SNA 2550 – ein skalarer Netzwerkanalysator bis 2,5 GHz

KURT FISCHER – DL5MEA

Seit einigen Jahren werden Netzwerkanalysatoren, die für Funkamateure und ambitionierte Bastler entwickelt wurden, zu erschwinglichen Preisen angeboten. Einer davon ist der bis in den oberen UHF-Bereich messende SNA 2550 von Elad, der in diesem Beitrag näher vorgestellt wird.

Ein *skalarer* Netzwerkanalysator (SNA) besteht aus einem Generator und einem Empfänger. Die Ausgangsfrequenz des Generators wird periodisch über einen einstellbaren Frequenzbereich abgestimmt. Parallel dazu erfolgen Messung und Anzeige des Eingangspegels des Empfängers. Im Prinzip stellt ein SNA somit die moderne Variante eines Wobbelmessplatzes dar.

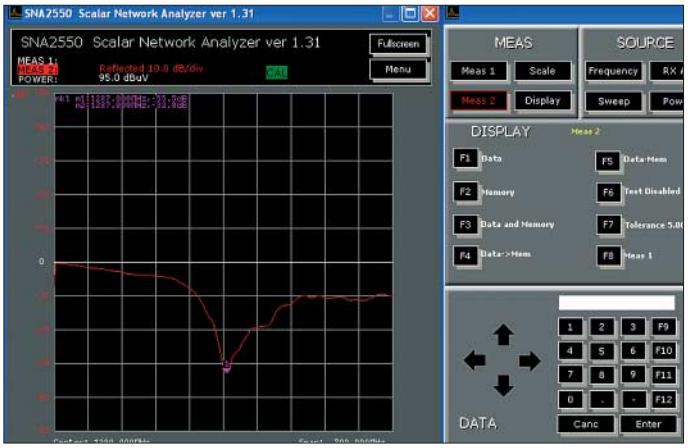

Bild 1: Anpassung einer Antenne für das 23-cm-Band

Verbindet man den Generatorausgang mit dem Eingang eines Prüflings und den Ausgang des Prüflings mit dem Empfängereingang, kann die Durchgangsverstärkung oder Dämpfung des Prüflings (meist *Transmission* genannt) bei verschiedenen Frequenzen berechnet werden. Daraus ergibt sich die frequenzabhängige Durchlasskurve, wobei in einem Diagramm die jeweilige Frequenz auf der x-Achse und die Transmission auf der y-Achse aufgetragen wird.

Fügt man in die Leitung zwischen Generator und Prüfling einen Richtkoppler ein, kann die Anpassung in Abhängigkeit von der Frequenz gemessen und dargestellt werden (Anpassung, Reflexionsdämpfung).

Wird auch die Phasenverschiebung zwischen dem Generatorsignal und dem Signal am Empfängereingang sowie dem am Eingang des Prüflings reflektierten Signal gemessen und dargestellt, spricht man von einem *vektoriellen* Netzwerkanalysator. Mit diesen Messungen können Anpassungs- und Übertragungsverhalten des Prüflings umfassend beschrieben werden. Weitere Details zur Funktion sowie zur Nutzung von Netzwerkanalysatoren sind in [5] nachzulesen.

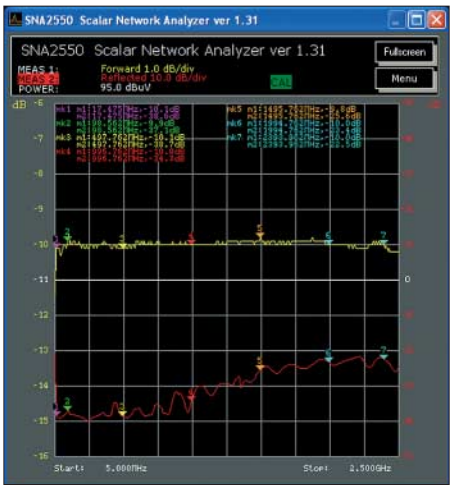

Bild 2: Messung eines 10-dB-Dämpfungsglieds zur Überprüfung der Messgenauigkeit, s. Text

In [1] bis [3] wurden bereits solche Geräte und deren Anwendung beschrieben. Leider war der Frequenzbereich dieser Analysatoren im VHF-Bereich zu Ende. Mit dem hier beschriebenen skalaren Netzwerkanalysator von Elad lassen sich Anpassung und Transmission bis ins 13-cm-Band messen, siehe Tabelle 1.

Der SNA 2550 wird mit Netzteil, USB-Kabel, Schnellinstallationsanleitung auf Papier, CD mit Software und Manual, dem zur Kalibrierung nötigen Kurzschlussstecker sowie Verbindungskabel geliefert. Das Messgerät hat ein stabiles Aluminiumgehäuse, auf dessen Rückseite die Anschlüsse für das Netzgerät, USB sowie eine Buchse für externe Koppler und zukünftige Entwicklungen (nach Auskunft des Herstellers wird gerade ein 5-GHz-Modul entwickelt) zu finden sind. Der SNA 2550 hat keine Bedienelemente, die Bedienung erfolgt per Software über einen angeschlossenen PC.

Tabelle 1: Kennwerte des SNA 2550

Frequenzbereich	400 kHz bis 2500 MHz 100 kHz bis 2600 MHz*
Dynamikbereich	60 dB für Transmission, ≥ 32 dB für Reflexion
Ausgangspegel	–50 dBm … 0 dBm, einstellbar in 1-dB-Schritten
Spannungsversorgung	12 … 15 V Gleichspannung, 230-V-Netzteil mitgeliefert
Abmessungen	200 mm × 65 mm × 190 mm
PC-Anforderungen	Windows 2000 oder XP DirectX 8.0 oder höher Takt 1,8 GHz, RAM ≥ 128 MB Grafikkarte ≥ 1024 × 768 Pixel USB 2.0
Preis	1698 €

* mit Einschränkungen

Tabelle 2: Dynamikbereich bzw. messbares SWV laut Gerätespezifikationen

Frequenzbereich [MHz]	Dynamikbereich [dB]	SWV, messbar bis
0,4 bis 100	30	1,07
100 bis 450	25	1,12
450 bis 2000	20	1,22
2000 bis 2500	15	1,43

Die Installation der benötigten Treiber und Software ist von der CD mit der beiliegenden Anleitung schnell und problemlos zu machen. Auf der CD findet man die 35-seitige Bedienungsanleitung – leider nur in englischer und italienischer Sprache. Darin werden nach einer kurzen theoretischen Betrachtung der Thematik alle Bedienschritte mit entsprechenden Screenshots behandelt. Nach dem Start der Software erscheint das in Bild 1 dargestellte Ausgabefenster. Der Klick auf den Knopf *Menue* öffnet das Bedienfenster, in dem alle Funktionen mit der Maus bedient werden können. Unter [4] gibt es eine Demo-Version der Software zum Herunterladen.

Nach erstmaligem Start der Software werden die werkseitigen Voreinstellungen geladen sowie die Werte für die Transmission und die Reflexion im Frequenzbereich von 5 MHz bis 2,5 GHz angezeigt. Die x-Achse wird mit 401 Punkten dargestellt. Davon ausgehend kann man die Messung der eigenen Aufgabe anpassen. Der überstrichene Frequenzbereich lässt sich sowohl durch Eingabe der Start- und Stoppfrequenz als auch durch Eingabe der Mittenfrequenz und des *Span* (Wobbelhub) festlegen. Die Darstellung ist sowohl linear als auch logarithmisch möglich. In der Betriebsart *CW* wird nur eine Frequenz ausgegeben – Messsenderbetrieb.

Für die Skalierung der y-Achse sind 5-dB- oder 10-dB-Schritte vorgegeben, jedoch beliebige Skalierungen möglich. Dies ist getrennt sowohl für die Übertragung als auch für die Reflexion einstellbar. Die Re-

Tabelle 3: Dynamikbereich des Empfängers

Eingangspegel [dBm]	Dynamikbereich [dB] 20 MHz	500 MHz	1 GHz	2 GHz	2,5 GHz
10	9,3	10,6	9,6	11,8	10,6
0	0	0	0	0	0
–10	–10,2	–10,1	–10,1	–10,2	–10,3
–20	–20,3	–20,2	–20,1	–20,2	–20,2
–30	–30,4	–30,2	30,1	–30,2	–30,2
–40	–40,3	–40,3	–40,1	–40,1	–40
–50	–49,9	–50,3	–50,4	–50,3	–48,5
–60	–60,1	–60,7	–60,7	–57,3	–50,2
–70	–68,6	–67,6	67,6	–59	–46,9
–80	–68,6	–67,6	67,6	–59,1	–50,3

Signalquelle HP83640L: Der Ausgangspegel wurde so eingestellt, dass die Kabeldämpfung bei 0 dBm ausgeglichen war. Von dieser Einstellung aus wurde in 10-dB-Schritten getestet.

ferenzposition und der Referenzlevel sind frei wählbar. Meist genügt jedoch ein Klick auf die Funktion *Autoscale,* um eine sinnvolle Darstellung zu erreichen.
Um für beliebige Punkte der Darstellung die Messwerte genau auslesen zu können, sind bis zu acht Marker einzublenden. Die Position der Marker ergibt sich durch Eingabe der Frequenz oder durch Verschieben mit den Pfeiltasten. Es sind verschiedene Markerfunktionen wie z.B. *Peak*, *Delta* usw. vorhanden. Messkurven lassen sich für einen Vergleich zwischen vorhergehenden und aktuellen Messungen speichern.
Bevor man die Kalibrierung startet, ist es sinnvoll, den Frequenzbereich, den Generatorpegel und evtl. nötige Dämpfungsglieder im Empfangszweig einzustellen. Das Gerät sollte einige Zeit warm gelaufen sein. In den zwei Kalibrierdurchgängen werden die Transmission mit der beigelegten Leitung und die Reflexion mit dem Kurzschlussstecker erfasst.

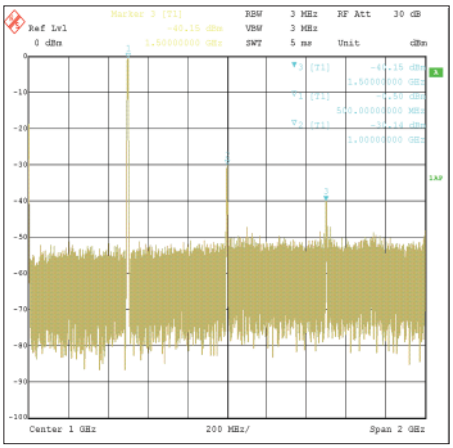

Bild 3: Oberwellen bei 0,5 GHz, gemessen mit R&S FSIQ

Um den Einfluss der Anschlussleitungen zu einem Prüfling auf das Messergebnis zu kompensieren, sollten diese mit kalibriert werden. Mit kurzen Kabeln bleibt ein möglichst großer Dynamikbereich erhalten.

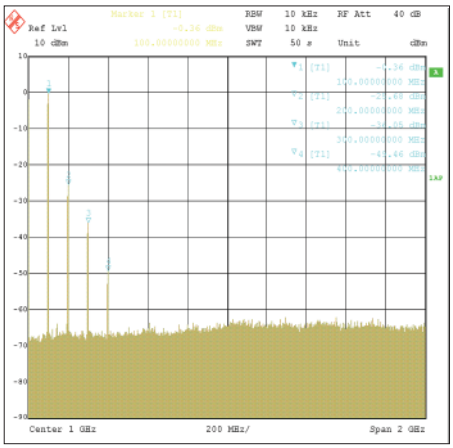

Bild 4: Oberwellen bei 100 MHz, gemessen mit R&S FSIQ

Um festzustellen, wie gut der SNA 2550 ist, habe ich einige Messungen durchgeführt. In den Bildern 1, 2, 6 und 7 ist die Transmission immer gelb, die Reflexionsdämpfung oder das Stehwellenverhältnis (SWV) immer rot dargestellt. In Bild 2 ist das Ergebnis der Messung eines 10-dB-Dämpfungsgliedes zu sehen. Die Abweichung der Transmissionsmessung beträgt maximal 0,2 dB. Dies ist für Funkamateure mehr als ausreichend. Da die Reflexionsdämpfung des Dämpfungsgliedes im gesamten Messbereich besser als 32 dB ist, wird in etwa der Dynamikbereich der Reflexionsmessung des SNA 2550 angezeigt. Dieser ist bei dem von mir getesteten Gerät im gesamten Messbereich besser als die Angaben im Datenblatt, diese sind in Tabelle 2 zusammengefasst.
Der Dynamikbereich des Empfängers ist maßgebend für den Messbereich der Transmission. Um einen Eindruck der Genauigkeit des Empfängers zu bekommen, habe ich das Signal eines Messsenders HP 83640L über ein kurzes Kabel in den Empfänger eingespeist. Der Ausgangspegel des Generators wurde bei der Testfrequenz so eingestellt, dass der SNA 2550 einen Pegel von 0 dBm zeigte. Davon ausgehend wurde der Generatorpegel in 10-dB-Schritten verändert. Die Ergebnisse dazu gehen aus Tabelle 3 hervor. Die Dynamik ist bis 1 GHz etwa 70 dB darüber etwa 60 dB. Da der interne Generator maximal 0 dBm liefert, ist bis 1 GHz ein Gesamt-Dynamikbereich von etwa 60 dB und darüber etwa 50 dB zu erwarten.

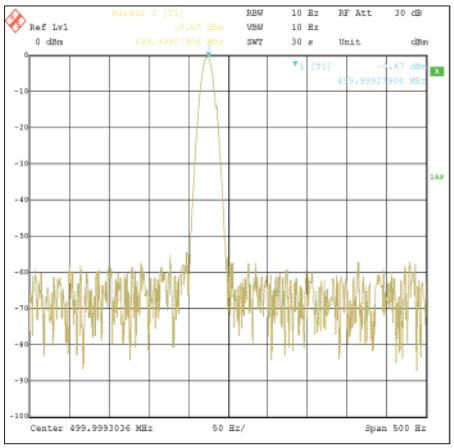

Bild 5: Ausgangssignal bei 500 MHz, gemessen mit R&S FSIQ; bei 100 MHz hebt sich das Signal sogar fast 80 dB vom Rauschen ab.

Die Messgenauigkeit des Empfängers wird mit ±3 dB im unkalibrierten Zustand angegeben, bei dem von mir verwendeten Exemplar habe ich –2,5 dB/+2,7 dB gemessen (HP 83640L und R&S NRVS/ NRV-Z4). Für den kalibrierten Zustand gibt Elad eine Genauigkeit von ±1 dB an.
Die Eingangsanpassung des Empfängereingangs ist fast im gesamten Messbereich besser als etwa 20 dB. Dieser Wert ist gut genug, um im Rahmen der dem Messgerät eigenen Genauigkeit die Prüflinge abzuschließen.
Die Pegelgenauigkeit des Generators wurde in der Betriebsart CW überprüft, die Ergebnisse sind in Tabelle 4 zu sehen. Nur bei 0 dBm und einer Frequenz über 2,45 GHz war die Abweichung größer 1 dB.
Das Ausgangsspektrum eines 500-MHz-/ 0-dBm-Signals ist in Bild 3 zu sehen. Die 1. Oberwelle ist um 30 dB, die 2. Oberwelle um etwa 40 dB unter dem Träger. In Bild 4 ist das Spektrum eines 100-MHz-/ 0-dBm-Signals zu sehen, die Oberwellen sind nicht so stark abgesenkt. In Bild 5 habe ich das Signal bei 500 MHz schmal-

Tabelle 4: Ausgangspegel bei verschiedenen Frequenzen (gemessen mit R&S NRVS / NRV-Z4)

f [MHz]	Ausgangspegel [dBm] Einstellung in dBm 0	–20	–40	–50
5	–0,34	–19,75	–40,1	–50
50	–0,36	–19,88	–39,96	–50
100	–0,54	–20,1	–40,2	–49,5
500	–0,38	–20,44	–40,7	–49,7
1000	–0,38	–20,89	–40,9	–50,1
2000	–0,17	–19,17	–39,5	–48,9
25	–1,5	–20,35	–40,2	–50,7

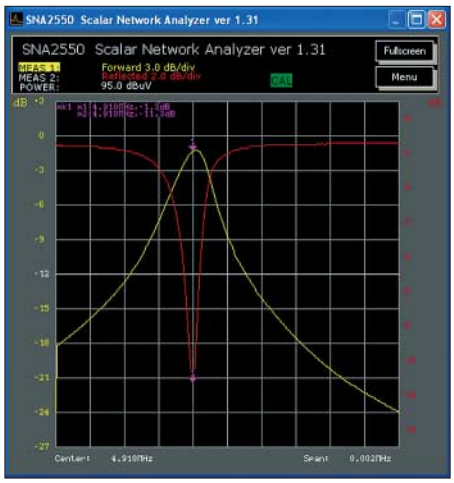

Bild 6: Anpassung und Transmission eines 4,911-MHz-Quarzes

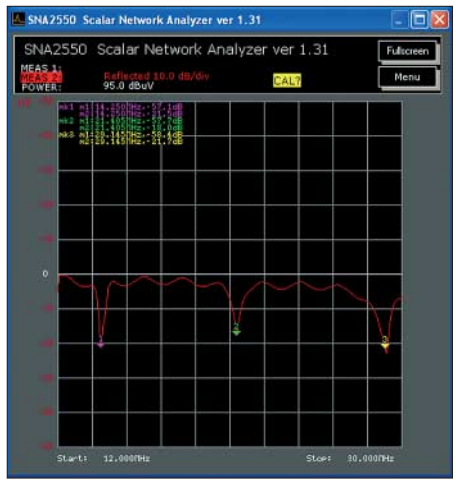

Bild 7: Reflexionsdämpfung eines KW-Dreiband-Beams Screenshots: DL5MEA

bandig gemessen, das Spektrum ist sauber, der Abstand zum Rauschen ist größer 55 dB, die Frequenzgenauigkeit ist deutlich besser als die im Datenblatt angegebenen ±10 ppm.

In Bild 1 ist das Messergebnis der Anpassungsmessung einer Antenne für das 23-cm-Band und das zugehörige Bedienteil zu sehen. Der Abgleich dieser Antenne gelang mit dem SNA 2550 sehr einfach.

Freilich können auch sehr schmalbandige Messungen durchgeführt werden, siehe Bilder 6 und 7, wobei dann die Einschwingdauer zu berücksichtigen ist, ansonsten können Messfehler auftreten! Um aktive Baugruppen zu vermessen, muss der Generatorpegel so weit abgesenkt werden, dass die Baugruppen nicht übersteuert werden. Dazu sind am Eingangsport Dämpfungsglieder zuschaltbar.

Fazit: Diese Beispiele stellen nur einen kleinen Ausschnitt der Möglichkeiten dar, die der SNA 2550 bietet. Auch wenn wie beim FA-NWT [3], [5] eine Möglichkeit zur Messung der Phase fehlt, bietet er im Labor des Funkamateurs Messmöglichkeiten, die bisher den professionellen Geräten vorbehalten waren. Die vergleichbaren älteren Messgeräte, die gelegentlich gebraucht angeboten werden, nehmen im Shack den vielfachen Raum ein, die Bedienung ist oft umständlich.

Der Bedienkomfort des SNA 2550 entspricht heutigem Standard. Das Verhältnis zwischen Preis und Messgenauigkeit ist beim SNA 2550 sehr gut.

Der Support durch den Hersteller war ausgezeichnet, meine E-Mails wurden sehr schnell und qualifiziert beantwortet. Abschließend herzlichen Dank an WiMo [6] für die Bereitstellung des Testgerätes.

Literatur und Bezugsquellen

[1] Fischer, K., DL5MEA: Ein Netzwerkanalysator fürs Shack? Ten-Tec VNA 6000! FUNKAMATEUR 55 (2006) H. 1, S. 20–23

[2] Fischer, K., DL5MEA: miniVNA auf dem Labortisch. FUNKAMATEUR 56 (2007) H. 2, S. 139 ff.

[3] Graubner, N., DL1SNG; Borchert, G., DF5FC: Bausatz Netzwerktester FA-NWT. FUNKAMATEUR 55 (2006) H. 10, S. 1154–1157; H. 11, S. 1278–1282

[4] ELAD S.r.l.: Homepage. *www.eladit.net*

[5] Nussbaum H., DJ1UGA: HF-Messungen mit dem Netzwerktester. Box 73 Amateurfunkservice GmbH, Berlin 2007. FA: *X-9549*

[6] WiMo Antennen und Elektronik, 76 863 Herxheim, Tel. (0 72 76) 9 66 80; *www.wimo.com*