

# Betriebsanleitung zum vektoriellen Antennenanalysator

**NORBERT GRAUBNER – DL1SNG**

## 1. Aufgabe des Geräts

Messen von Antennen-Fußpunktimpedanzen und graphische Darstellung derselben über einem einstellbaren Frequenzbereich von 50 kHz bis 165 MHz. Anwendbar auch für andere Impedanzmessungen. Betrieb über Batterie ohne Anschluss an PC oder Laptop.

## 2. Warnhinweis

Der Eingang des Geräts verträgt einen HF-Pegel von maximal +8 dBm. Solange der Analysator mit einer Antenne verbunden ist, dürfen deshalb in unmittelbarer Nähe keinerlei Sendeanlagen betrieben werden. Insbesondere bei Fielddays erfordert dies eine gewisse eigene Vorsicht und Absprache mit allen anderen Teilnehmern. Beim Überschreiten des Grenzwertes muss – auch im ausgeschalteten Zustand – mit Schäden an der Elektronik gerechnet werden.

Der einzuhaltende Sicherheitsabstand zu aktiven Sendeanlagen hängt sehr stark von Sendeleistung, Wellenlänge, Größe, Polarisierung und Ausrichtung der Antennen ab. Als Größenordnung sollten bei 100 W EIRP mindestens 100 m Abstand eingehalten werden, bei Messungen an KW-Drahtantennen und in der Nähe von kommerziellen Großsendern auch deutlich mehr.

Eine Schutzschaltung, die entsprechende Schäden verhindern könnte, würde die Messungen leider zu ungenau machen.

## 3. Funktionen

### 3.1 Darstellungsarten

#### 3.1.1 Real- und Imaginärteil

Beide Komponenten werden in einem Diagramm im logarithmischen Maßstab angezeigt (10 Ω bis 999 Ω). Aus diesem Grund kann als Kurve nur der Betrag des Imaginärteils dargestellt werden. Das Vorzeichen des Blindanteils kann i.d.R. aus der Neigung der Kennlinie erkannt werden (steigend = positiv, fallend = negativ). Rechts und links von der Grafik sind die Beträge in groben, logarithmischen Schritten (10 20 50 100) skaliert.

#### 2.1.2 Betrag und Phase

Anzeige von Scheinwiderstand (10 Ω bis 999 Ω) und Phasenwinkel (±90°) über dem Wobbelpunkt (zwei Kurven in einem Diagramm).

#### 3.1.3 Stehwellenverhältnis

Anzeige des Stehwellenverhältnisses über der Frequenz, bezogen auf 50 Ω.

#### 3.1.4 Smith-Diagramm

Anzeige der Impedanz im Smith-Diagramm, bezogen auf 50 Ω.

### 3.2 Start-Frequenz

In allen vier Darstellungsarten können Start- und Stopp-Frequenz des zu überstreichenden Wobbelpunkts im Bereich von 50 kHz bis 165 MHz variiert werden; die Startfrequenz wird links unten im Display angezeigt. Unterhalb 1 MHz beträgt die Schrittweite 100 Hz, oberhalb sind es 100 kHz. Die Startfrequenz kann nie größer sein als die Stopp-Frequenz.

### 3.3 Marker-Frequenz

Der Wobbelpunktbereich ist in 203 Schritte aufgeteilt, die Teilung des Bereichs ist logarithmisch, d.h. die Schrittweite ist proportional zur jeweiligen Markerfrequenz. In den kartesischen Darstellungsarten (3.1.1 bis 3.1.3) wird eine verschiebbare senkrechte Cursor-Linie gezeichnet. Diese sitzt jeweils auf einem der Teilungsschritte. Vom Schnittpunkt der Cursor-Linie mit den Messkurven gehen horizontale Linien zu den zugehörigen Skalierungen an den Rändern des Diagramms ab (rechts und links). Hierdurch ist die Zugehörigkeit der jeweiligen Kurve leichter erkennbar. Im Smith-Diagramm deutet ein kleiner Kreis, der auf der Kurve entlang läuft, die aktuelle Marker-Frequenz an. Die zum Marker zugehörige Frequenz, sowie die jeweiligen Messwerte werden in einem Textfeld angezeigt.

### 3.4 Stopp-Frequenz

Hier gilt sinngemäß das Gleiche wie bei der Startfrequenz. Die Stopp-Frequenz wird rechts unten unter dem Diagramm angezeigt. Sie kann nie kleiner sein als die Startfrequenz. Theoretisch könnte man den Wobbelpunkt (unterhalb 1MHz) auf nur 100 Hz einengen und diesen Bereich in 203 Schritte auflösen.

### 3.5 Kabel-Länge

Ein Kabel zwischen Last und Messgerät transformiert die Impedanz, die sich am Eingang des Kabels befindet, auf zunächst nicht verwendbare Werte. Auf Grundlage der Gleichungen für verlustlose Leitungen verfügt das Gerät über eine rechnerische

Kompensation für die Länge des verwendeten Kabels. Bei korrekter Einstellung der Kabellänge zeigt das Gerät genau diejenige Impedanz an, die am Eingang des Kabels angeschlossen ist. Wegen der frequenzabhängigen Dämpfung von Kabeln wurde die maximal einstellbare Kabellänge von der Wellenlänge  $\lambda$  der eingestellten Stopp-Frequenz abhängig gemacht (maximal 10  $\lambda$ , jedoch nicht mehr als 99,99 m). Die Länge wird in Metern eingegeben, die Auflösung beträgt 1 cm. Bezugspunkt ist die Außenkante des Innenpols der BNC-Buchse. Maßgeblich ist die mechanische Länge.

### 3.6 Verkürzungsfaktor

Je nach Kabelsorte unterscheidet sich die elektrisch wirksame Länge des Kabels von seiner mechanischen Länge. Der zugehörige Verkürzungsfaktor muss eingegeben werden, siehe Tabelle.

### 3.7 LED-Steuerung

Im hellen Tages- und Sonnenlicht verbraucht die Hintergrundbeleuchtung des Displays unnötig Strom (100mA). In solchen Fällen kann die Beleuchtung ein- und ausgeschaltet werden.

### 3.8 Gerät kalibrieren

Das Gerät verfügt über einen Kalibriermodus. Dieser dient dazu, die Ungenauigkeiten interner Komponenten gezielt zu erfassen und permanent zu speichern. Im normalen Betrieb werden diese Daten zur Kompensation der Messwerte herangezogen und erhöhen dadurch die Genauigkeit.

## 4. Bedienung

### 4.1 Ein-/Ausschalten

Rechts vom Display befinden sich fünf Tasten. Zum Einschalten die unterste (rote) Taste kurz drücken. Es ertönt eine Fanfare, kurzzeitig wird der Eröffnungsbildschirm angezeigt und nach einem Knackton ist das Gerät einsatzbereit.

Zum Ausschalten die rote Taste lang (länger als eine halbe Sekunde) drücken. Nach einer Abschiedsfanfare schaltet das Gerät ab. Dabei werden alle Einstellungen gespeichert und sind beim nächsten Einschalten sofort wieder vorhanden.

Ein kurzer Druck auf die rote Taste bewirkt einen Neuaufbau des Bildes. Dies kann erforderlich werden, wenn im Bild irgendwo versehentlich einzelne Pixel stehen geblieben sind.

### 4.2 Menü-Lauf

Die unter Pkt 3. erwähnten Funktionen lassen sich durch Betätigen der *Menü-Up*- und *Menü-Dwn*-Tasten anwählen. Weiße Taste ganz oben: *Menü-Up*, weiße Taste ganz unten: *Menü-Dwn*. Ein schwarzer

Cursor-Balken springt zur jeweils angewählten Funktion. Beim Versuch, die Grenzen des Menüs zu überschreiten, ertönt ein Protestton, ansonsten ein Knack-Ton.

#### 4.3 Einstellungen vornehmen

In jeder der unter 4.2 angewählten Menüpositionen lassen sich Einstellungen ändern. Dies geschieht mit Hilfe der inneren weißen Tasten. Taste 2 (*Up-Taste*): Wert höher, Taste 3 (*Dwn-Taste*): Wert niedriger. Bei andauerndem Tastendruck werden die Werte kontinuierlich hoch gezählt; bei einigen Funktionen, wo dies Sinn macht, vergrößert sich außerdem nach einigen Schritten die Schrittweite. Bei größeren Werteänderungen lässt sich hierdurch trotz feiner Auflösung Zeit sparen.

#### 4.4 Kabellänge und Verkürzungsfaktor einstellen

Im Menü den Cursor-Balken auf den Verkürzungsfaktor des benutzten Kabels einstellen. Über die *Up-/Dwn*-Tasten den genauen Wert laut Datenblatt des Kabels eingeben.

Übers Menü die Betriebsart *Smith-Diagramm* wählen, Startfrequenz: 50 kHz und Stopp-Frequenz: 165 MHz einstellen. Das zu verwendende Original-Kabel am Gerät anschließen, Antenne am anderen Ende jedoch abklemmen (bzw. Stecker ziehen)! Im Menü den Eintrag für die *Kabellänge* („l = 0,00m“) wählen und mittels der *Up-/Dwn*-Tasten die ungefähre mechanische Länge des Kabels eingeben. Dann unter

Beachtung des Smith-Diagramms die Länge genau so einstellen, dass die zunächst angezeigte Schleife zu einem kurzen horizontalen Strich (oder Punkt) in der Nähe des Unendlich-Punkts zusammen fällt.

Nachdem man den Menüpunkt *Kabellänge* verlassen hat (damit nicht versehentlich die Länge wieder verstellt wird) kann die Antenne oder eine sonstige Last am Eingang des Kabels angeschlossen und gemessen werden.

#### 4.5 Akkumulator laden

Das Gerät enthält acht NiMH-Akkumulatoren (**keine NiCd!**) der Bauform AA mit einer Kapazität von 2500 mAh und einer Spannung von 1,2 V. **Batterien dürfen grundsätzlich nicht eingesetzt werden!**

Insgesamt stehen somit nominell 9,6 V für den Antennenanalysator zur Verfügung. Der Stromverbrauch beträgt 390 mA; bei voll geladenen Zellen ergibt sich somit eine Betriebsdauer von etwa 6 h. Das Gerät enthält eine Überwachung der Akkumulatorspannung.

Unterhalb von 9 V ertönt bei jedem neuen Messdurchlauf ein Warnton und auf dem Display erscheint eine Meldung. Es kann jedoch noch weiter gemessen werden. Beim Unterschreiten von 8 V schaltet das Gerät zum Schutz der Akkumulatoren mit einer bekannten Molltonfolge ab. Auch hierbei werden die zuletzt verwendeten Einstellungen gespeichert.

Die Hohlsteckerbuchse am rückwärtigen Blech des Gehäuses führt zur Ladeschaltung.

tung (Innenstift = Pluspol, Außenmantel = Minuspol bzw. Masse). Wenn die Zellen leer sind, dürfen sie über diese Buchse geladen werden. Dabei kann jede Gleichspannungsquelle zwischen 10,5 und 16 V verwendet werden, wobei sie mit mindestens 270 mA belastbar sein muss. Während des Ladens blinkt die LED an der Stirnseite langsam, danach schnell. Gegebenenfalls ist das Gerät so lange in Betrieb zu lassen, bis es sich beim Unterschreiten von 8 V automatisch selbst abschaltet. Der Analysator darf zum Betrieb auch direkt aus der externen Gleichspannungsquelle versorgt werden.

#### 4.6 Kalibrieren

Der Kalibriervorgang ist nur einmalig nach dem Zusammenbau bei betriebswarmem Gerät vorzunehmen. Er wird eingeleitet durch gleichzeitigen Druck auf die *Up-* und *Dwn-Taste*. Man benötigt einen qualitativ guten 50- $\Omega$ -BNC-Abschlusswiderstand und einen Lötkolben (zum Öffnen und Schließen einer Lötbrücke). Über das Display werden entsprechende Anweisungen ausgeben. Im Verlauf des Kalibriervorgangs wird u.a. eine Amplituden-Korrekturkurve ermittelt und angezeigt. Anhand dieser Kurve muss das Amplituden-Trimmpot R44 so eingestellt werden, dass der Abstand der Maxima und Minima dieser Kurve zum oberen und unteren Rand ungefähr gleich weit entfernt ist. Anschließend darf es nicht mehr verstellt werden.

FA-VA@funkamateure.de

#### Daten marktüblicher 50- $\Omega$ -Koaxialkabel

Typ	Mantel Material Ø [mm]	Außenleiter Anzahl (Material)	Innenleiter Material Ø [mm]	Aufbau [mm]	Dielektrikum Material Ø [mm]	Masse je 100 m [kg]	Verkürzungsfaktor VF
<b>Aircell5</b>	PVC 5,0	2 (PECu F, CuG)	Cu	1,05	Draht	PE Comp	3,6 <b>0,82</b>
<b>Aircell7</b>	PVC 7,3	2 (PECu F, CuG)	Cu	1,85	Litze 19 × 0,37	PE Comp	5,0 <b>0,83</b>
<b>Aircom Plus</b>	PVC 10,3	2 (PECu F, CuG)	Cu	2,7	Draht	PE LZ	7,2 <b>0,83</b>
<b>Ecoflex10</b>	PVC 10,2	2 (PECu F, CuG)	Cu	2,85	Litze 7 × 1,00	PE Comp	7,25 <b>0,85</b>
<b>Ecoflex15</b>	PVC 14,6	2 (PECu F, CuG)	Cu	4,5	Litze 7 × 1,55	PE Comp	11,3 <b>0,86</b>
<b>H155</b>	PE 5,4	2 (Al PET Al F, CuG vz)	Cu	1,41	Litze 19 × 0,28	PE	3,9 <b>0,81</b>
<b>H1001</b>	10,3				Litze 19 × 0,54	PE	14,0 <b>0,83</b>
<b>H2000-Flex</b>	PVC 10,3	2 (PETCu F, CuG)	Cu	2,62	Draht	PE Sch	7,15 <b>0,83</b>
<b>H500</b>	9,8			2,5	Draht	PE	13,5 <b>0,81</b>
<b>K02252-D</b>	FEP 3,0	2 (CuG vs, CuG vs)	St vk vs	0,54	Litze 7 ×	PTFE	1,55 <b>0,69</b>
<b>Multiflex141</b>	FEP 4,14	2 (CuF vs, CuG vs)	Cu vs	0,92	Draht	PTFE	2,93 <b>0,706</b>
<b>RG58/U</b>	4,95				Draht	PE	3,5 <b>0,66</b>
<b>RG58/CU</b>	PVC 4,95	1 (CuG vz)	Cu vz	0,94	Litze 19 × 0,18	PE	2,95 <b>0,66</b>
<b>RG142</b>	4,95			0,95	Draht	Teflon	6,4 <b>0,7</b>
<b>RG174/U</b>	PVC 2,55	1 (CuG vz)	St vk	0,48	Litze 7 × 0,16	PE	1,48 <b>0,66</b>
<b>RG178/RG196</b>	1,80				Litze 7 × 0,10	Teflon	0,8 <b>0,7</b>
<b>RG188/RG316</b>	2,5				Litze 7 × 0,17	Teflon	1,5 <b>0,7</b>
<b>RG213/UBX</b>	9,5				Litze 7 × 0,70	PE	12,7 <b>0,66</b>
<b>RG213/U</b>	PVC 10,3	1 (CuG)	Cu	2,25	Litze 7 × 0,75	PE	7,28 <b>0,66</b>
<b>RG213/FOAM</b>	10,3			2,5	Litze	Schaum	11,0 <b>0,80</b>
<b>RG214</b>	PVC 10,8	2 (CuG vs, CuG vs)	Cu vs	2,25	Litze 7 × 0,75	PE	7,28 <b>0,66</b>
<b>RG214/U</b>	PVC 10,8	2 (CuG vs, CuG vs)	Cu vs	2,25	Litze 7 × 0,75	PE	7,28 <b>0,66</b>
<b>RG223</b>	5,38			0,90	Draht	PE	5,1 <b>0,66</b>
<b>RG316/U</b>	FEP 2,50	1 (CuG vs)	St vz vs	0,54	Litze 7 ×	PTFE	1,55 <b>0,66</b>
<b>RG400</b>	4,95				Litze 19 × 0,20	Teflon	0,70 <b>0,70</b>

St: Stahl, Cu: Kupfer, Al: Aluminium, G: Geflecht, F: Folie, vs: versilbert, vz: verzinnt, vk: verkupfert, PE: Polyethylen, PTFE: Polytetrafluoroethylen (Teflon), PE Comp: Polyethylenverbindung, PE LZ: Polyethylen mit Luftporen, PET: Polyethylenterephthalat, PVC: Polyvinylchlorid, FEP: Fluoriertes Ethylenpropylen