

## Vector Network Analyzer im Praxistest

## Der MetroVNA

Uwe Hermanns, DL4AC

Netzwerkanalysatoren wurden in den vergangenen Jahren für Funkamateure erschwinglich. Der MetroVNA ist einer der neusten Vertreter. Hält dieses Gerät, was es verspricht?

## Zur Person



**Uwe Hermanns, DL4AC**  
Jahrgang 1959, Amateurfunkgenehmigung seit 1978  
Dipl.-Ing. Elektrotechnik  
Besondere Interessen: CW, Contest, Outdoor funken,

Antennenbau und Simulation  
Weitere Hobbys: Reisen mit dem Wohnmobil, Wandern, Mountain-Biking, Lesen

Anschrift:  
Heinrich-von-Stephan-Str. 100  
38259 Salzgitter  
dl4ac@dar.de

**A**ntonio, IZ7LDG, hat dieses Gerät mit dem Anspruch entwickelt, das Beste aus allen auf dem Markt erhältlichen Netzwerkanalysatoren zu vereinen. Ziel sollte ein kleines, leichtes und günstiges Handgerät zur Messung von Antennen, HF-Leitungen, LC-Filtern, Quarzen usw. sein, leicht zu bedienen und hinreichend genau. Herausgekommen ist der MetroVNA mit technischen Daten lt. **Kasten**.

## Das kann er

Anders als die bekannten robusten und kleinen Handheld-Antennenanalysatoren, z.B. Youkits FG-01 oder KVE-60C, die nur Zweipole messen können, kann der MetroVNA Vierpole messen und besitzt ein Touch-Display, welches die Bedienung vereinfacht und eine größere Funktionsvielfalt zulässt.

Der HF-Teil des MetroVNA ähnelt dem bekannten MiniVNA, hat aber einen ca. 10 dB größeren Dynamikumfang.

Der MetroVNA sendet ein HF-Signal von ca. -6 dBm aus der DUT-Buchse (Device Under Test) und misst dabei den komplexen Reflexionsfaktor. Aus diesem werden dann weitere Größen berechnet: SWR, RL (Return Loss = Rückflussdämpfung),  $|S_{11}|$  (Betrag des Phasenwinkels), R (Wirkwiderstand),

X (Reaktanz) und Z (Scheinwiderstand). Außerdem misst der DET-Eingang (Detector) den anliegenden Pegel, sodass TL (Transmission Loss = Durchgangsdämpfung) ebenfalls dargestellt werden kann. Der Frequenzbereich beträgt 1...180 MHz.

## Konstruktion &amp; Bedienung

Das Gerät sieht wirklich schick aus. Der Touchscreen funktioniert resistiv und lässt sich gut bedienen. Manchmal muss man etwas länger drücken, weil das Gerät gerade mit „Messen“ beschäftigt ist. Die Taster sind stabile Mikroschalter auf der Platine, deren Betätigung etwas mehr Kraft in Anspruch nimmt, da sie unter der Beschriftungsfolie liegen.

Die Platine macht einen sehr guten Eindruck, das Display ist allerdings einfach mit Heißkleber fixiert.

Das Gerät ist aber wirklich klein und leicht, und ich war gespannt, zu testen, wie es sich in der Praxis verhält.

Durch Betätigung des Schiebeschalters oben beginnen Boot-Vorgang und Kalibrierung. Das Gerät wird also bei jedem Einschaltvorgang auf die Ebene der DUT-Buchse kalibriert, sofern diese unbeschaltet ist. Danach erscheint ein schön gestaltetes und übersichtliches Menü. Ein rascher Funktionstest ist über DIAGN (Diagnose) möglich. Ist der DUT-Eingang offen, so müssen die grünen „LEDs“ für OPEN, VPWR, VREF, VMAG, NOISE und VPHS leuchten.

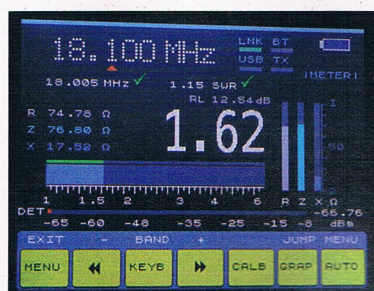


Bild 1: Das Menü METER mit einer beispielhaften Darstellung



Mit 50-Ω-Abschluss muss „50ohm“ leuchten und bei Kurzschluss SHORT. Außerdem werden in diesem Menü zahlreiche „Rohwerte“ sowie berechnete Größen angezeigt. Darunter ist die Spannung des Lilon-Akkus sicherlich eine wichtige Information. Hier handelt es sich um einen Typ von Samsung in der Bauform 18650 mit 2,6 Ah und integrierter Schutzschaltung. Eine Akkuladung reicht für einen „Antennenbasteltag“ und sicherlich auch für ein Wochenende. Über die USB-Schnittstelle erfolgt das Laden, aber nur bei ausgeschaltetem Gerät.

## Interessante Funktionen

Das Vorstellen aller zehn Menüs würde den Rahmen dieses Artikels sprengen, daher möchte ich nur ein paar interessante Funktionen vorstellen. Das Menü METER führt z.B. zu der in Bild 1 gezeigten Darstellung. Auf einen Blick wird über das SWV in großen Ziffern und als Balkendiagramm informiert. In kleineren Ziffern und teils grafisch werden R, Z, X und RL angezeigt. Darüber hinaus wird ständig das beste SWV in dem Band ermittelt und ebenfalls angezeigt. Die Messung wiederholt sich ständig, und die Messzeit ist so kurz, dass

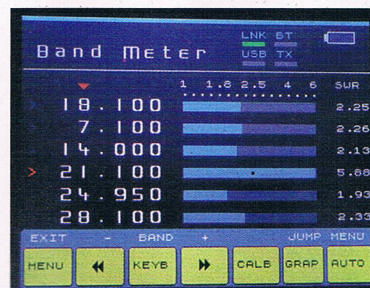


Bild 2: Das Menü MULTI zeigt das SWR für als Zahl und als Bargraph

sich beispielsweise eine Antenne direkt abstimmen lässt und alle relevanten Werte zeitnah erscheinen.

Zusätzlich misst das Gerät kontinuierlich die am DET-Eingang liegende HF-Spannung. Dies ist sehr nützlich, um z.B. vor der Messung die Antenne kurz an DET anzuschließen und die über die Antenne empfangene Störspannung zu prüfen. Liegt sie deutlich über -25 dBm, so wird die Messung verfälscht, und mit steigendem Pegel wächst der Messfehler. An dieser Stelle möchte ich auf den Maximalpegel von 5 dBm hinweisen! Ein naheliegender Sender kann schon bei nur 100 W Sendeleistung mehr als 5 W an die Messantenne liefern! Dann ist der MetroVNA wahrscheinlich reparaturbedürftig, also beim Multistation-Betrieb gut aufpassen!

Das Menü MULTI (Bild 2) zeigt das SWR für sechs frei einstellbare Frequenzen als Zahl und als Bargraph. Das ist eine prima Funktion, um eine Mehrbandantenne abzustimmen. Hier erkennt man, dass der Entwickler aus der Praxis kommt.

Ein von mir häufig genutztes Menü ist GRAPH (Bild 3). Nach Eingabe der Mittelfrequenz und der Messbandbreite (SPAN) können alle relevanten Größen als Messkurve über die Frequenz dargestellt werden. Das Berühren des [MRK]-Bereichs lässt einen frei platzierbaren Marker erscheinen. So lassen sich Messwerte numerisch anzeigen. In diesem Menü hat die Firmware leider noch einen kleinen Bug: Die Y-Skalierung wird

Tabelle

| Dämpfung | RL soll [dB] | RL ist [dB] | SWR soll  | SWR ist | Fehler [%] |
|----------|--------------|-------------|-----------|---------|------------|
| 0        | 0,00         | 0           | unendlich | 99,99   | -          |
| 1        | 2,00         | 1,93        | 8,72      | 9,06    | 3,71       |
| 2        | 4,00         | 3,92        | 4,42      | 4,51    | 2,01       |
| 3        | 6,00         | 5,85        | 3,01      | 3,08    | 2,29       |
| 4        | 8,00         | 7,91        | 2,32      | 2,35    | 1,16       |
| 5        | 10,00        | 9,84        | 1,92      | 1,95    | 1,28       |
| 6        | 12,00        | 11,9        | 1,67      | 1,68    | 0,54       |
| 7        | 14,00        | 13,77       | 1,50      | 1,52    | 1,41       |
| 8        | 16,00        | 15,83       | 1,38      | 1,39    | 0,96       |
| 9        | 18,00        | 17,82       | 1,29      | 1,30    | 0,92       |
| 10       | 20,00        | 19,81       | 1,22      | 1,23    | 0,63       |
| 12       | 24,00        | 22,74       | 1,13      | 1,16    | 2,18       |
| 15       | 30,00        | 27,32       | 1,07      | 1,09    | 2,27       |

Tabelle 1: Abweichungen bei RL- und SWV-Messungen, Frequenz 2 MHz, Dämpfungsglied Trilithic 0-50 dB

nicht mit den zur Darstellung gewählten Größen ein- und ausgeblendet. So sind RL und SWV gekoppelt. Antonio wird das aber ändern.

TLGRAPH stellt Dämpfung und Phasenwinkel über der Frequenz als Graph dar (Bild 4). Leider funktioniert der Marker hier (noch) nicht. Antonio weiß aber schon Bescheid und wird das ebenfalls in einer der nächsten Firmwareversionen korrigieren.

RFGEN ist der HF-Generator (Bild 5). Nach einmaliger Frequenzkalibrierung über das CALFREQ-Menü wird ein HF-Signal mit -6 dBm an der DUT-Buchse bereitgestellt. Dieses Signal lässt sich sehr gut für vielfältige einfache Tests nutzen. Z.B. in Verbindung mit einem 60-dB-Dämpfungsglied sollte bei Verbindung mit einem KW-Empfänger dessen

Tabelle

| R soll [Ω] | R ist [Ω] | Fehler [%] |
|------------|-----------|------------|
| 2,83       | 1,70      | -66,47     |
| 4,50       | 3,50      | -28,57     |
| 6,32       | 5,40      | -17,04     |
| 10,89      | 10        | -8,90      |
| 21,84      | 21,3      | -2,54      |
| 51,08      | 50,90     | -0,35      |
| 116,0      | 115,0     | -0,87      |
| 217,3      | 215,2     | -0,98      |
| 331,0      | 324,0     | -2,16      |
| 550,0      | 524,0     | -4,96      |
| 1199       | 1174      | -2,13      |
| 2111       | 1926      | -9,61      |
| 2153       | 1926      | -11,79     |
| 2527       | 1926      | -31,20     |
| 3137       | 2108      | -48,81     |

Tabelle 2: Die Genauigkeit bei ohmschen Widerständen

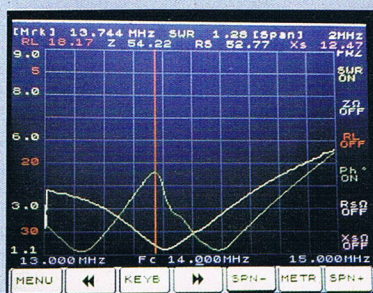


Bild 3: Das nützliche Menü GRAPH



Bild 4: TLGRAPH stellt Dämpfung und Phasenwinkel über der Frequenz grafisch dar



Bild 5: RFGEN ist der HF-Generator



Bild 6: Das dB METER ist ein breitbandiger Feldstärkemesser

S-Meter ca. 7 dB über S9 anzeigen. Das dB METER (Bild 6) ist ein breitbandiger logarithmischer Feldstärkemesser für -70 bis +5 dBm. Mehr sollte es nicht sein, damit das Gerät keinen Schaden nimmt.

Diese Funktion hilft z.B. beim Aufspüren von Störquellen, beim Messen kleiner und in Verbindung mit Dämpfungsgliedern auch größerer Leistungen. Außerdem lässt sich prüfen, ob die Antenne auch wirklich gut abstrahlt und nicht vielleicht auf eine Eigenresonanzstelle im eigenen Koppler abgestimmt wurde. Mit einer kleinen Koppelschleife wird das Gerät zur Current Probe. Viele weitere Einsatzmöglichkeiten für die dB-Meter-Funktion sind denkbar.

## Wie genau?

Interessant ist natürlich die Genauigkeit dieses kleinen Gerätes. Da ich es eher als Hilfsmittel für Antennenbau und

RL: Return Loss  
(Rückflussdämpfung)  
TL: Transmission Loss  
(Durchgangsdämpfung)  
|φ|: Betrag des Phasenwinkels zwischen hin- und rücklaufender Welle  
 $SWR = (10^{(RL/20)} + 1) / (10^{(RL/20)} - 1)$   
Z = Wurzel aus  $(R^2 + X^2)$

Tabelle

| TL soll [dB] | TL ist [dB] |
|--------------|-------------|
| 0            | 0,00        |
| 1            | 0,00        |
| 2            | -0,22       |
| 3            | -1,19       |
| 4            | -2,23       |
| 5            | -3,19       |
| 6            | -4,16       |
| 7            | -5,13       |
| 8            | -6,24       |
| 9            | -7,28       |
| 10           | -8,25       |
| 12           | -10,40      |
| 15           | -13,74      |
| 20           | -18,72      |
| 25           | -24,00      |
| 30           | -29,57      |
| 35           | -34,69      |
| 40           | -40,04      |
| 45           | -45,39      |
| 50           | -50,67      |

Tabelle 3: Abweichungen bei der TL-Messung

abgleich sehe, möchte ich insbesondere die dazu erforderlichen Größen untersuchen. Das sind SWR, R, X, Z,  $|\phi|$  und TL. Beginnen wir mit dem Stehwellenverhältnis, welches der MetroVNA aus RL errechnet. In der Industrie wird meist RL genutzt, im Amateurbereich meist das SWR. Zur Ermittlung der Genauigkeit benutzte ich ein sehr genaues einstellbares Dämpfungsglied. Es lässt sich in 1-dB-Stufen von 0 bis 50 dB einstellen und ist bis in den Gigahertzbereich geeignet. Wenn ich z.B. 3 dB einstelle und es offen an den DUT-Anschluss lege, so provoziert es eine Rückflussdämpfung von  $2 \times 3 \text{ dB} = 6 \text{ dB}$ . Und die sollten wir auch als RL angezeigt bekommen. Rech-

nen wir nach der angegebenen Formel die Rückflussdämpfung von 6 dB in das SWR um, so erhalten wir 3,01. Auch das sollte unser MetroVNA anzeigen, und das tut er tatsächlich mit einer für die Praxis völlig ausreichenden Genauigkeit von ca. 2 % (Tabelle 1).

Für den Antennenbau wichtige Größen sind R und X in der Fußpunktimpedanz. R sollte möglichst  $50 \Omega$  und X null betragen (Leistungsanpassung). R überwiegt auch bei einer nur halbwegs richtig gebauten Antenne immer X, sodass Tabelle 2 mit ihren Messgrößen und deren Abweichungen vom wahren Wert im Wesentlichen zeigt, wie praxistauglich das Gerät ist. Wir erkennen, dass die Genauigkeit im Bereich von 20 bis etwa  $1500 \Omega$  sehr gut ist. Das entspricht voll den praktischen Belangen, denn unter  $20 \Omega$  wird eine Fußpunktimpedanz kaum auftreten, während fast oder völlig endgespeiste Antennen gut und gerne  $1,5 \text{ k}\Omega$  erreichen können. Reine Kapazitäten und Induktivitäten misst man besser mit einem geeigneten Multimeter.

Zur Messung von Vierpolen, wie Filtern, Verstärkern, Antennentunern, Dämpfungsgliedern und Kabeln dient die TLGRAPH-Funktion. Das HF-Signal am DUT-Ausgang wird in das Messobjekt eingespeist, dessen Ausgang am DET-Eingang liegt. So kann der MetroVNA Dämpfung und Phase messen und über dem gewünschten Frequenzbereich den Verlauf darstellen. Wie genau er Ersteres macht, zeigt Tabelle 3. Bei 2 bis 12 dB werden also stets rund 1,8 dB zu wenig angezeigt. Das ist ein ernsthafter Mangel, denn damit eignet sich das Gerät z.B. zur Ermittlung von Filterdurchgangs- und Kabeldämpfungen

## Technische Daten MetroVna Pro Touch

|                         |                                      |
|-------------------------|--------------------------------------|
| Frequenzbereich:        | 1...180 MHz                          |
| Messgrößen:             | RL, SWR, $ \phi $ , R, $ X $ , Z, TL |
| DUT-Ausgangssignal:     | -6 dBm in $50 \Omega$                |
| DET-Eingang:            | -70 bis +5 dBm                       |
| Genauigkeit:            | $\pm 2 \text{ dB}$                   |
| Gehäuseabmessungen:     | 125 mm x 95 mm x 20 mm               |
| Masse:                  | 200 g                                |
| Display:                | TFT 3,1", 16 K Colour Touchscreen    |
| Stromversorgung:        | LiIon-Akku 3,3 V/2,6 Ah              |
| Anschlussmöglichkeiten: | USB, Bluetooth                       |
| Firmware:               | updatebar                            |

gen nur, wenn man den Fehler kennt und herausrechnet. Alternativ könnte man einfach ein 30-dB-Dämpfungsglied einfügen, sodass man in wesentlich genauere Messgefülle kommt. Leider verringert dies die Messdynamik um 30 dB. Etwa bei der Prüfung eines HF-Schalters wäre das aber gar kein Problem: Wir würden die On-Dämpfung mit eingeschleifter 30-dB-Dämpfung messen, die Übersprechdämpfung aber ohne.

Zum Thema „Genauigkeit“ gehört natürlich auch die zur Verfügung stehende Dynamik, da diese die absoluten Grenzen für unsere Messungen darstellt. Bild 7 zeigt sie für die Rückfluss- und Bild 8 für die Durchgangsdämpfung. Wir erkennen, dass im KW-Bereich Rückflussdämpfungen bis ca. 34 dB gemessen werden können, was einem SWR von 1,04 entspricht. Bei 125 MHz sind es noch 30 dB entsprechend einem SWR von 1,07. Der Dynamikumfang bei der Durchgangsmessung beträgt bis 150 MHz ca. 70 dB (-65 bis +5 dB). Das sind absolut praxistaugliche Werte. Dasselbe gilt für den Frequenzgang, der ebenfalls aus den beiden Bildern ersichtlich ist. Bis ca. 100 MHz ist die „Flatness“ vernachlässigbar gering.

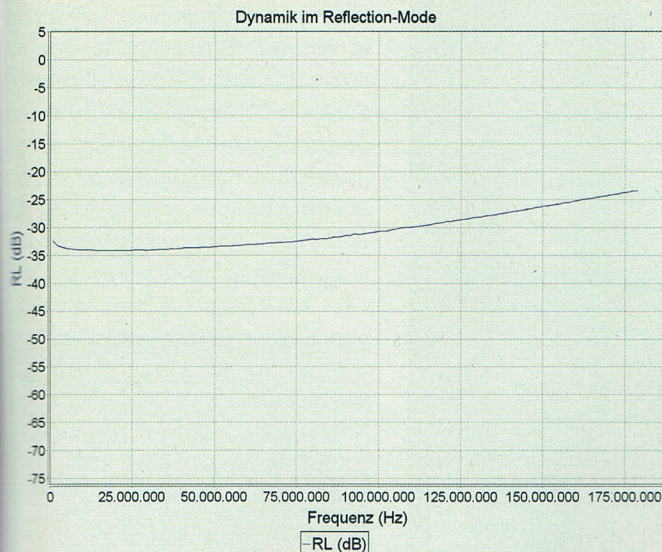


Bild 7: Dynamik für die Rückflussdämpfung

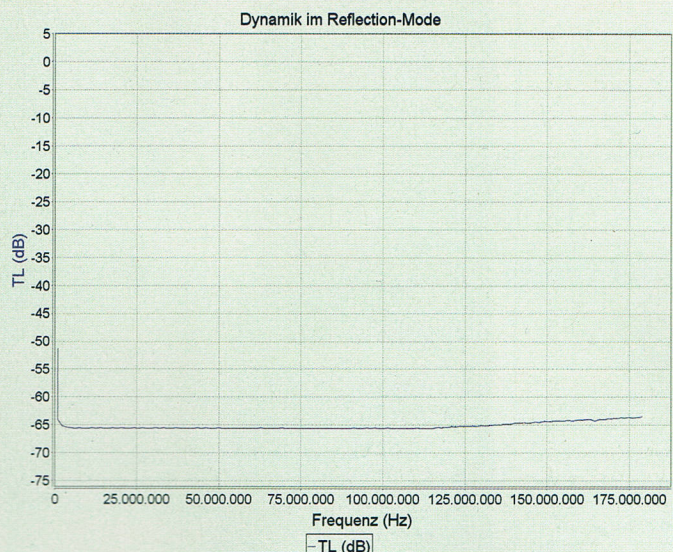


Bild 8: Dynamik für die Durchgangsdämpfung

## Kommunikationsfreudig

Der MetroVNA kann über den USB-Anschluss und über Bluetooth Kontakt zur Außenwelt aufnehmen. Ich habe zwei wirklich tolle Programme getestet:

- VNA/J von Dietmar, DL2SBA
- MetroVNA von Dan, YO3GGX

Die plattformunabhängige Java-Software VNA/J kommuniziert über USB und die Android App MetroVNA über Bluetooth oder USB. Beide Verbindungen liefen sofort und ohne Probleme. Bei den ersten Tests zeigte sich jedoch, dass die Software doch nicht ganz so kompatibel zu dem relativ neuen MetroVNA war. Der Kontakt zu den beiden Autoren und zu Antonio, dem MetroVNA-Entwickler, führte rasch zur vollständigen und korrekten Unterstützung des MetroVNA. Wichtig ist nur, die neusten Versionen zu nutzen. So unterstützt VNA/J ab Version 3.1.8 und die App MetroVNA ab Version 0.9.5-10 den MetroVNA.

Die Software kann hier leider nicht im Einzelnen vorgestellt werden. Die Möglichkeit, in Verbindung mit VNA/J die Messgenauigkeit signifikant zu verbessern, wurde bereits erläutert. Aber ein Blick in die Android App ist ebenfalls äußerst empfehlenswert. Das Manual zeigt zahlreiche wirklich tolle Funktionen, und die drahtlose Verbindung ermöglicht z.B. das direkte Messen von Antennenfußpunkt-Widerständen ohne

$\lambda/2$ -Zuleitung für jedes Band oder kapazitätsarme Messungen an symmetrischen Strukturen ohne Symmetrierung bzw. Mantelwellensperre.

Beide Programme bieten auch ein Smithchart an. Da der MetroVNA lediglich den Betrag der Phase misst, wird dabei nur die obere Hälfte gefüllt. Trotzdem kann so die Güte der Kalibrierung rasch abgeschätzt werden.

Der erste Test funktioniert wie folgt. Bei offenem DUT-Eingang muss ein möglichst kleiner Punkt auf der mittleren Achse ganz rechts erscheinen, bei 50- $\Omega$ -Abschluss genau in der Mitte und bei Kurzschluss ganz links.

Ein etwas aussagekräftigerer Test funktioniert so: Man schließt ein möglichst dämpfungsarmes 50- $\Omega$ -Kabel an die DUT-Buchse an und führt eine Reflexionsmessung über den gewünschten Frequenzbereich durch. Schaut man sich nun das Smithchart an, so müsste eine Spirale zu sehen sein. Wichtig ist, dass diese den äußeren Smithchart-Kreis nie verlässt. Dies ist in **Bild 9** der Fall, und so ist die Kalibrierung wahrscheinlich in Ordnung. Die Steigung der Spiralkurve hängt übrigens von der Kabeldämpfung ab. Schaut man sich die RL-Kurve an, so muss die Welligkeit möglichst klein sein. Auf dem MetroVNA wird natürlich nur die obere Hälfte des Smithcharts gefüllt, in welche die untere Hälfte der Kurve gespiegelt wird.

## Zur Firmware

Auch an der MetroVNA-Firmware hat sich etwas getan: So sind die nicht mehr benötigten Soundsymbole verschwunden, die Einheit für RL wurde korrigiert, und es kamen zahlreiche kleine Funktionen hinzu, zusammen mit kleinen Optimierungen. Auch das DIAGN-Menü wurde überarbeitet. Jetzt funktionieren die grünen LED-Symbole, und die Akkuspannung wird korrekt angezeigt.

Antonio entwickelt die Firmware kontinuierlich weiter und wird noch zahlreiche Verbesserungen und neue Funktionen implementieren.

Der Updateprozess gestaltet sich sehr einfach: Mit Hilfe eines kleinen Schraubendrehers wird der Schalter hinter dem rückseitigen Gitter nach links gestellt und nach Anschluss an den Rechner das ausführbare Update-Programm gestartet. In einem kleinen Fenster wird dann nach der Schnittstelle gefragt. Hier muss man COM und die Nummer eingeben (z.B. COM7). Nach Betätigung von „Enter“ läuft das Update automatisch. Nach erfolgreichem Update bittet die Software um Eingabe von „Enter“, und das Fenster wird geschlossen. Der Schalter wird wieder in Richtung Gehäusemitte gestellt. Nach dem Einschalten kann man über DIAGN oder INFO die Firmware-Version abfragen und so sicherstellen, dass alles funktioniert hat.

## Fazit

Antonio hat ein wirklich praxistaugliches Gerät entwickelt, welches zudem noch mit einem fairen Preis überzeugt. Durch den eingebauten Akku in Verbindung mit dem Touchscreen ist es geradezu prädestiniert, den Antennenbau auch an Fielddays oder bei Contesten zu unterstützen. Beim Antennenabgleich und beim Prüfen von Amateurfunk-Equipment leistet es gute Dienste.

CQ DL

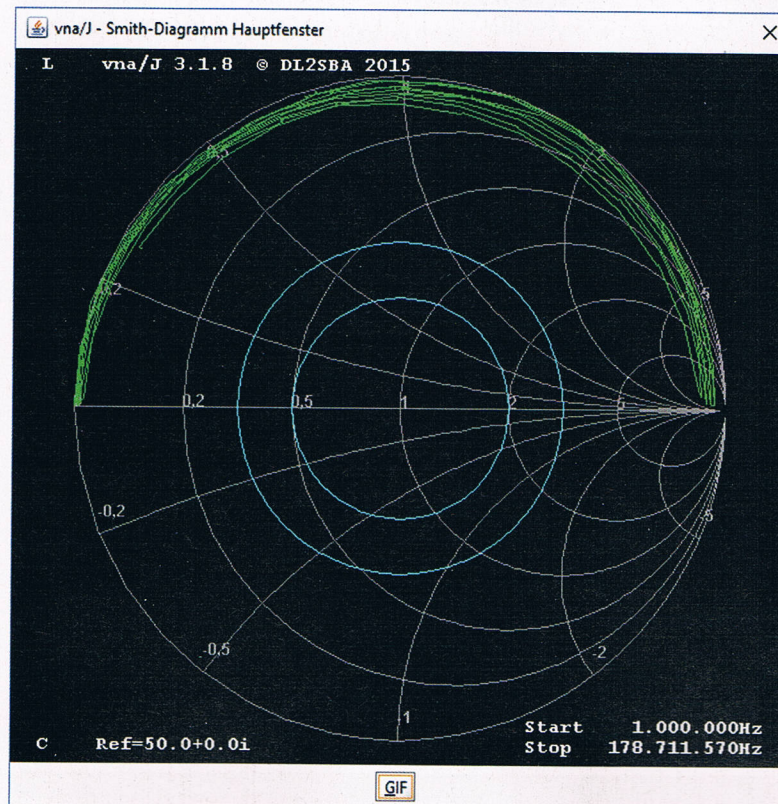


Bild 9:  
Smithchart  
bis 180 MHz

## Literatur und Bezugsquellen

- [1] [www.metrovna.com](http://www.metrovna.com)
- [2] [www.wimo.de](http://www.wimo.de)
- [3] [www.vnaj.dl2sba.com](http://www.vnaj.dl2sba.com)
- [4] [www.yo3ggx.ro/bluevna/doc095/index.html](http://www.yo3ggx.ro/bluevna/doc095/index.html)
- [5] [www.groups.yahoo.com/neo/groups/analizer\\_iw3hev/conversations/messages](http://www.groups.yahoo.com/neo/groups/analizer_iw3hev/conversations/messages)