

Reflexionsmesskopf für den Netzwerktester FA-NWT

HANS NUSSBAUM – DJ1UGA; Dr.-Ing. WERNER HEGEWALD – DL2RD

Für Reflexionsmessungen mit dem FA-NWT [1] wird ein Messkopf benötigt, der im Bereich von 0,1 bis 160 MHz wenigstens 35 dB Richtschärfe haben soll. Diese Aufbauanleitung gibt Hinweise zur Montage des Reflexionsmesskopfes, der ohne jeglichen Abgleich auskommt.

Eine Messeinrichtung zur Bestimmung des Reflexionsfaktors wird benötigt, um die Anpassung von passiven Bauelementen wie Filtern, aber auch aktiven wie Verstärkern, an die Sollimpedanz – meist $50\ \Omega$ – messen zu können. Der Funkamateurl kann damit ferner das Stehwellenverhältnis (SWV) seiner Antenne bestimmen.

Neben der im Vorspann genannten Spezifikation bestanden keine speziellen Forderungen hinsichtlich der Brückendämpfung, der Messkopf ist bei Bedarf gemäß Bild 1 an den Generatorausgang und Demodulatoreingang des NWT zu stecken; eine Kalibrierung erfolgt per Software, s. u.

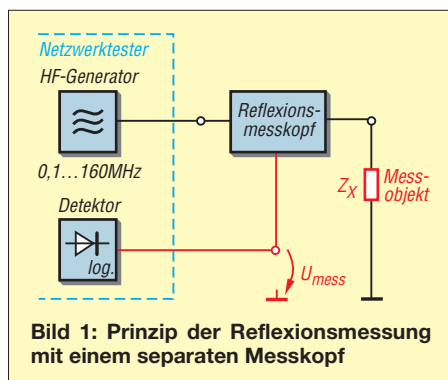


Bild 1: Prinzip der Reflexionsmessung mit einem separaten Messkopf

Die Richtschärfe [2], [3] hat Konsequenzen auf die Messgenauigkeit; der geringste zu messende Reflexionsfaktor bzw. das entsprechende SWV gehen aus Tabelle 1 hervor. Genauer zur Konzeption des Reflexionsmesskopfes sowie zur prinzipiellen Funktionsweise von Richtkopplern ist [2] zu entnehmen.

Montage des Reflexionsmesskopfes

Der eingesetzte Koppler TDC-10-1 ist ein Spezialkoppler [3], der den $50\text{-}\Omega$ -Referenzwiderstand bereits eingebaut hat; außerdem besticht er durch seine Kleinheit.

Für Messungen im Bereich von 100 kHz bis 100 MHz zeigte der kleine TDC-10-1 in [2], verglichen mit anderen kommerziellen Kopplern, die besten Ergebnisse. Im Sollbereich bis 160 MHz erreicht er immer noch eine Richtschärfe, die mit 42 dB besser als die eingangs genannte Zielvorstellung ausfällt, siehe Tabelle 2.

Als besonderer Vorteil ist hervorzuheben, dass dieser Koppler durch minimale Aufbauarbeiten infolge des eingebauten Referenzwiderstandes sowie durch den Wegfall der einzustellenden Kompensationskapazität hervorsteicht. Daher hatte sich der FA-Leserservice entschlossen, genau für diese Variante ein spezielles Gehäuse mit allen drei erforderlichen Durchbrüchen produzieren zu lassen.

Tabelle 1: Richtdämpfung, Reflexionsfaktor und minimal anzeigbares SWV

a_r /dB	r	SWV s
40	0,01	1,02
35	0,02	1,04
30	0,03	1,07
25	0,06	1,12
20	0,10	1,22

Die Montage des Kopplers erfolgt in diesem nur 37 mm langen Filtergehäuse FG1 mit vorgestanzten Aussparungen für verdrehungssichere Montage der BNC-Steckverbinder, Bilder 2 bis 4. Die Montage ist einfach, die Abstände der BNC-Anschlussstifte passen fast genau zu den Stiftanordnungen des Kopplers. Die richtige Anschlussfolge ist jedoch genau zu beachten:

- Pin 4 kommt an den Generatoreingang G (BNC-Stecker),
- Pin 2 führt zum Oszilloskop- bzw. NWT-Anschluss O (auf dem Aufkleber mit U_{mess} bezeichnet) und an
- Pin 1 (X) wird das Messobjekt angeschlossen. O und X sind BNC-Buchsen.
- Der Masseanschluss erfolgt mit einem Flachkupferband direkt vom Kopplergehäuse zum Filtergehäuse, Masse-Stift 3 bleibt frei.

Dadurch wird der TDC-10-1 anders geschaltet, als im Datenblatt des Herstellers

Tabelle 2: Richtschärfe a_r des Reflexionsmesskopfes in Abhängigkeit von der Frequenz

f /MHz	a_r /dB
0,1	>50
1	>50
3	>50
50	>50
160	42
500	26
1000	14

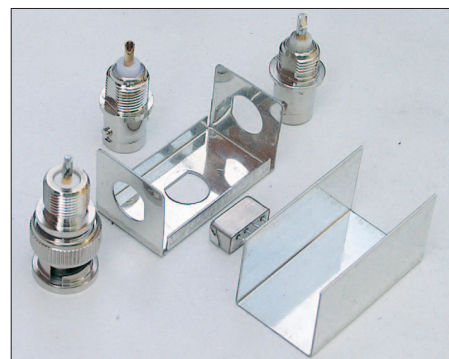


Bild 2: Bauteile für den Messkopf mit TDC-10-1; es findet ein werkseitig modifiziertes Filtergehäuse FG1 Verwendung.

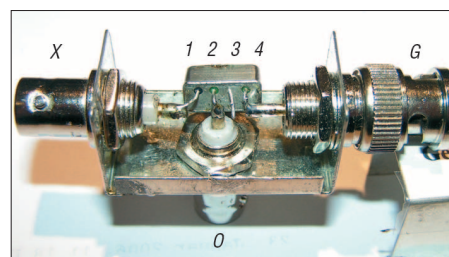


Bild 3: Pin 4 ist mit dem BNC-Einbaustecker zu verlöten, Pin 3 bleibt frei, Pin 2 und Pin 1 gehen direkt zu den Buchsen.



Bild 4: Eine Hand voll Koppler... Der breite Kupferstreifen bildet die Masseverbindung.

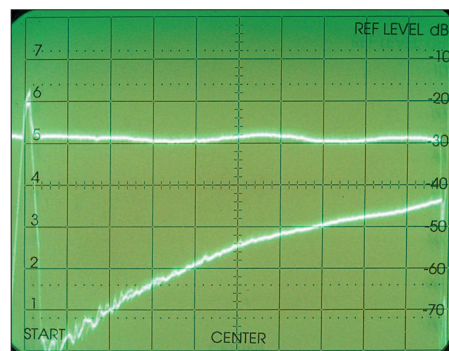


Bild 5: Messergebnis des Messkopfes mit TDC-10-1; horizontal 100 MHz pro Kästchen; oben Vorlauf, unten Reflexionsfaktorverlauf. Differenz beider Kurven = Richtschärfe

sowie in [3] angegeben. Dies ist jedoch beabsichtigt. So werden nicht nur die ungünstigen (zusätzlichen Induktivitäten!) Kreuzungen der Pins 4 und 2 umgangen, sondern der NWT arbeitet dadurch an

einem sauberen 50-Ω-Abschluss. Das führt im Zusammenwirken mit dem NWT insgesamt zu einer höheren Messgenauigkeit. Die Kurve in Bild 5 wurde in dieser Beschaltung gewonnen.

Achtung: Wer den Koppler jedoch anderweitig betreiben und zusätzlich das durchgehende Signal nutzen möchte, muss dieses über Pin 1 und 2 laufen lassen und Pin 4 als Messausgang nutzen. Die Auskopplungsdämpfung a_K beträgt wiederum 10 dB. Das heißt, erzeugt ein an Pin 1 angeschlossener (und an Pin 2 mit 50 Ω oder einer angepassten Antenne abgeschlossener) Generator eine HF-Leistung von 1 W, so lassen sich am Ausgang Pin 4 100 mW abnehmen, siehe auch Bild 3 in der FA-Bauelementeinformation [3]. Für einen solchen Fall empfiehlt es sich, den Messkopf anders aufzubauen und den Einbaustecker links (siehe Bilder 3 und 4 auf S. 1) direkt neben Pin 1 zu setzen. Soll das durchgehende Signal am rechten Ausgang (dort dann BNC-Buchse!) erscheinen, ist die Kreuzung von Pin 2 und 4 unvermeidlich. Ansonsten erscheint das durchgehende Signal an der unteren Buchse und das mit 10 dB Dämpfung ausgekoppelte an der rechten Seite.

Tabelle 3: Widerstände zur Kalibrierung der SWV-Messung mit Software NWT9

R/Ω	s
50	1
45,5 oder 55	1,1
42 oder 60	1,2
39 oder 65	1,3
33 oder 75	1,5
25 oder 100	2,0
17 oder 150	3,0

Vorgehensweise am FA-NWT mit der Software von DK3WX

Unter Verwendung der Software **NWT9** von Bernd Kernbaum, DK3WX, muss der NWT nach Anschluss des Reflexionsmesskopfes neu kalibriert werden. Dieser Vorgang erfolgt in zwei Teilen und läuft wie folgt ab [4]:

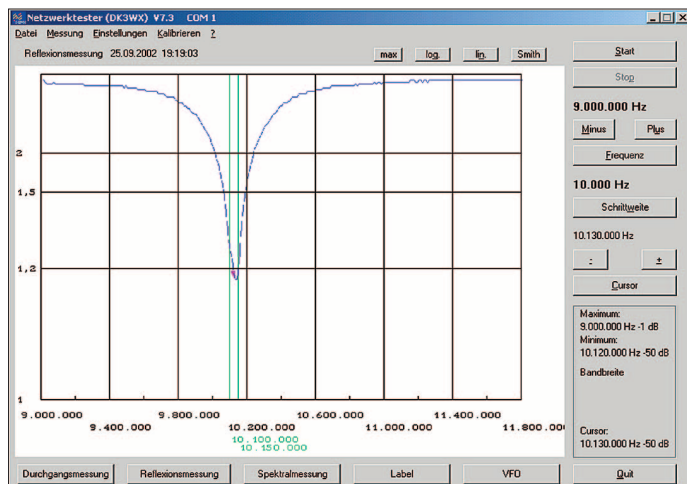


Bild 6: Screenshot einer Antennenmessung mit dem Reflexionsmesskopf; Messobjekt ist ein Dipol für das 30-m-Band, 7 m hoch aufgehängt, inverted Vee, mit 18 m Koaxialkabel.

Screenshots:
DK3WX, DL2RD (2)
Fotos: DJ1UGA (4),
Red. FA (1)

1. Kalibrieren/Reflexionsmessung

Messkopf mit 50 Ω abschließen und untere Begrenzung SWV $s = 1$ kalibrieren. Der Kurvenzug muss sich etwa an der unteren Diagrammlinie anschmiegen. Den Messkopf im Leerlauf oder Kurzschluss für die obere Begrenzung kalibrieren, $s = \infty$. Wenn nach Start ein Kurvenzug auf dem Bildschirm erscheint, muss sich dieser etwa an der oberen Diagrammlinie bewegen. Mit und ohne 50-Ω-Abschluss sollten diese Extremwerte wieder angezeigt werden.

2. Mehrere Hilfslinien für ausgewählte SWV-Werte

Die in Tabelle 3 aufgeführten Widerstände erzeugen ein definiertes SWV, man sollte sie zum Kalibrieren der Bezugslinien vorrätig haben. Wer auch den VHF-Bereich nutzt, achte auf entsprechende Widerstände und kürzeste Leitungsführung! In der Praxis gibt es Abweichungen, wenn man beide möglichen Widerstände für eine definierte Fehlanpassung vergleicht. Diese entstehen durch den Innenwiderstand des NWT. Infolge unterschiedlicher Belastung entstehen an der Brücke andere Klemmspannungen. Nur wenn der R_i des Generators nahe bei 0 Ω läge, käme man auf gleiche Werte. Mittels der Funktion *Kalibrieren/Linie* lassen sich mehrere Hilfslinien zeichnen. Der Text, der neben diesen erscheint, ist unter *Einstellungen/Optionen* zu ändern. Es können nur Zahlen eingegeben werden. Für die Beschriftung eines mit $R = 33 \Omega$ oder 75Ω erzeugten SWV von $s = 1,5$ bitte die Zahl 15 eintragen. Sichern der Kalibrierung *Datei / Speichern* oder *<F2>* nicht vergessen!

Es empfiehlt sich im Interesse der Erhöhung der Messgenauigkeit, den gesamten Vorgang der Kalibrierung nur in dem Frequenzbereich vorzunehmen, der wirklich interessiert, also z.B. bei einer Allband-Antenne von 80 bis 10 m der Bereich von 3 bis 32 MHz sowie bei einer 2-m-Antennen von 140 bis 150 MHz. Die Kalib-

Umrechnungsformeln

$$r = \frac{s-1}{s+1}$$

$$s = \frac{1+r}{1-r}$$

$$a_r/\text{dB} = -20 \log r$$

$$r = 10^{\left(-\frac{a_r/\text{dB}}{20}\right)}$$

r Reflexionsfaktor
 a_r Rückflussdämpfung (positiv!)
 s Stehwellenverhältnis

Eine sehr nützliche Rechenhilfe gibt es unter [7]; dort einen Parameter eintippen (Punkt statt Komma!) und *Enter* drücken.

rierungen für verschiedene Messbereiche lassen sich in separaten Konfigurationsdateien *.CFG ablegen, die sich wie oben beschrieben speichern und mit *Datei / Laden* oder *<F3>* wieder einlesen lassen.

Bild 6 zeigt drei Linien, ungenutzte liegen auf der X-Achse. Sehr gut ist die Bandbreite der von DK3WX gemessenen Antenne für $s = 2,0$ zu erkennen.

Vorgehensweise am FA-NWT mit der Software von DL4JAL

Solange die älteren Versionen 1.01 bis 1.04 Verwendung finden, ist das Vorgehen bei der Software **WinNWT** bzw. **LinNWT** [10] von Andreas Lindenau, DL4JAL, praktisch analog zur DK3WX-Software – die Menüpunkte und Buttons tragen sinngemäß ähnliche Bezeichnungen (Kalibrierung z. B. unter *Wobbeln/Eichen Kanal 1*, Abspeichern/Einlesen unter *Wobbeln/ Messsonde Kanal 1*), Beispiele s. Anhang.

Auch ab Version 1.05 ist nach Anschluss des Reflexionsmesskopfes noch eine einmalige Kalibrierung des NWT notwendig, nicht aber das Kalibrieren von Linien mit definiertem SWV. Voraussetzung ist zunächst, dass der NWT vorher ohne Reflexionsmesskopf mit dem 40-dB-Dämpfungsglied, wie in [10] beschrieben, bei aktivem Arbeitsblatt *Wobbeln/Betriebsart Wobbeln* kalibriert wurde (logarithmischen Messeingang wählen!).

Stecken Sie nun den Reflexionsmesskopf an (Generatoreingang, d. h. BNC-Stecker, an Generatorausgangsbuchse des NWT, BNC-Kabel von der mittleren Buchse des Messkopfes an Detektoreingangsbuchse des NWT) und wählen Sie auf dem Arbeitsblatt *Wobbeln* die *Betriebsart SWR*, klicken auf das Menü *Wobbeln* und dort den Unterpunkt *Eichen Kanal 1*, wie Bild 7 zeigt. Die Software fordert Sie nun auf, den Reflexionsmesskopf offen zu lassen, d. h. Eingangsbuchse X bleibt unbeschaltet.

Nun nimmt der NWT Messwerte auf und Sie werden aufgefordert, diese abzuspeichern. Es empfiehlt sich, den vorgeschlagenen Standard-Dateinamen *defsonde1* zu wählen. Die folgende Anfrage nach dem

Überschreiben der alten, gleichnamigen Datei bejahen Sie! Damit sind Sie nun auch für SWV-Messungen (an manchen Stellen engl. SWR genannt) gerüstet und durch die Auswahl der o. g. Standarddatei „kennt“ WinNWT nach einem Neustart sofort die richtigen Kalibrierwerte.

Eines weiteren Kalibrierdurchgangs bedarf es hier nicht. Auch die Widerstände gemäß umseitiger Tabelle 3 sind unter WinNWT ab Version 1.05 **nicht mehr** zur Kalibrierung erforderlich! Die Software berechnet unter *Wobbeln/ Betriebsart SWR* eine SWR-Skala automatisch. Voraussetzung dabei ist, dass der logarithmische Messkopf aktiv ist und der hier beschriebene FA-Reflexionsmesskopf BX-066 mit $a_K = 10$ dB zum Einsatz gelangt! Die Auflösung der Skala lässt sich unter *Auflösung SWR* (rechts unten in Bild A6) wählen.

Abschließend können wir gleich noch die erreichte Richtdämpfung überschlägig kontrollieren: *Wobbeln/ Betriebsart Wobbeln*, Reflexionsmesskopf mit möglichst hochwertigem Abschlusswiderstand $50\ \Omega$ als



Bild 8: 50-Ω-Längswiderstand (zweimal 100 Ω parallel) im Weißblechgehäuse, FA-Nr. BX-068

in Bild A6 gezeigten Beispiel gehandhabt wurde.

Darüber hinaus gibt es noch die Betriebsart Impedanzberechnung. Wegen der Zweideutigkeit der Berechnung aus dem SWV muss dazu **hinter** dem Reflexionsmesskopf ein 50-Ω-Widerstand **in Reihe** zum Messobjekt geschaltet werden, wobei

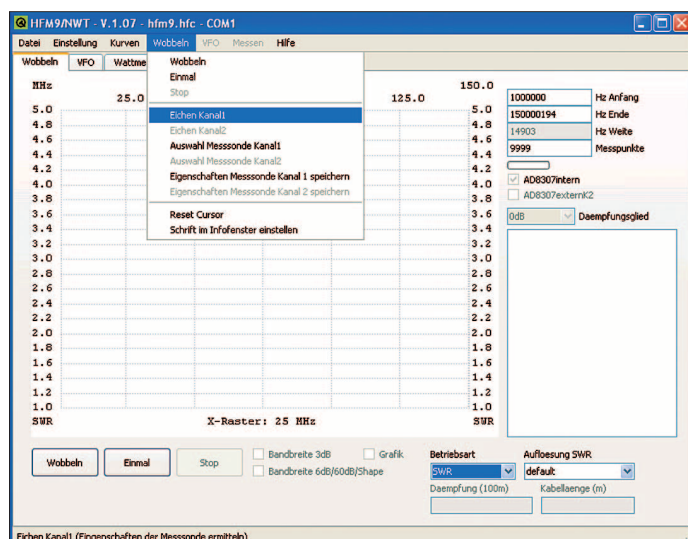


Bild 7: Der Reflexionsmesskopf bedarf auch in der aktuellen Softwareversion WinNWT von DL4JAL nach dem ersten Anstecken einer Kalibrierung – dazu ist im Menü *Wobbeln* der Unterpunkt *Eichen Kanal 1* zu wählen. Abspeicherung am besten unter *defsonde1*.

Messobjekt. Bild 9 zeigt das Ergebnis; bei diesem einfachen Vorgehen ist die Auskoppeldämpfung von nominal 10 dB abzuziehen. Die Qualität des Abschlusswiderstandes geht in das Ergebnis ein, ein billiger 50-Ω-Abschluss aus der Computertechnik (Ethernet 10 Base2) täuscht nur noch 25 dB bei 160 MHz vor.

Die aktuellen Versionen ab 1.07 gestatten es ferner, aus dem gemessenen SWV auf das an der Antenne zu schließen. Dazu ist in der Betriebsart *SWR_{ant}* die Dämpfung des verwendeten Kabels bei der interessierenden Frequenz in Dezibel bei 100 m Länge (Datenblättern wie [12] zu entnehmen) sowie die tatsächliche Länge in Meter einzugeben. Da die Frequenzabhängigkeit der Dämpfung hierbei (noch) keine Berücksichtigung findet, ist ein Wobbeln nur in der näheren Umgebung der betreffenden Frequenz sinnvoll, wie dies auch bei dem

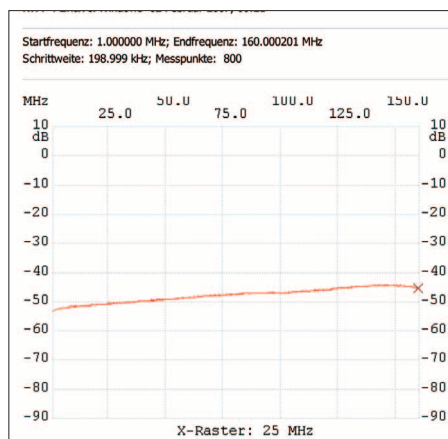


Bild 9: Kontrolle der Richtdämpfung bei Abschluss des Reflexionsmesskopfes mit einem möglichst hochwertigem 50-Ω-Abschlusswiderstand, Betriebsart *Wobbeln*; die Auskoppeldämpfung von nominal 10 dB ist vom angezeigten Wert abzuziehen, d. h. auf 160 MHz werden hier 45 dB – 10 dB = 35 dB erreicht.

die Software eine Bedienerführung leistet. Ein kleiner Bausatz, bestehend aus Weißblechgehäuse, BNC-Buchse, BNC-Einbaustecker und zwei parallelzuschaltenden 100-Ω-Widerständen, ist im FA-Leserservice unter BX-068 erhältlich. Bild 8 vermittelt einen Eindruck vom aufgebauten Bausatz.

Abschließende Bemerkungen

Diese Aufbauanleitung zeigt den einfachen Eigenbau eines gut funktionierenden Reflexionsmesskopfes, basierend auf einem kommerziellen Transformator-Richtkoppler. Die Ergebnisse sind erstaunlich gut und erreichen fast das Niveau von teuren Messbrücken aus industrieller Fertigung.

Der Umgang mit Richtkopplern ist in [5], [6] und [8] beschrieben. In [9] ist oben drein die Bestimmung von Real- und Imaginärteil aus dem SWV nachzulesen. Selbstredend arbeitet der Reflexionsmesskopf auch mit anderen, ähnlich aufgebauten NWT-Varianten zusammen und kann unter Beachtung der gegebenen Hinweise auch gänzlich anders verwendet werden. Die maximale Eingangsleistung von 1 W ist allerdings in jedem Falle zu beachten!

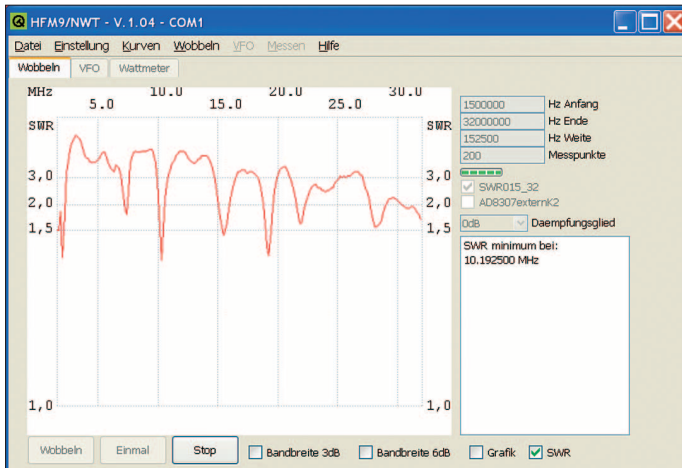
nwt@funkamateur.de

Literatur und URL

- [1] Graubner, N., DL1SNG; Borchert, G., DF5FC: Bausatz Netzwerktester FA-NWT. FUNKAMATEUR 55 (2006) H. 10, S. 1154–1157; H. 11, S. 1278–1282
- [2] Nussbaum, H., DJ1UGA: Messung der Reflexionsdämpfung mit dem FA-Netzwerktester. FUNKAMATEUR 55 (2006) H. 12, S. 1398–1401
- [3] FA-Bauelementeinformation: Direktionale und bidirektionale Koppler PDC-xxx, TDC-xxx. FUNKAMATEUR 55 (2006) H. 12, S. 1411–1412
- [4] Kernbaum, B., DK3WX: Neues vom Netzwerktester. FUNKAMATEUR 51 (2002) H. 11, S. 1136–1139; H. 12, S. 1242–1245
- [5] Dürr, R. A., HB9OJ: Messungen mit der Richtkopplerbrücke. FUNKAMATEUR 55 (2006) H. 12, S. 1257–1259
- [6] Nussbaum, H., DJ1UGA: HF-Messungen für den Funkamateur, Teil 3. vth, Baden-Baden 2006, S. 42 ff.; FA: V-8248
- [7] Besser Associates: Animated VSWR Calculator. www.bessernet.com/Ereflecto/tutorialFrameset.htm
- [8] Janzen, G., DF6SJ: HF-Messungen mit einem aktiven Stehwellenmessgerät. Janzen, Kempten 1996; FA: J-170X
- [9] Twele, H., DK6AE: Bestimmung von komplexen Impedanzen durch SWV-Messung. FUNKAMATEUR 52 (2003) H. 2, S. 172–173
- [10] Lindenau, A., DL4JAL: LinNWT und WinNWT – Software zum FA-Netzwerktester. FUNKAMATEUR 56 (2007) H. 1, S. 38–41; aktuelle Software und Dokumentation: www.dl4jal.de
- [11] Red. FA: Neuerungen beim FA-Netzwerktester. FUNKAMATEUR 56 (2007) H. 2, S. 158
- [12] FA-Bauelementeinformation: Koaxialkabel, Daten marktüblicher 50-Ω-Koaxialkabel. FUNKAMATEUR 56 (2007) H. 1, S. 57–58

Beachten Sie bitte den Anhang ab der folgenden Seite!

Anhang: Weitere Messbeispiele



Die hier dargestellten Messbeispiele wurden an einem FA-NWT mit der Firmware HFM9B_V106 und der Software WinNWT V1.04 von DL4JAL (www.dl4jal.de) an einem 1,4-GHz-PC unter Windows XP, SP2, aufgenommen.

Die Bilder A1 und A2 zeigen Messungen an einer noch im Experimentalstadium befindlichen KW-Multibandantenne. Durch Vorgabe von Anfangs- und Endfrequenz lassen sich die einzelnen Resonanzen detailliert sichtbar machen.

Bild A2:
SWV-Verlauf der
Multibandantenne
nach Bild A1 in
gespreizter
Darstellung;
die Resonanzen auf
7 MHz und 10,1 MHz
sind hier besser zu
erkennen.

Screenshot: DL2RD

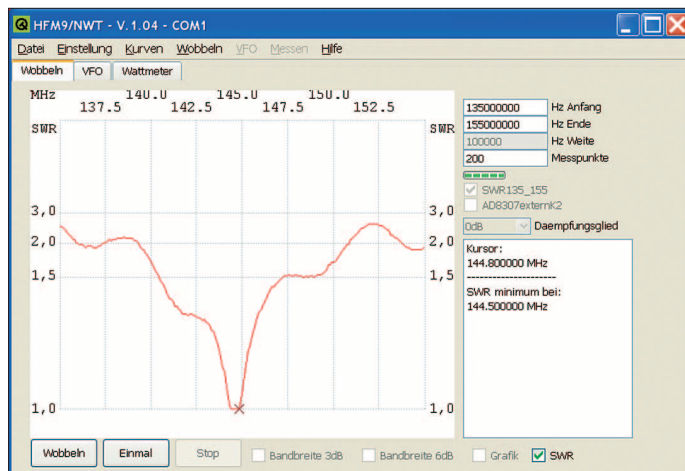


Bild A3 zeigt eine Messung im VHF-Bereich, vorgenommen im Shack, wobei sich die Antenne auf dem Dach befindet. Hier ist unbedingt die **Kabeldämpfung** zu beachten! Wo das antennenseitige Ende des Kabels zugänglich ist, sollte man die Abschlusswiderstände zur Kalibrierung nicht am Reflexionsmesskopf im Shack, sondern am Kabelende anstecken!

Bei Leitungen mit höher Dämpfung gibt es prinzipielle Grenzen: Bei 3 dB Kabeldämpfung kommt eine total reflektierte Welle mit 6 dB Dämpfung zurück! Das bedeutet $r = 0,5$ sowie $s = 3,0$. Ein höheres SWV als $s = 3$ ist dann nicht mehr messbar!

Bild A4:
SWV-Verlauf einer
sauber auf das 17-
m-Band
abgeglichenen
Antenne.

Screenshot:
DK3RED

Bild A1:
SWV-Verlauf einer
noch nicht fertig
abgeglichenen KW-
Multibandantenne;
die Resonanzen auf
1,8 MHz, 7 MHz und
10,1 MHz passen
bereits ganz gut,
die weiteren, z.B.
bei 14 MHz und 21
MHz, noch nicht.

Screenshot: DL2RD

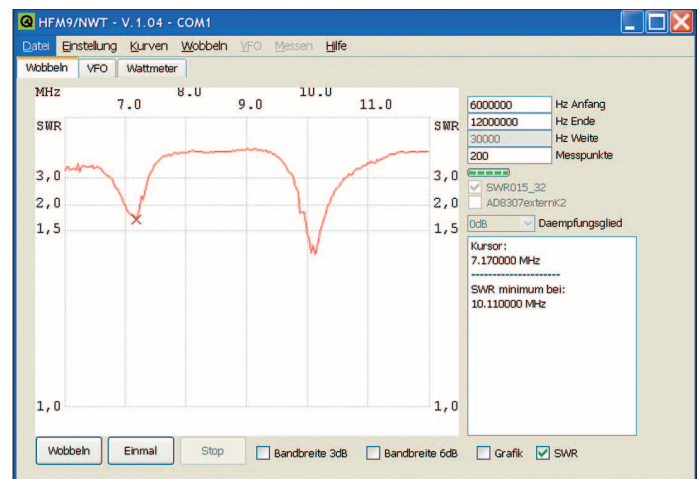


Bild A3:
SWV-Verlauf einer
2-m-/70-cm-Duo-
bandantenne X30 im
2-m-Bereich nach
etwa 15 m Speise-
leitung Ecoflex 10
(0,7 dB Dämpfung
auf 2 m lt.
Datenblatt).

Screenshot: DL2RD

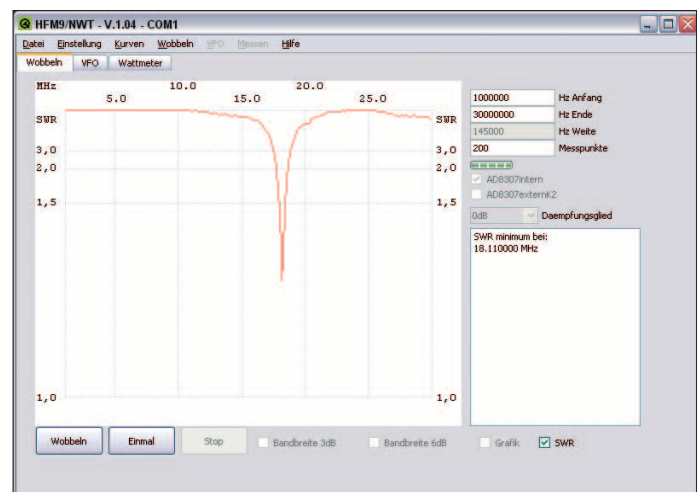
Schließlich gibt Bild A5 einen Ausblick auf die verbesserten Möglichkeiten der Software WinNWT von DL4JAL ab Version 1.05. Da die Auskoppeldämpfung des Reflexionsmesskopfes über einen großen Frequenzbereich nahezu konstant ist, kann die Software aus dem gemessenen Rücklauf das SWV ermitteln, ohne dass ein vorheriges Kalibrieren von SWV-Linien erfolgen muss. Das erledigt die Software nach einmaliger Kalibrierung, wie vorn auf Seite 2 beschrieben, selbsttätig.

Aus Platzgründen erst auf Seite 6 folgt noch eine Methode zur echten Messung der Richtdämpfung des Reflexionsmess-

kopfes – diese ist aber vorrangig für Spezialisten gedacht!

Bitte schauen Sie gelegentlich auf der Website www.dl4jal.de nach, ob neue Softwareversionen vorliegen (derzeit 1.08), und beachten die dortigen Hinweise unter „Versionsverlauf“.

nwt@funkamateure.de



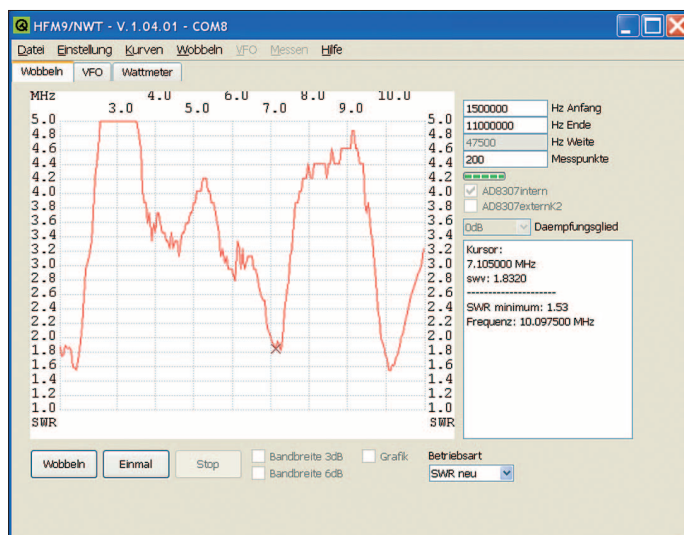


Bild A5:
SWV-Verlauf der Multiband-Antenne aus Bild A1, gemessen mit der WinNWT-Version 1.05. Eine Kalibrierung von SWV-Linien mit dem Reflexionsmesskopf ist hier nicht mehr notwendig.

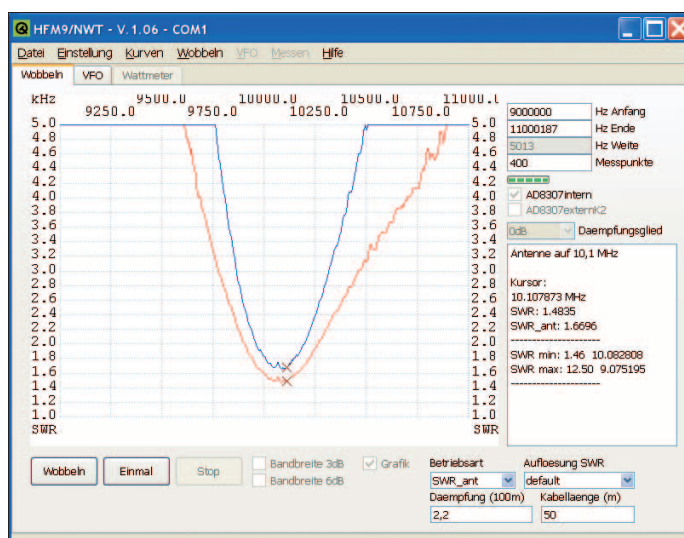


Bild A6:
SWV-Verlauf der Multiband-Antenne aus Bild A1 im 30-m-Band, gemessen mit WinNWT, Version 1.06. In der Betriebsart **SWR_ant** erfolgt nach Eingabe der 100-m-Dämpfung und der tatsächlichen Länge des Kabels eine Rückrechnung auf das SWV an der Antenne.

Für Spezialisten: Messung der Richtdämpfung des Reflexionsmesskopfes

Bei der auf Seite 3 und in Bild 9 gezeigten „Kontrolle“ der Reflexionsdämpfung handelte es sich wie erwähnt um ein überschlägiges Verfahren, bei dem die *nominale* Auskoppeldämpfung $a_K = 10$ dB vom angezeigten Wert (als Betrag gesehen) abzuziehen ist.

Dies ist für eine Funktionsüberprüfung auch vollauf gerechtfertigt, denn wie die Messung der Auskoppeldämpfung mit dem FA-NWT in Bild A7 zeigt, liegt deren Wert zwischen 10,67 und 11,26 dB. Darin geht bereits der Messfehler des FA-NWT ein, separat mit einem kommerziellen Gerät gemessen liegt der Wert ziemlich genau bei 10 dB im gesamten Frequenzbereich (Seite 1, Bild 5).

Eine elegantere Methode wäre es, die beiden Kurven „Auskoppeldämpfung“ und „Auskoppeldämpfung + Richtdämpfung“ gleich softwaremäßig voneinander abzuziehen. Da das WinNWT (noch) nicht direkt erlaubt (es sei denn, man verfügt über einen zweiten Messkopf [10]), müssen wir uns mit einem Trick behelfen. Dabei ist eine separate Kalibrierung des Reflexionsmesskopfes als weitere „Mess-Sonde“ in der Betriebsart *Wobbeln/Eichen Kanal 1* (d. h. mit 40 dB bzw. 0 dB Dämpfung) bei gemäß Bild A10 zunächst offen gelassenem X-Ausgang des Reflexionsmesskopfes (Totalreflexion) vorzunehmen. Bei der Abspeicherung dieser Kalibrierung müssen Sie jedoch zwingend einen anderen Namen wählen als

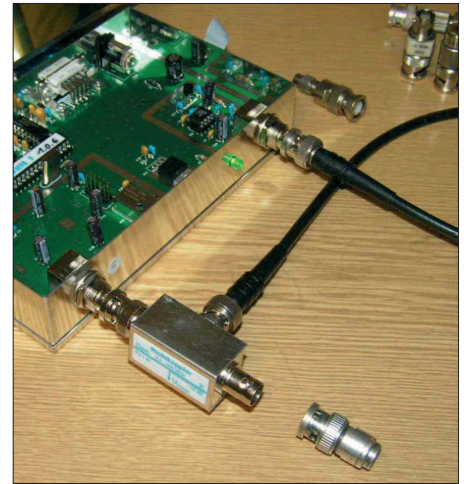


Bild A10: Messanordnung während der Kompensation der Auskoppeldämpfung des Reflexionsmesskopfes, siehe Text

defsonde1, sonst ist die Kalibrierung für normale Durchgangsmessungen dahin!

Auf diese Weise wird die Auskoppeldämpfung kompensiert. Das sieht man nach erneutem Start eines Wobbelvorgangs (Bild A8) bei nach wie vor offen gelassenem X-Ausgang – die Kurve verläuft nun entlang der 0-dB-Linie.

Nach anschließendem Anstecken eines korrekten 50-Ω-Abschlusswiderstandes wird die reine Richtdämpfung angezeigt. Es ergibt sich, wie Bild A9 erkennen lässt, selbst bei 160 MHz immer noch ein Wert **größer als 35 dB**, was die im Vorspann auf S. 1 genannte Forderung erfüllt. Auch in diese Messung gehen bereits die internen Fehler des FA-NWT ein, der kommerzielle Messplatz (Seite 1, Bild 5) weist eine noch höhere Richtdämpfung aus.

nwt@funkamateure.de

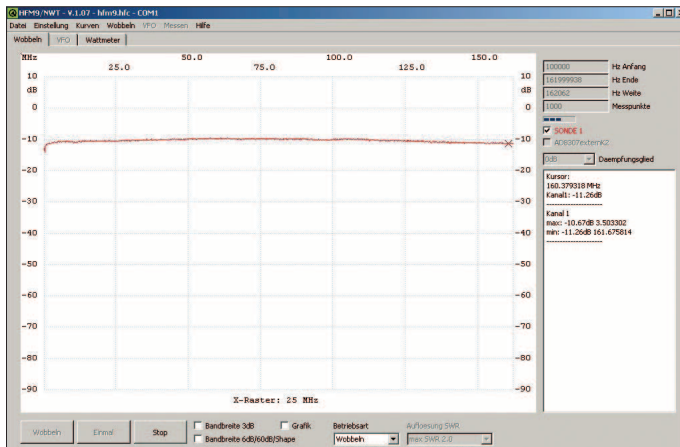


Bild A7: Frequenzgang der Auskoppeldämpfung des Reflexionsmesskopfes, gemessen bei offenem X-Ausgang in der Betriebsart *Wobbeln*

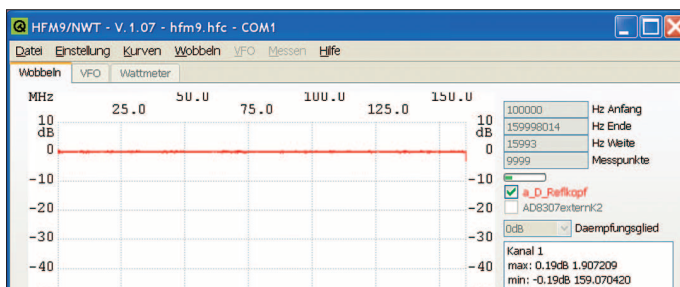


Bild A8: Auskoppeldämpfung des Reflexionsmesskopfes kompensiert, siehe Text

Foto: DJ1UGA

Screenshots:

DJ1UGA (2), DL2RD

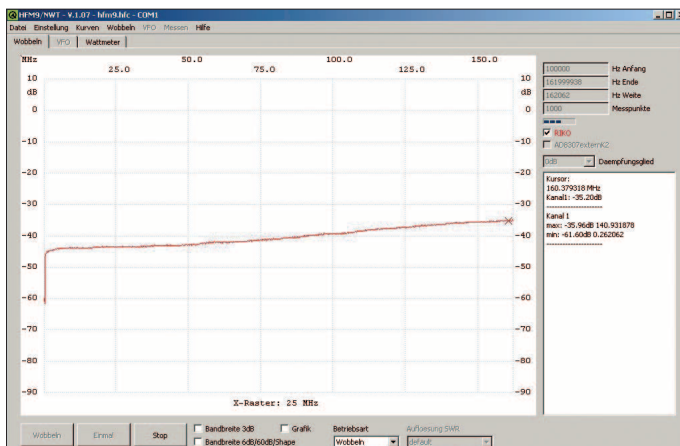


Bild A9: Korrekte Messung der Richtdämpfung, hier bei Abschluss des Reflexionsmesskopfes mit einem hochwertigen 50-Ω-Abschlusswiderstand, Betriebsart *Wobbeln*; die Auskoppeldämpfung wurde durch Kalibrierung kompensiert, siehe Text.

Versionsgeschichte zur Baumappte

Die aktuellste Fassung dieser Baumappte wird jeweils im Online-Shop des FUNK-AMATEUR als ergänzende Information zum Produkt *Netzwerktester NWT01, Komplettbausatz*, Artikel-Nr. *BX-060*, zum Download bereitgestellt.

Damit Leser, die die vorigen Textversionen bereits kennen, nicht alles neu lesen müssen, führen wir an dieser Stelle auf, was sich von Version zu Version geändert hat. Die aktuellste Version steht dabei als Erstes.

Version 070222

- S. 2: Vorgehen mit der DL4JAL-Software, speziell Abspeicherung der Kalibrierung mit Reflexionsmesskopf ergänzt;
- S. 6 hinzugefügt mit einem weiteren Messbeispiel, das die Kennwerte des Reflexionsmesskopfes verifiziert.

Version 070202

- S. 2: Vorgehen mit der DL4JAL-Software, speziell Kalibriervorgang, detaillierter erklärt;
- im Anhang weitere Messbeispiele hinzugefügt.

Version 070125

- Kasten S. 2: Formel für s korrigiert (lieferte falsches Vorzeichen);
- Abschnitt Montage: Kreuzung Pin 2 und 4 detaillierter erklärt und auf Differenzen bei anderweitiger Verwendung hingewiesen;
- Abschnitt zu WinNWT/LinNWT erweitert und Besonderheiten ab Version 1.05 ergänzt;
- Literatur: Hinweis auf Beiträge in FA 2/07 [11] und 1/07 [12] ergänzt.

Version 061215

- Anhang mit Messergebnissen erweitert.

Version 061208

- Anhang mit Messergebnissen hinzugefügt.