesem Bereich platzierte Mauszeiger „gezogen", ist eine Frequenzabstimmung mit fließenden Übergängen zwischen kleinen und großen Schritten möglich. Dem PC-Empfänger in die Wiege gelegt sind die praktisch unerschöpflichen Möglichkeiten zur Frequenzspeicherung und -verwaltung. Der WR-G303e ist hier vorbildlich, wie auch bei seinen Scan-Funktionen, die man perfekt konfigurieren und den eigenen Wünschen anpassen kann.

Mit vierzig Kanälen pro Sekunde hält sich die Scan-Geschwindigkeit im Rahmen. Eine Band-Spektrum-Anzeige ermöglicht einen raschen Überblick über die Belegung eines beliebigen Frequenzabschnitts.

Das wirklich neue der dritten Winradio-Generation liegt aber nicht in der bekannten funktionsgerechten Ausstattung der Steuersoftware bei ansprechendem Design, sondern in ihrer Ausführung als Software-Radio. Erst die damit gewonnene Anpassungsfähigkeit, eingebettet in das bestehende Softwarekonzept, schafft neue Perspektiven der Empfängernutzung.

## Rechenaufgaben

Die Idee des so genannten Software-Radios ist es – grob ausgedrückt –, Funktionen, die üblicherweise in der Schaltung des Empfängers mittels konkreter elektronischer Bauteile realisiert sind, von einem Computerprogramm ausführen zu lassen. Die Idee ist nicht ganz neu, aber gut [6], [7]. Idealerweise übernimmt die Software die Signalverarbeitung so nah wie möglich am Antenneneingang: Praktisch realisierbar ist das jedoch erst ab einer ZF, die von den üblichen Soundkarten verarbeitet werden kann.

So auch der WR-G303e: In der Schaltung realisiert sind die HF-Stufen, die über eine erste ZF von 45 MHz auf die schon erwähnte ZF von 12 kHz umsetzen, deren Filterung und abschließende Demodulation mit Rückgewinnung des Tonsignals dann dem Rechner obliegt. Bild 5 vermittelt einen Überblick über die Aufteilung der Signalverarbeitung zwischen Winradio und PC.

Erreicht wird eine große Flexibilität: Neue Betriebsarten oder Filter sind nur ein Software-Update entfernt. Flexibel gestaltet ist auch das Kundenangebot; wie sein Schwestermodell ist das Winradio mit zwei Softwarevarianten erhältlich. Der *Standard Demodulator* verfügt über alle gängigen Betriebsarten jeweils mit fest zugeordneten Bandbreiten und eine Echtzeit-Spektrumdarstellung, die die aktuelle Situation im empfangenen Band darstellt.

Die Größe des gezeigten Bandausschnitts beträgt prinzipbedingt 22 kHz. Benachbarte Sender kann man sehen und den Emp-

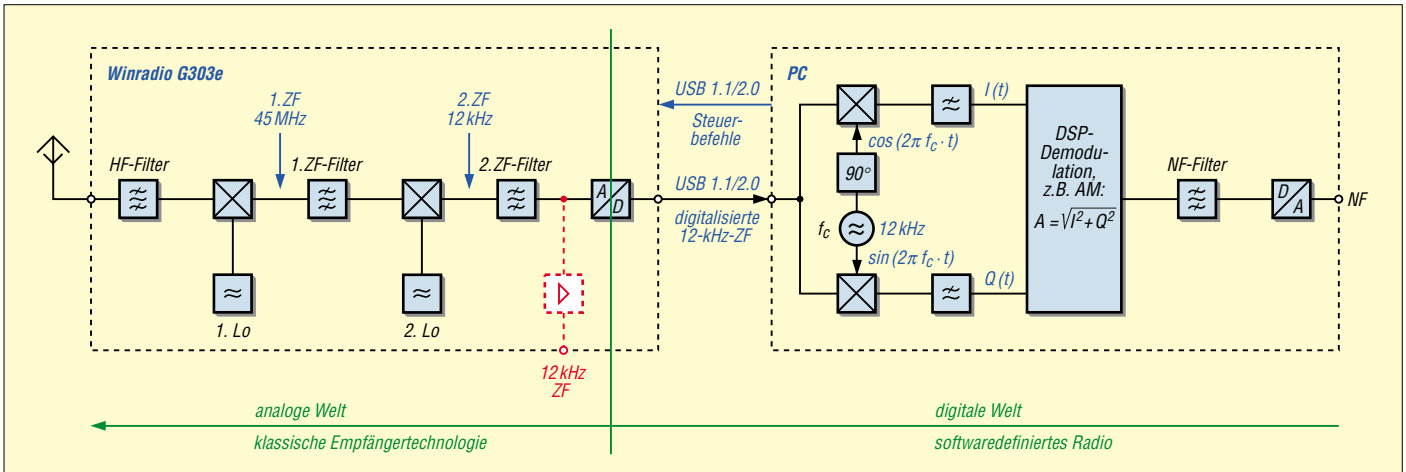


**Bild 5: Blockdiagramm zum Signalverlauf Winradio/PC**

fänger sofort auf diese Frequenz „ziehen“, um sie auch zu hören, vgl. Bild 4.

## ■ Professional Demodulator

Will man sich mit dem Prinzip des softwaredefinierten Radios (SDR) näher beschäftigen, bietet sich der optional erhältliche *Professional Demodulator* (PD) an. Nicht in die Irre führen sollte dabei das Adjektiv *professional*. Es bezieht sich keineswegs auf etwaige exotische, nur im kommerziellen Bereich nutzbare Fähigkeiten. Im Gegenteil: Er bietet mit reichhaltigen Einstellmöglichkeiten und interaktiven Diagrammen gerade für den Amateur- und Hobbybereich vielfältige Möglichkeiten zum Experimentieren. Aber natürlich hört sich marketingtechnisch *Profi-Demodulator* besser als *Hobby-Demodulator* an. Mit seiner inneren Struktur, die als gut 1,4 MB großes Stück Software auf der Festplatte landet, wollen wir uns noch etwas näher beschäftigen.

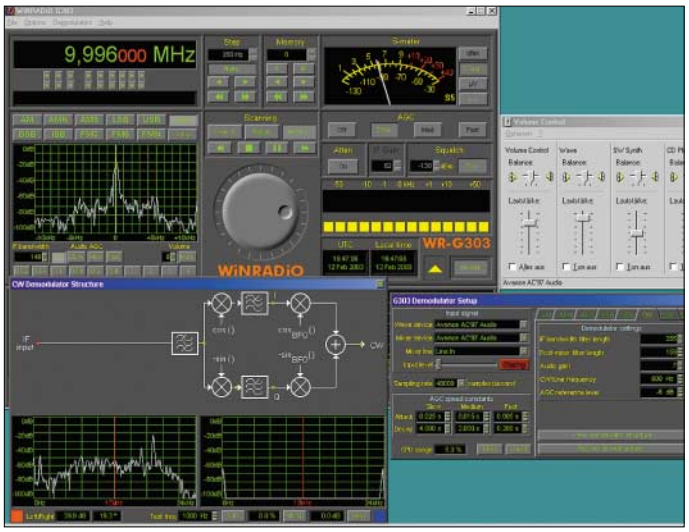


**Bild 6: Der Professional Demodulator und seine Einstellmöglichkeiten**

**Fotos: Autor (2), Red. FA (1); Screenshots: Autor**

Nach Aktivierung des PD im Hauptfenster passiert noch wenig Spektakuläres, lediglich zwei neue Knöpfe verweisen auf die zusätzlich verfügbaren Modulationsarten ISB und DSB. Sie sind interessant für den Rundfunkhörer, der damit AM-Sender unter bestimmten Bedingungen mit weniger Fading genießen kann. Im Kontrast zu anderen Software-Radios ist hier der Klang durchaus angenehm.

Ein Klick auf *Setup* gibt dann den Blick auf sämtliche Demodulator-Einstellungen frei, während das Betätigen von *View Demodulator Structure* eine interaktive grafische Darstellung der Signalverarbeitung im Demodulator – jeweils individuell für die elf unterschiedlichen Betriebsarten – zeigt. Für jede dieser Betriebsarten sind die Filterparameter separat einstellbar. Bei den ZF-(IF)Filtern ist eine kontinuierliche Wahl der Bandbreite zwischen 1 und 15 kHz möglich.

Zehn Voreinstellungen lassen sich abspeichern und sind auf „Knopfdruck“ abrufbar. Durch die optimale Anpassung des Filters an das Empfangssignal ist eine Steigerung der Empfänger-Sensivität um einige Dezibel möglich. Die digitalen Filter sind vom *FIR*-Typ. Andere Filter-Algorithmen sind nicht vorhanden, aber die so genannte *Länge* der Filter ist wählbar. Länge bezieht sich auf die Anzahl der internen Rechenschritte.

Die Filtereinstellungen können auch für das auf die Demodulationsstufe folgende Audiofilter und ein für die SSB-Verarbeitung notwendiges Hilbert-Filter getrennt festgelegt werden. Die DSP-Filter des FIR-Typs arbeiten in der zeitabhängigen Darstellung des ZF-Signals. Andere Software-Radio-Konzepte nehmen dagegen die Filterung erst nach der Umwandlung des Signals in seine spektrale frequenzabhängige Darstellung mittels Fourier-Transformation vor, was eine sehr flexible Handhabung erlaubt [8].

Das FIR-Filterdesign verlangt eine nicht unerhebliche „Länge“ des Filters, um eine ausreichende Selektivität zu erreichen. Bei der Wahl der Parameter gilt es so, einen Kompromiss zwischen der erforderlichen Flankensteilheit des Filters und der durch die zunehmende Länge steigenden Hardware-Belastung zu finden. Die Standardvorgabe von 64 ist zwar ressourcenschonend, erlaubt jedoch keine ausreichende Filtergüte.

Sofern von der Rechnerleistung möglich, sollte die Filterlänge auf den maximalen Wert von 512 gesetzt werden. Das gilt besonders beim Einsatz schmalbandiger Filter, etwa beim „Nahkampf“ mit eng benachbarten CW-Signalen. Hat man den PC einmal überstrapaziert, „friert“ das Programm ein und verstummt abrupt beleidigt.

Ohne Sorgen um die Hardware-Belastung lässt es sich mit den Parametern der automatischen Verstärkungskontrolle *AGC* experimentieren. Für die drei AGC-Typen

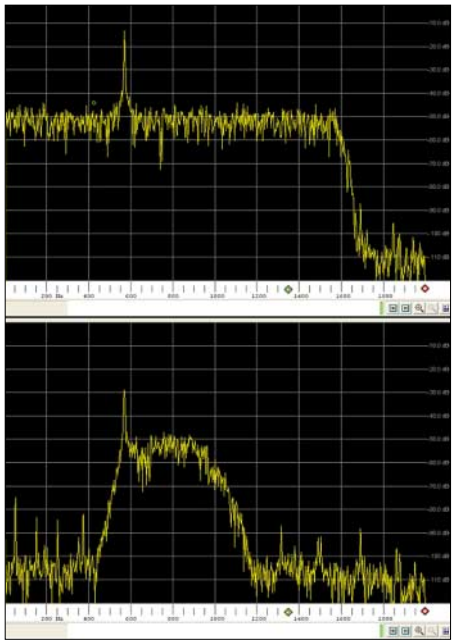

**Bild 7: Unterschiedliche Flankensteilheit eines 800-Hz-Filter bei voreingestellter (oben) und maximaler Filterlänge (unten)**

schnell, mittel und langsam ist das Ansprechverhalten durch Einstellung der Reaktions- und Abklingzeiten weitgehend zu beeinflussen und optimal an die unterschiedlichen Erfordernisse der einzelnen Betriebsarten anzupassen.

Bei aller Freude über diese neuen Möglichkeiten sollte man im Hinterkopf behalten, dass es sich um eine Software-AGC handelt. Dadurch vergeht immer etwas Rechenzeit zwischen der Veränderung der Signalstärke am Antenneneingang und der Reaktion des Programms darauf. Im ungünstigsten Fall „schaukelt“ sich das System auf und kann ein Übersteuern nicht vermeiden.

Aus diesem Grund ist auch weiterhin eine „echte“, zuschaltbare AGC in der Empfängerschaltung vorhanden.

(wird fortgesetzt)

**Literatur**

[1] SSB-Electronic GmbH (Winradio Vertrieb in Deutschland): Winradio Kurzwellen-Empfänger WR-G303. *www.ssb-amateur.de/amateur/products/ winradio/g3.html*; *www.winradio.de*

[2] WiNRADiO Communications: Winradio WR-G303e Receiver: *www.winradio.com/home/g303e.htm*

[3] Roth, W., DL2MCD: Kommunikationsempfänger in Modem-Größe: Winradio WR-1500e. FUNKAMATEUR 48 (1999) H. 6, S. 630–633

[4] Open Source Technology Group: Das Open-Source Software-Radio DReaM. *http://sourceforge.net/projects/drm/*

[5] Seidenberg, C.: Testbericht Winradio G 303i. Radio-Scanner 8 (2003) H. 2, S. 22–24

[6] Meyer, M., HB9BGV: SDR-1000. FUNKAMATEUR 53 (2004) H. 5, S. 454 – 457; H. 6, S. 560–561

[7] Seidenberg, C.: Software-Radios. Radio-Scanner 9 (2004) H. 2, S. 57–59

[8] Bücher, W., DL4YHF: Spectrum Lab. *www.qsl.net/dl4yhf/spectra1.html*

# Schatzkästlein – das brandneue Winradio G303e in der Praxis (2)

CLEMENS SEIDENBERG

***Nach dem Beschreiben einiger grundsätzlicher Eigenschaften in der vorigen Ausgabe befasst sich diese abschließende Folge mit den Empfangseigenschaften des G303e und vermittelt ein wenig Theorie.***

In der aktuellen Daseinsform des softwaredefinierten Radios *SDR* folgt die Aufbereitung der HF noch den üblichen Schaltungsentwürfen der Sender- und Empfängertechnik. Erst ab einer letzten Zwischenfrequenz übernimmt die Software das Signal zu dessen Filterung und Demodulation. Vor seiner digitalen Verarbeitung bedarf das analoge, zeitkontinuierliche Signal einer Zerlegung in einzelne zeitdiskrete Datenhäppchen.

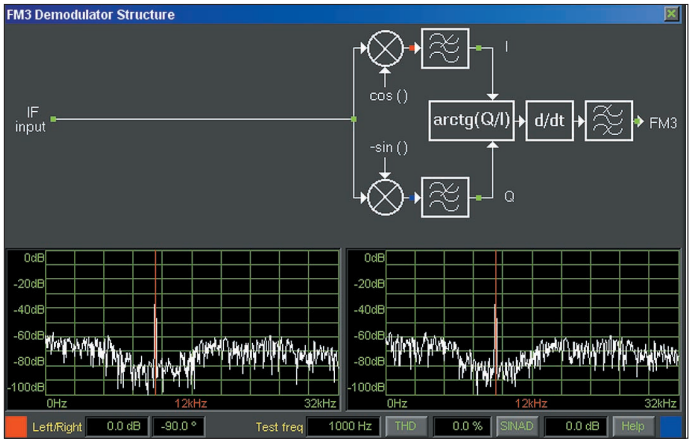


**Bild 8: Professional Demodulator mit Echtzeit-Spektrogrammen; gemessen werden exakt 90° Phasendifferenz zwischen I- und Q-Signal.**

Wie sicher weithin bekannt, muss die Abtastfrequenz der Analog-Digital-Umsetzer gemäß Nyquist-Theorem wenigstens das Doppelte der höchsten im Spektrum des Eingangssignals auftretenden Frequenz annehmen, um eine unverfälschte digitale Repräsentation zu garantieren.

Beginnt idealtypisch das SDR hinter dem Antenneneingang, so wäre für den KW-Bereich eine Abtastfrequenz von 60 MHz bzw. für das 2-m-Band von knapp 300 MHz erforderlich. Solche Analog-Digital-Umsetzer gibt es zwar, die Auflösung bezahlbarer Chips ist jedoch häufig zu niedrig. So ergeben 8 Bit Auflösung (256 Stufen) einen bescheidenen Dynamikumfang von 48 dB, was nicht ausreichend ist für die lineare Abbildung realer Funksignale.

In jeder PC-Soundkarte steckt aber schon mindestens ein Analog-Digital-Umsetzer mit einer Auflösung von mindestens 16 Bit (96 dB); die gängige maximale Abtastfrequenz ist jedoch (nur) 48 kHz. So hat sich in vielen SDR-Programmen eine soundkartenverträgliche ZF von 12 kHz eingebürgert. Erst nach deren Digitalisierung wird das Radio zum Software-Radio, das als Quadraturdemodulator arbeitet (siehe Kasten auf der nächsten Seite).

Der PD bietet die bisher einzigartige Möglichkeit einen Blick unter die Motorhaube zu werfen, um dem Software-Quadratur-Demodulator quasi bei der Arbeit zuzusehen. Ein Klick auf den Knopf *Demodulator Structure* öffnet ein interaktives Schaubild, das den Signalverlauf des aktuellen Demodulators grafisch als Blockdiagramm darstellt.

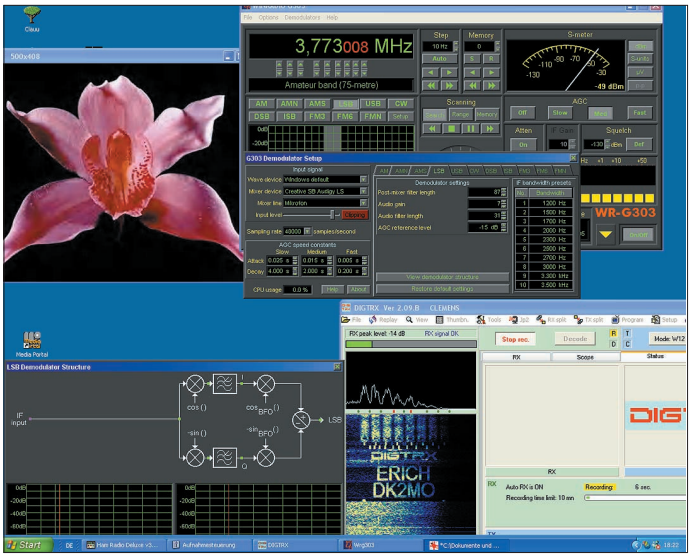


**Bild 9: DigiTRX mit dem G303e**

**Screenshots: Autor**

Darunter findet sich eine komplette Sammlung virtueller Messinstrumente, unter ihnen zwei Echtzeitspektrometer. Genau wie man mit dem Tastkopf eines Oszillografen Messungen an verschiedenen Stellen einer realen Schaltung vornehmen kann, lassen sich die beiden Spektrometer durch einen Links- oder Rechtsklick mit einem beliebigen Punkt des Blockdiagramms „verbinden".

In Echtzeit kann man die Veränderungen des Spektrums (das Signal in seiner frequenzabhängigen Darstellung) nach jedem Verarbeitungsschritt – nach Filterung, Mischung und Demodulation – studieren und das ganz ohne zu schrauben. Ein Vektor-Voltmeter bestimmt die Amplituden- und Phasendifferenz zwischen den beiden gewählten Punkten.

Wie theoretisch erwartet, lässt sich die Phasendifferenz zwischen I- und Q-Komponente zu Werten um 90° bestimmen, vgl. Bild 8. Vervollständigt werden die Experimentiermöglichkeiten durch ein Instrument zur SINAD[1]- und THD[2]-Anzeige. Gemessen werden dabei die entsprechenden Werte des Gesamtsystems Empfänger-PC-Soundkarte. Dies erfordert allerdings die Zuführung eines mit 1 kHz modulierten Trägers.

## ■ Gehört und gemessen

Warum nicht einmal wieder das weltweite und grenzenlose Medium Kurzwellen-Rundfunk als Informationsquelle aus erster Hand nutzen und hören…? Hier überzeugt der Software-Demodulator einfach mit einem guten Klang, auch im Vergleich mit anderen Software-Radios, etwa dem ebenfalls nicht schlechten DReaM AM-Demodulator [4].

Die USB-Version steht dem internen PCI-Empfänger nicht nach. Das gilt für alle Betriebsarten, besonders auch für ISB und DSB mit souveränem, von Trägerschwankungen unabhängigerem, Klang. Hier gilt es aber die Frequenzabweichung des Empfängers zu beachten und zu korrigieren, sonst entstehen lästige brummige Differenztöne.

Mein Exemplar zeigte bei 6 MHz eine Abweichung von 24 Hz und bei 21 MHz Empfangsfrequenz von 135 Hz, entsprechend ist die nominelle Frequenz nach oben zu berichtigen – beim AM-Empfang spielt das freilich keine Rolle.

[1] Signal to Noise and Distortion, Rausch-/Verzerrungsabstand des Signals

[2] Total Harmonic Distortion, Klirrfaktor

## Erläuterungen zum Quadratursignal

Ein komplex modulierter harmonischer Träger beinhaltet seine Information sowohl in der augenblicklichen Amplitude als auch der Phasenlage. Zu seiner umfassenden Beschreibung sind folglich immer zwei Parameter erforderlich. In der Darstellung als Quadratur- oder komplexes Signal spiegelt sich diese Zweidimensionalität wieder und erlaubt ihre simultane Verarbeitung im (De-)Modulationsprozess.
Ein komplexes Signal lässt sich also nicht auf eine einfache (zeitabhängige) Variable abbilden. Diese kann sich nur in einer eindimensionalen Weise entlang des Zahlenstrahls bewegen. Bei Erweiterung auf eine Ebene (komplexe Ebene) ist die notwendige Zweidimensionalität hergestellt. Der Signalverlauf kann jetzt als ein sich in der Ebene bewegender Punkt bzw. als Zeiger interpretiert werden. Ein Wertepaar beschreibt die Koordinaten seiner Position.
Für die Darstellung der Koordinaten gibt es unterschiedliche mathematische Darstellungsweisen, die sich jedoch untereinander umrechnen lassen. Man darf dann die für den jeweiligen Zweck günstigste benutzen. Das ist ein mathematischer Trick, ähnlich wie die komplexe Wechselstromrechnung das Vermeiden von schwierigen Differenzialgleichungen erlaubt. Die beiden Achsen des Koordinatensystems werden beim Quadratursignal mit *I* (In- Phase) und *Q* (Quadratur) bezeichnet. In der komplexen Ebene (zur geometrischen Darstellung komplexer Zahlen) werden sie Real- und Imaginärteil genannt. *I*(t) und *Q*(t) bestimmen also eindeutig die Lage des Zeigers *s*(t) in der Ebene und bilden damit zusammen das komplex modulierte Quadratursignal:

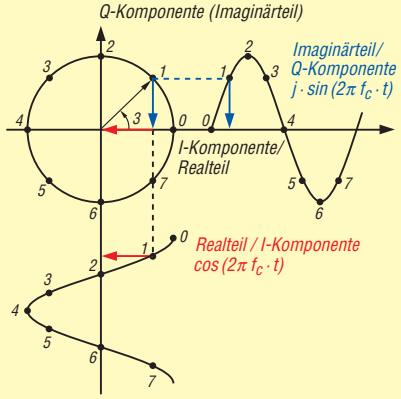


**Bild 10: I- und Q-Komponente des Quadratursignals**

Die vor den Sinusausdruck getretene imaginäre Einheit j braucht nicht zu irritieren. Bei der Multiplikation in der komplexen Ebene entspricht sie einer Drehung gegen den Uhrzeigersinn um 90°. Genau das verdeutlicht auch die Skizze. Das sinusförmige Signal wird senkrecht – in Quadratur – auf das Cosinus-Signal gestellt.
Die Amplitude $A_t$ und Phase $\varphi_t$ des komplex modulierten Signals lassen sich dann wie folgt berechnen [6]:
Nach Pythagoras ergibt sich die momentane Amplitude zu

$$A(t) = \sqrt{I^2(t) + Q^2(t)} \qquad (1)$$

und die Phase zu

$$\varphi(t) = \arctan\left(\frac{Q(t)}{I(t)}\right) \qquad (2)$$

Das lässt sich aus der geometrischen Darstellung direkt erkennen:

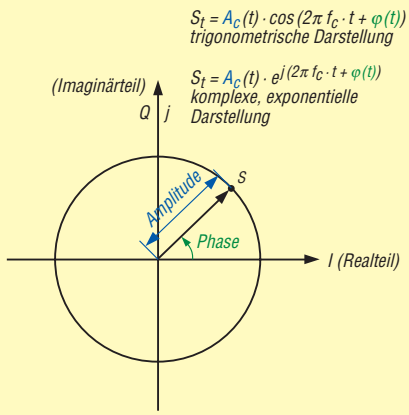


**Bild 11: Amplituden- und Phasenberechnung**

Um den Zauber des Quadratursignals zu nutzen, gilt es demnach, das komplex modulierte Signal in seine *I*- und *Q*-Komponenten zu zerlegen bzw. für den Sendebetrieb zu erzeugen. Das erledigt der Quadraturmischer. Nimmt man weitere Verarbeitungsschritte hinzu, ist auch von Quadratur-Sampling bzw. Quadratur-(De-) Modulation die Rede.
Hierbei wird der komplex modulierte Träger durch Leistungsteilung in zwei Kanäle aufgeteilt. Beide Kanäle werden dann nach dem Prinzip des Direktmischers mit der Trägerfrequenz gemischt, der zweite Kanal jedoch mit einem in der Phasenlage um 90° versetzten Träger.
Das hört sich einfach an, ist aber in Hardware wegen der notwendigen exakten Phasen- und Amplitudenbalance schwer zu realisieren. Digitale Verfahren erlauben jedoch eine präzise Kontrolle der beiden Parameter, so sind Quadratur-Signale das „wichtigste Funktionselement in der digitalen Signalverarbeitung“ geworden [9].

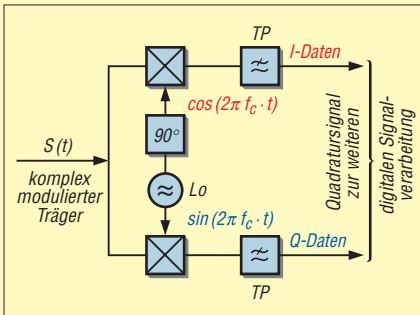


**Bild 12: Blockdiagramm Quadraturmischer**

Nach einem Tiefpass zum Ausfiltern der unerwünschten Mischprodukte stehen die I- und Q-Komponenten einzeln zur weiteren Verarbeitung zur Verfügung. So ist eine „rechnerische“ Demodulation bei AM und FM durch die angegebenen Formeln (1), (2) direkt möglich.
Das funktioniert für zeitkontinuierliche, analoge Signale genauso wie für zeitdiskrete, digitalisierte Samples. Die Quadraturmischung ist, so wie im Winradio G303e realisiert, als reine Softwarelösung mit bereits digitalisierter ZF möglich. Man hat damit aber auf die Möglichkeit verzichtet, mit getrennter Digitalisierung des *I*- und *Q*-Kanals eine Verdopplung der Bandbreite zu erzielen [6].
Der weitere wesentliche Effekt der Quadraturmischung besteht darin, dass das Eingangssignal, dessen Mittenfrequenz die Trägerfrequenz bestimmt, auf 0 Hz „heruntergemischt“ wurde. Dabei vereinfacht das Vorliegen der getrennten *I*- und *Q*-Werte eine Auswahl des gewünschten Seitenbandes oder die Unterdrückung störender Mischprodukte ebenfalls: Betrachtet man den modulierten Träger nicht in der zeitabhängigen Darstellung, wie bei einem Oszillografen, sondern in seiner frequenzabhängigen, spektralen Form, zeigt sich seine Zweidimensionalität in der Anwesenheit von „negativen“ spektralen Frequenzanteilen. Bei der Mischung (Multiplikation) entstehen Summen- und Differenzfrequenzen, wie es die Rechenregeln für trigonometrischen Funktionen fordern.
Darunter finden sich unerwünschte Spiegelfrequenzen, die sich nicht mit einem Tiefpass eliminieren lassen und zu einer Verfälschung der im gewünschten Seitenband enthaltenen Informationen führen. Quadratursignale erlauben die Auflösung dieser Zweideutigkeit und die Entfernung der unerwünschten Spiegelfrequenzen auf analytische Weise, sodass nur das gewünschte Seitenband übrig bleibt [13].
Theoretisch, bei perfekter Amplituden- und Phasenbalance, ist die Seitenbandunterdrückung sogar unendlich groß; vom G303e werden 60 dB erreicht. Die entsprechenden Rechenvorgänge lassen sich am besten in der komplex exponentiellen Schreibweise der Signale nachvollziehen, s.a. Bild 10.
Erschlossen wurde diese Möglichkeit bereits vor 250 Jahren durch den Mathematiker Leonard Euler (1707–1783), der die Beziehung zwischen den trigonometrischen Funktionen, die üblicherweise zur Beschreibung periodischer Signale benutzt werden, und einer Exponentialfunktion (mit komplexen Exponent) herstellte.
Euler war ein großer Experimentator, so fand er die nach ihm benannte Identität, die heute zentrale Bedeutung für die digitale Signalverarbeitung hat:

$$e^{jx} = \cos(x) + j \cdot \sin(x) \qquad (3)$$

Für den Winkel von 180° verkürzt sich diese sogar auf

$$e^{j\pi} + 1 = 0 \qquad (4)$$

was vielen gar als schönste aller Formeln gilt.
Hier schließt sich der Kreis; man sieht, die Beschäftigung mit Quadratursignalen hat viele lohnende Aspekte und eine 250-jährige Tradition.
Was als rein theoretisches Konzept begann, von vielen Fachleuten gar als abwegige mathematische Spielerei abgetan, entpuppte sich so als überaus nützlich für die Beschreibung und Berechnung ganz konkreter physikalischer Vorgänge in der Natur. Die Erkenntnis ging hier der Beobachtung voraus. Schön, dass der moderne Funkamateur daran heute praktisch und theoretisch teilhaben kann.

### Empfängertest an einer Windom-Antenne

Am Teststandort kam eine Windom-Antenne ohne weitere Selektionsmaßnahmen zum Einsatz – für jeden Empfänger eine echte Herausforderung. Das besonders problematische 40-m-Band präsentiert sich damit am Tag aufgeräumt und sauber. In der Dämmerungsphase aber zeigt sich der Empfänger leicht überfordert: Über das gesamte Band bleibt im Hintergrund ein gleichmäßiges Intermodulationspfeifen, der Empfang selbst klingt verwaschen, unscharf. Das zugeschaltete Dämpfungsglied hilft durch seine Entlastung etwas, aber nur begrenzt.

Der Professional Demodulator kitzelt wenige, in diesem Fall hilfreiche Dezibel heraus. Allerdings gibt es bei meinem 2-GHz-PC trotz vorsichtiger Einstellung bisweilen Aussetzer in der Wiedergabe. Offenbar kommt die FPU des Prozessors nicht ganz mit.

Im Vergleich zu einem kommerziellen Empfänger der 50 000-€-Klasse mit Hochstrommischer und mechanischen Filtern in der 2. ZF hält der G303 freilich nicht ganz mit, wenn er auch schon nahe dran ist: Auf 729 kHz MW liegt bei mir in nicht einmal 2 km Entfernung ein Sender des BR mit 200 W Leistung (S9+40 dB). Gerade 18 kHz tiefer kommt mit 5 kW Leistung der SWF-Sender Heilbronn, dafür aus 230 km Entfernung (S7). Ein Radio der 50-€-Klasse schweigt auf 711 kHz, der 250 € teurere Weltempfänger lässt dank seiner Ferritantenne immerhin erahnen, dass da etwas sein könnte. Der kommerzielle Empfänger liefert geschätzte 15 dB Störabstand und damit schon erträglichen Empfang.

Beim G303 liegt der Störabstand je nach Programm in der Nachbarschaft bei nur noch 9...12 dB. Das ist recht gut unter diesen Umständen, aber man muss sehr genau hinhören, um dem Programm folgen zu können und darf sich von den durchschlagenden Rhythmen nicht ablenken lassen.

Die Empfangseigenschaften des G303 sind also alles in allem kein Wunder, aber dennoch sehr solide. Das Preis-Leistungs-Verhältnis ist meiner Meinung nach sehr günstig. **Ulrich Flechtner**

Im oft hektischen bis chaotischen Lärmteppich der Lang-, Mittel- und Kurzwelle sollte ein guter Empfänger möglichst ruhig bleiben und das Durcheinander nicht noch durch selbst erzeugte Intermodulationsprodukte, Pfeifstellen usw. vergrößern. Ob er das schafft, ist einfach zu überprüfen. Nachdem der Antenneneingang mit einer passenden Impedanz „verschlossen" wurde, lässt man das gesamte Empfangsspektrum mittels Scanfunktion absuchen.

Was macht der G303e? Er bleibt gelassen und entspannt – nur ein einziges unerwünschtes Signal bei 10 025 kHz mit einem Pegel von 0,6 µV. Für einen ungestörten Empfang ist das weitaus wichtiger als eine nominell hohe Empfindlichkeit. Über einen weiteren praktischen Test zur Großsignalfestigkeit, den freundlicherweise Herr U. Flechtner durchführte, gibt obiger Kasten Auskunft.

Winternächte sind die ideale Zeit, um sich im Mittelwellenbereich ein wenig umzuhören. In diesem Frequenzbereich kann sich der G303e bei der NDB-Senderjagd bewähren. NDBs sind ungerichtete Funkbaken, die im Bereich von 200 bis 500 kHz der Luftfahrzeug-Navigation dienen.

Die gute Empfindlichkeit bei unaufgeregtem Empfang und die exakt wählbare Filterbandbreite erlauben es, die Funkfeuer aus dem Ton- und Geräuschteppich präzise zu extrahieren und mittels ihrer Morsekennung zu identifizieren und das in einer Zahl, die kaum mit einem anderen Gerät erreichbar ist. Das funktioniert allerdings nur, wenn man die Selektivität der Filter durch Maximierung der Filterlänge verbessern kann. Bild 8 auf S. 343 verdeutlicht, dass der G303e auch zum Empfang aktueller digitaler Betriebsarten, wie RDFT [12] (Bildübertragung) genutzt wird, gut geeignet ist.

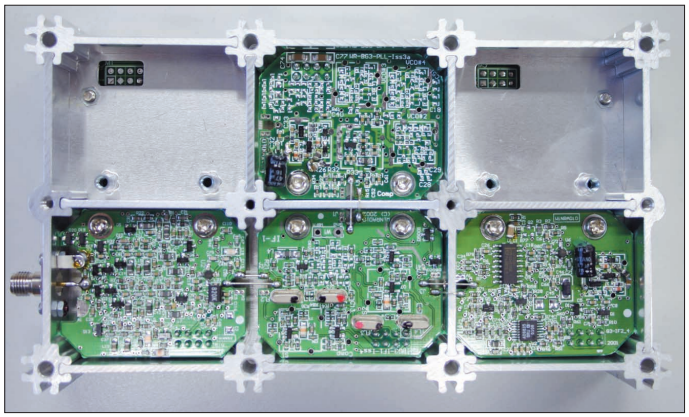

**Bild 13: Ansicht des G-303e von unten; die HF-Baugruppen befinden sich voneinander abgeschirmt in verschiedenen Kammern des Druckgussgehäuses.**

**Foto: DK3RED**

Für die neue Entwicklung im Rundfunk, sprich das digitale Modulationsverfahren DRM, ist man ebenfalls bestens gerüstet. Mit geringem Phasenrauschen konnte hier bereits die PCI-Ausführung überzeugen. Bei fehlendem analogen ZF-Ausgang (s. erste Folge) der USB-Version ist man aber auf das kostenpflichtige Software-Plug-in des DRM-Konsortiums [10] angewiesen. Alternative freie Decoder sind nicht einsetzbar. Apropos freie Software: Im Gegensatz zu anderen Winradio-Baureihen gibt es für die G3-Generation (noch) keine Unterstützung aus dem Linux-Lager [11].

Wunschlos glücklich? Fehlt denn überhaupt nichts? Doch – ich würde gerne die Demodulationsfrequenz des Software-Radios und die oberen und unteren Grenzfrequenzen der Filter verschieben können – als Passband-Tuning – und wie wäre es mit einer klitzekleinen Buchse für die 12-kHz-ZF zusätzlich zu der proprietären *USB-Zwischenfrequenz-Serielle-Schnittstelle-Superbuchse*? Ferner hätte ich mir gewünscht, den Speicherkanälen auch längere als elfstellige Namen vergeben zu können.

## ■ Fazit

Die Markteinführung der dritten Generation von PC-Empfängern mit dem G303i vor zwei Jahren war erfolgreich. Die Ausführung als softwaredefiniertes Radio brachte ein bisher nicht erreichtes Maß an Flexibilität und Einsatzmöglichkeiten, kombiniert mit einer bekannt benutzerfreundlichen Steuersoftware. Wer keine auf PCI-Steckkarten basierende Lösung einsetzen konnte oder wollte, kann jetzt mit der externen USB-Version den Einstieg in diese zukunftsträchtige Empfängertechnologie nachholen.

Man erhält dabei einen Kurzwellen-Empfänger mit sehr guter Empfindlichkeit und Großsignalfestigkeit. Mit dem lässt sich hervorragend einfach mal nur „Radio hören" und auf Senderjagd gehen.

In Kombination mit dem Professional Decoder ergibt sich ein leistungsfähiges System, das für das Funkhobby und für semiprofessionelle Anwender neue Möglichkeiten eröffnet. Ein zusätzlicher Vorteil der USB-Version ist die Unabhängigkeit von der Qualität der vorhandenen Soundkarte, da die Digitalisierung bereits im Radio erfolgt. Auf den Einsatz unabhängiger Software muss man dann aber verzichten können.

Verglichen mit Empfängern ähnlicher Güte ist die von SSB-Electronic (*www.ssb-amateur.de*) selbst als „low cost" gegebene Preiseinstufung nachzuvollziehen (UVP ab 895 €). Um allerdings alle Möglichkeiten uneingeschränkt nutzen zu können, ist ein leistungsfähiges Computersystem der Gigahertz-Klasse Voraussetzung. Steht das zur Verfügung, ist man startbereit für den Sprung in die neue Generation des Radioempfangs.

**Literatur**


[1]…[8] siehe vorige Ausgabe

[9] Buhe, G., DL9GF: Grundlagen der Quadratursignalverarbeitung. *www.darc.de/distrikte/z/vus/Vortrag/Vortrag_2_Web/Darmstadt2003_03.pdf*

[10] DRM-Konsortium: *www.drmrx.org*

[11] WiNRADiO Communications: LinRADIO – PC Radio for Linux: *www.linradio.com*

[12] Zurmely, R., PY4ZBZ: DigiTRX. *http://planeta.terra.com.br/lazer/py4zbz/hdsstv/teste1.html#digtrx*

[13] Lyons, R.: Quadrature Signals: Complex, But Not Complicated. *www.dspguru.com/info/tutor/quadsig2.htm*