

miniVNA auf dem Labortisch

KURT FISCHER – DL5MEA

In letzter Zeit sind etliche für Funkamateure erschwingliche Netzwerkanalysatoren auf den Markt gekommen. Mit dem miniVNA gibt es jetzt ein preiswertes Fertigergerät, das in Verbindung mit einem Laptop oder PC Messungen der Anpassung sowie der Durchgangsverstärkung im Bereich von 1 MHz bis 180 MHz ermöglicht.

Im Folgenden soll der aus Italien stammende miniVNA in seinen Funktionen vorgestellt und seine Leistungsfähigkeit untersucht werden. Wie man prinzipiell mit einem Netzwerkanalysator messen kann, habe ich bereits in [1] beschrieben. Darauf möchte ich deshalb hier nicht weiter eingehen.

■ Handhabung und Installation

Der miniVNA ist wirklich sehr klein. Seine Abmessungen entsprechen etwa denen einer Zigarettenschachtel. Leider ist diese Schachtel aus Kunststoff – Beeinträchtigungen durch starke Felder sind somit nicht auszuschließen. Die HF-Anschlüsse finden wir amateurfreundlich in BNC-Norm vor. Die Stromversorgung erfolgt im Normalfall aus dem USB-Port des verwendeten Rechners. Ist dies nicht möglich, kann nach Umstecken von Jumpfern eine externe Batterie zur Versorgung dienen.

Unter [2] sind sowohl die nur acht Seiten umfassende Bedienungsanleitung, Schaltbilder, Software etc. zu finden. Die benötigte Software befindet sich auch auf der beiliegenden CD. Bei der Installation muss erst der USB-Treiber und dann die Bediensoftware installiert werden. Danach ist es erforderlich, den richtigen Port-Namen

in die *analyz.ini* einzutragen. Mit der beigefügten deutschsprachigen Installationsbeschreibung ist das Ganze problemlos zu bewältigen.

Nach dem Start der Bediensoftware erscheint die in Bild 2 gezeigte Oberfläche. Mit den Buttons *Antenna*, *Cable Loss* (Leitungsverluste), *Cable Length* (Leitungslänge) und *Transmission* (Durchgangsverstärkung) werden die verschiedenen Messaufgaben ausgewählt.



Bild 1: miniVNA in „voller“ Größe

Der Frequenzbereich, über den gemessen wird, lässt sich direkt durch Eingabe einer Start- und Stoppfrequenz einstellen. Für die Amateurbänder sind die Frequenzen hinterlegt, sodass man durch Setzen des Häkchens *Bands* nur noch den gewünschten

Bereich anzuklicken braucht. Zum Messen von Anpassungen (an Antennen, Filtern, Sendeendstufen, Vorverstärkern usw.) dient die Registerkarte *Antenna*.

In Bild 2 kann man die Darstellung der Messwerte eines Dreiband-Beams erkennen. In Rot ist das Stehwellenverhältnis (SWV, engl. *SWR*), in Blau die Reflexionsdämpfung (*R.L.*, *Return Loss*, in Dezibel) und in Lila der Betrag der Impedanz dargestellt.

Es lassen sich zwei Marker aktivieren, die mit der linken bzw. rechten Maustaste zu bewegen sind. Um die gewünschte Frequenz auf Anhieb zu treffen, ist etwas Geschick nötig – Bewegung mittels Cursor-tasten oder numerische Eingabe wäre wünschenswert. Die zu den Markern gehörenden Messwerte erscheinen in den Feldern unter der grafischen Darstellung. Durch Setzen von Häkchen in den zugehörigen Feldern am rechten unteren Bildrand lassen sich die auszugebenden Werte einstellen.

Bei Anpassungsmessungen gibt die Software das SWV, den Betrag der Impedanz, die Reflexionsdämpfung, die Phase sowie die Beträge von Real- und Blindanteil der Impedanz aus. Das Vorzeichen der Phase fehlt allerdings. Man kann es sich jedoch aus dem Verlauf von X_s (Blindwiderstand) unter Nutzung beider Marker rekonstruieren: Marker 1 wird auf die Frequenz gestellt, deren Vorzeichen zu ermitteln ist, Marker 2 wird darüber oder darunter platziert. Dabei darf zwischen den Markern keine Umkehr der Phase erfolgen. Wächst X_s mit zunehmender Frequenz, ist das Vorzeichen positiv, im umgekehrten Fall negativ.

Die Messaufgabe *Cable Length* erlaubt es, die Länge eines Koaxialkabels zu bestimm-

men. Der Verkürzungsfaktor für das Kabel muss jedoch bekannt sein. Der eingestellte Verkürzungsfaktor ist zwar auf dem Bildschirm abzulesen, kann aber nur in der *analyz.ini* editiert werden. Das Kabel kommt an den Port *DUT* (*Device under Test* – Messobjekt), das andere Ende muss

durchgehenden Signals dar. Zum Abgleich solcher Baugruppen wäre es sehr hilfreich, gleichzeitig auch die Anpassung an den Filtereingang darstellen zu können. Das ist in der Betriebsart *Transmission* leider nicht möglich, dazu muss man in die Betriebsart *Antenna* wechseln.

sen. Leider haben diese bekanntlich nicht nur resistive, sondern auch kapazitive oder induktive Anteile. Darum wurden die Widerstände zum Vergleich auch mit einem professionellen Netzwerkanalysator *ZVRE* von Rohde & Schwarz untersucht. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 zu sehen. Das fehlende Vorzeichen des Blindwertes blieb bei der Berechnung des Fehlers unberücksichtigt. Bei höheren Impedanzen ist die Messgenauigkeit nicht ausreichend. An diesem Problem kranken aber wohl die meisten NWA mit einem Preis im dreistelligen Euro-

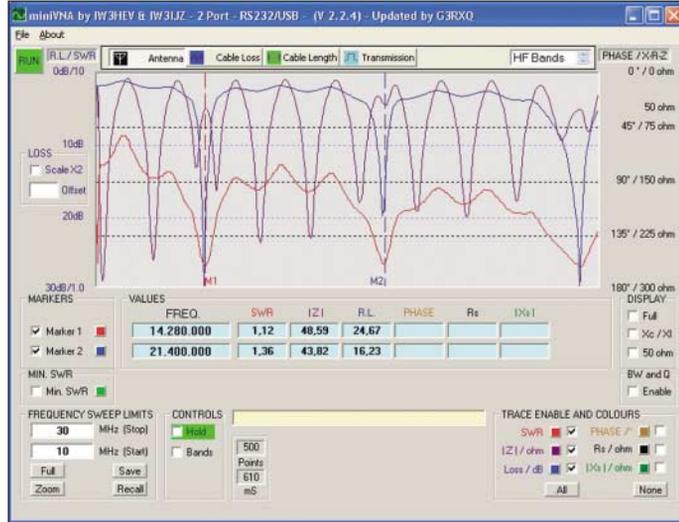


Bild 2: Messung an einem KW-Mehrband-Beam

kurzgeschlossen oder offen sein. Es ergibt sich eine ähnliche Darstellung wie in Bild 3. Wenn man die Marker auf zwei nebeneinander liegende Spitzen oder Täler legt, ist die Kabellänge ablesbar. Ich empfehle, gut ausgeprägte Minima oder Maxima auszuwählen. Stimmt der eingestellte Verkürzungsfaktor und gelingt es, die Marker sauber zu platzieren, erreicht man gute Genauigkeit.

Nach Anklicken der Registerkarte *Transmission* kann das Übertragungsverhalten eines passiven Prüflings (Filter, Kabel, Übertrager usw.) untersucht werden. Dazu wird er zwischen den Ports *DUT* und *Det* (*Detektor*) angeschlossen. In Bild 4 ist das Ergebnis für einen Tiefpass zu sehen. Die blaue Kurve stellt die Dämpfung des

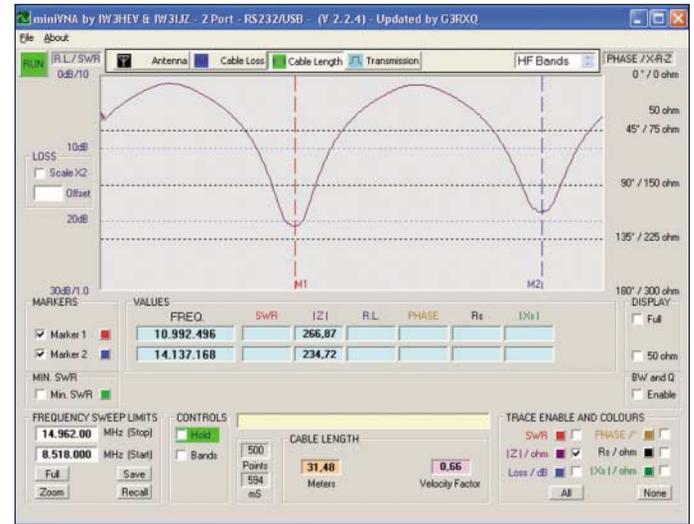


Bild 3: Messung der Kabellänge

Die Messart *Cable Loss* stellt offenbar nur eine nette Zugabe der Programmierer dar, denn die dort angezeigte Reflexionsdämpfung ist genauso gut in der Messart *Antenna* abzulesen. Wer die Kabeldämpfung messen will, kann dies ebenso in der Messart *Transmission* erledigen.

■ **Messergebnisse**

Um die Genauigkeit der Messungen zu überprüfen, habe ich zunächst Widerstände von 11 Ω, 50 Ω, 100 Ω und 680 Ω vermes-

Bereich. Will man z. B. eine Drahtschleifenantenne untersuchen, die eine (durchaus realistische) Impedanz von 600 Ω aufweist, um mit den Messwerten eine Anpassschaltung für 50 Ω zu berechnen, wird man wohl „Schiffbruch“ erleiden. Das fehlende Vorzeichen erschwert diese Aufgabe noch zusätzlich.

Zur Feststellung der Fehler bei der Phasemessung und Reflexionsdämpfung habe ich 305 cm RG58 mit einem Fehlabschluss von 100 Ω vermessen (Messung wie in [3] beschrieben). Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 mit der Messung am *ZVRE* verglichen. Das fehlende Vorzeichen des Blindwertes und der Phase wurde wiederum fairerweise bei der Fehlerberechnung nicht berücksichtigt.

Bei der Bestimmung des Generatorinnenwiderstands konnte ich bei 80 MHz etwa (14 + j4) Ω messen. Durch die relativ große Abweichung von 50 Ω entstehen Messfehler. So wird z. B. die vom Messobjekt reflektierte Welle zurück zur Quelle laufen, um an dem Fehlabschluss eine erneute Reflexion zu erfahren. Dadurch läuft sie ein weiteres Mal zum Messobjekt, dort wird wieder ein Teil reflektiert usw.

Diese mehrmals hin und her laufende Welle geht natürlich auch in die Messung ein und verfälscht das Ergebnis. Die Größe des Messfehlers hängt von der Impedanz des Messobjekts ab. Auch können Verstärker

Tabelle 1: Vergleichende Messungen an Widerständen									
$Z_x = 11 \Omega$		R&S ZVRE		miniVNA		Fehler			
f/MHz	R_s/Ω	X_s/Ω	R_s/Ω	X_s/Ω	$\Delta R_s/\Omega$	$\Delta R_s/\%*$	$\Delta X_s/\Omega$	$\Delta X_s/\%*$	
2	10,99	0,2	8,66	0,46	-2,33	-4,7	0,26	0,5	
50	11,03	4,6	8,92	4,99	-2,11	-4,2	0,39	0,8	
150	11,47	14,14	10,78	20,58	-0,69	-1,4	6,44	13	
$Z_x = 50 \Omega$		R&S ZVRE		miniVNA		Fehler			
f/MHz	R_s/Ω	X_s/Ω	R_s/Ω	X_s/Ω	$\Delta R_s/\Omega$	$\Delta R_s/\%*$	$\Delta X_s/\Omega$	$\Delta X_s/\%*$	
2	50	0,03	50,13	1,15	0,13	0,3	1,12	2,2	
50	50,12	0,6	50,65	0,97	0,53	1,1	0,37	0,7	
150	50,5	1,8	51,15	0,87	0,65	1,3	-0,93	-1,9	
$Z_x = 100 \Omega$		R&S ZVRE		miniVNA		Fehler			
f/MHz	R_s/Ω	X_s/Ω	R_s/Ω	X_s/Ω	$\Delta R_s/\Omega$	$\Delta R_s/\%*$	$\Delta X_s/\Omega$	$\Delta X_s/\%*$	
2	99,9	0,3	101,48	2,16	1,58	3,2	1,86	3,7	
50	100	0,5	101,16	5,23	1,16	2,3	4,73	9,5	
150	101,5	0,2	95,68	22,15	-5,82	-12	21,95	44	
$Z_x = 680 \Omega$		R&S ZVRE		miniVNA		Fehler			
f/MHz	R_s/Ω	X_s/Ω	R_s/Ω	X_s/Ω	$\Delta R_s/\Omega$	$\Delta R_s/\%*$	$\Delta X_s/\Omega$	$\Delta X_s/\%*$	
2	692	-3	655	112,01	-37	-74	109,01	218	
50	600	-204	450	234,01	-150	-300	30,01	60	
150	317	-327	114,7	200	-202,3	-405	-127	-254	

Die Fehler des X_s wurden ohne Berücksichtigung des Vorzeichens berechnet. * normiert auf 50 Ω

Tabelle 2: Vergleichende Messungen an einem 305 cm langen RG58-Kabel, mit 100 Ω abgeschlossen (analog [1] und [3])

f/MHz	R&S ZVRE				miniVNA					Fehler			
	φ/°	s	R _s /Ω	X _s /Ω	φ/° *	s	Z/Ω	R _s /Ω	X _s /Ω	Δs	Δφ/°	ΔR _s /Ω	ΔX _s /Ω
2	-20,2	1,97	91	-22,67	14	2,02	98,13	96,57	17,62	0,05	-6,2	5,57	-5,05
4	-40,4	1,95	73,4	-34,24	36,58	2,01	84,83	77,5	34,83	0,06	-3,82	4,1	0,59
7	-72,8	1,9	49,53	-32,65	70,53	1,97	61,05	50,27	34,65	0,07	-2,27	0,74	2,0
10	-105,2	1,84	36,68	-23,06	106,4	1,92	42,48	35,25	23,71	0,08	1,2	-1,43	0,65
15	-163,9	1,76	28,7	-4,73	168,88	1,83	27,5	27,27	3,46	0,07	4,98	-1,43	-1,27
16	-175,8	1,75	28,47	-1,2	179	1,83	27,34	27,34	0,33	0,08	3,2	-1,13	-0,87
20	135,5	1,76	31,43	13,22	135,28	1,81	33,48	30,55	13,64	0,05	-0,22	-0,88	0,42
25	77,65	1,82	47,48	29,7	72,98	1,86	58,88	49,75	31,49	0,04	-4,67	2,27	1,79
28	45,8	1,86	67,51	32,39	38,85	1,88	79,92	73,54	31,3	0,02	-6,95	6,03	-1,09
35	-27,2	1,89	83	-25,5	26,78	1,93	88,41	84,24	26,82	0,04	-0,42	1,24	1,32
50	165,2	1,72	29,46	4,1	166,6	1,77	28,82	28,54	4,06	0,05	1,4	-0,92	-0,04
144	151,1	1,66	31,2	-7,84	162,05	1,76	29,36	28,78	5,34	0,1	10,95	-2,42	-2,5

* Vorzeichen nicht ablesbar

Die Fehler des X_s und der Phase wurden ohne Berücksichtigung des Vorzeichens berechnet.

und so manche andere Messobjekte durch diesen Fehlabschluss zum Schwingen angeregt werden. Für ein Messgerät bedeutet dies eine erhebliche Beeinträchtigung. Tabelle 3 zeigt den Frequenzgang der Ausgangsleistung sowie der Eingangsimpedanz des Detektors. Letztere stellt den Abschluss des Prüflings bei Transmissionsmessungen dar. Weicht sie zu weit von 50 Ω reell ab, leidet die Messgenauigkeit. Verbindet man den Generatortausgang mit dem Detektor-eingang über ein kurzes Kabel, nimmt das gemessene SWV mit steigender Frequenz

160 MHz besser als 40 dB, darüber etwa 25 dB. Ein Beispiel für das Ausgangsspektrum ist in Bild 5 zu sehen. Die Frequenzabweichung vom eingestellten Wert belief sich bei 28 MHz auf kleiner -2 kHz, bei 144 MHz waren es -11 kHz.

Fazit

Die Installation verläuft relativ einfach, die Bedienung wäre sicher noch zu verbessern. Die Hilfefunktion habe ich vermisst, darin ließen sich Hinweise für Anwender unterbringen, die nicht so häufig mit einem VNA umgehen.

Es ist keine Möglichkeit zur Kalibrierung vorhanden, eingefügte Adapter oder Kabel werden mit gemessen. Wer den miniVNA über ein Kabel an eine zu messende Antenne anschließt, misst somit nicht die Fußpunktimpedanz der Antenne, sondern die durch das Kabel transformierte Impedanz [4].

Ferner erweist sich die Phasenmessung im Bereich um 0° als nicht sehr genau. Bei offener Eingangsbuchse fällt die Phase von 1,75° bei 2 MHz auf 25° bei 178 MHz ab. Eigentlich sollte sie konstant bei 0° bleiben. Sowohl durch die fehlende Kalibriermöglichkeit als auch durch die Phasenfehler können große Messfehler entstehen, die manche Messungen unbrauchbar machen. Ein weiterer Wermutstropfen ist das fehlende Vorzeichen bei der Phasenmessung.

Für direkte Messungen an Antennen empfiehlt sich u. U. der (hier nicht getestete) Blue-Tooth-Zusatz, der die Messwerte zum PC im Shack überträgt.

Der Dynamikbereich ist bei Durchgangsmessungen etwas klein. Aktive (verstärkende) Baugruppen kann man damit nicht vermessen, es sei denn durch Einfügen eines Dämpfungsgliedes – die Genauigkeit wird dadurch nicht besser.

In der derzeit aktuellsten Softwareversion 2.2.9 lässt sich auch eine feste Frequenz einstellen (Zero Span). Dennoch ist die Möglichkeit, den miniVNA als Messsender zu verwenden, durch den schwankenden Ausgangspegel und die mangelnde

Frequenzgenauigkeit eingeschränkt. Unter dem Strich bekommt der Käufer zu einem moderaten Preis ab 249 € ein Fertigergerät, das unter Amateurbedingungen zur Lösung von HF-Messungen im Shack und insbesondere an Antennen gut einsetzbar ist. Spektrale Reinheit des Ausgangssignals und Genauigkeit der SWV-Messung sind beeindruckend. Die Bewertung der vektoriellen Messergebnisse (Phase, Real- und Imaginärteil der Impedanz) sollte mit Vorsicht erfolgen, wobei solide HF-technische Kenntnisse von Vorteil sind.

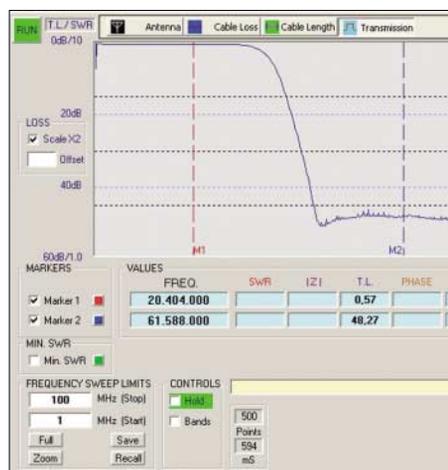


Bild 4: Übertragungsverhalten eines Tiefpasses Fotos und Screenshots: DL5MEA

zu. Bei 150 MHz zeigt das Gerät ein SWV von s = 1,36. Man könnte dadurch das verwendete Kabel als fehlerhaft verdächtigen – ein klarer Fall von Fehlmessung, die in der von 50 Ω abweichenden Impedanz des Detektoreingangs ihre Ursache hat. Die Unterdrückung von unerwünschten Frequenzen ist im Bereich von 1 MHz bis

Tabelle 3: Frequenzgang von Ausgangsleistung und Detektor-Eingangsimpedanz

f/MHz	Z _c /Ω	P _a /dBm
2	49,87 - j0,2	
10		-2,89
50	48,10 - j3,5	-4,2
100	44,96 - j5,1	-4,5
120		-5,2
150	40,92 - j4,9	-5,8
180		-17,7

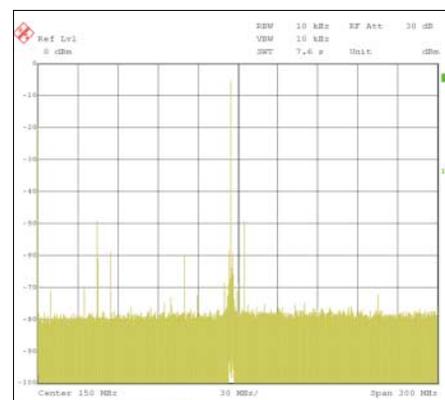


Bild 5: Ausgangsspektrum bei 145 MHz

(Anm. d. Red.: Dan, AC6LA, hat inzwischen seine Software ZPlot so angepasst, dass auch Ausgangsdaten des miniVNA als Smith-Diagramm dargestellt werden können: www.ac6la.com)

Das untersuchte Gerät stellte freundlicherweise die WiMo Antennen und Elektronik GmbH zur Verfügung.

fischer.kurt@fh-rosenheim.de

Literatur und URL

- [1] Fischer, K., DL5MEA: Ein Netzwerkanalysator fürs Shack? Ten-Tec VNA 6000! FUNKAMATEUR 55 (2006) H. 1, S. 20-23
- [2] mini Radio Solutions: www.miniradiosolutions.com
- [3] Maguire, D., AC6LA: T-Time for the Analyzers. In: Straw, R.D., N6BV (Ed.): The ARRL Antenna Compendium, Vol. 7. ARRL, Newington 2002; S. 40-49; FA A-8608
- [4] Janzen, G., DF6SJ; Hegewald, W., DL2RD: Impedanztransformation durch verlustbehaftete Leitungen. FUNKAMATEUR 55 (2006) H. 1, S. 48; Excel-Datei: www.funkamateure.de → Download sowie FA-Jahrgangs-CD 2006