

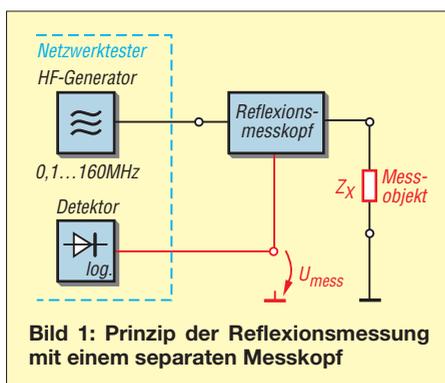
Reflexionsmesskopf für den Netzwerktester FA-NWT

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 überwiegend mehr als 35 dB und bei 160 MHz noch wenigstens 30 dB Richtschärfe haben soll. Diese Aufbauanleitung gibt Hinweise zur Montage und zur Nutzung des Reflexionsmesskopfes, der ohne jeglichen Abgleich auskommt.

Eine Messeinrichtung zur Bestimmung des Reflexionsfaktors wird benötigt, um die Anpassung von passiven Bauelementen wie Antennen, Filtern, aber auch aktiven wie Verstärkern, an die Sollimpedanz – meist 50 Ω – messen zu können. Übliche Maße für die Anpassung sind das Stehwellenverhältnis s (SWV), dem Funkamateur von seinen Antennen her vertraut, und die in Dezibel angegebene Rückfluss- oder Reflexionsdämpfung a_r (engl. *return loss*). Beides kann der FA-NWT anzeigen.

Neben der im Vorspann genannten Spezifikation bestanden keine speziellen Forderungen hinsichtlich der Brückendämpfung o. Ä., der Messkopf ist bei Bedarf gemäß Bild 1 an den Generatorausgang und Demodulatoreingang des NWT zu stecken; eine Kalibrierung erfolgt per Software, s. u. Qualitätskriterium für die Messgenauigkeit des Reflexionsmesskopfes ist seine interne Reflexionsdämpfung, speziell bei einem solchen Bauelement als *Richtschärfe* bezeichnet [2], [3]. Sie gibt an, wieviel Leistung trotz idealer Anpassung an die Systemimpedanz, hier 50 Ω, unerwünscht reflektiert wird.



Unterhalb der Richtschärfe liegende Anpassungswerte lassen sich mit einer solchen Messanordnung nicht mehr bestimmen. Reflexionsdämpfung a_r , Betrag des Reflexionsfaktors r sowie SWV s lassen sich ineinander umrechnen, siehe Kasten S. 2, und sind gleichwertige Angaben für die Anpassung. Tabelle 1 gibt ausgehend von der *Richtschärfe* der Messanordnung den geringsten, damit noch zu messenden Richtfaktor bzw. das geringste messbare

Stehwellenverhältnis an. Genaueres zur Konzeption des Reflexionsmesskopfes sowie zur prinzipiellen Funktionsweise von Richtkopplern und Reflexionsmessbrücken ist [2] zu entnehmen.

Zusammenbau des Reflexionsmesskopfes

Herzstück des Messkopfes ist ein von Mini Circuits hergestellter Spezialkoppler TDC-10-1 [3], der den 50-Ω-Referenzwiderstand bereits eingebaut hat und außerdem durch seine Kleinheit besticht.

a_r /dB	r	SWV s
40	0,01	1,02
37	0,015	1,03
35	0,02	1,04
32	0,024	1,05
30	0,03	1,07
25	0,06	1,12
20	0,10	1,22

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 ohne Kompensation – und dies war ja die Prämisse – eine Richtschärfe, besser 30 dB, was für den Amateurbedarf als völlig ausreichend anzusehen ist (entspricht $s = 1,07$!), zumal die Werte zu tieferen Frequenzen hin wesentlich besser ausfallen.

Mit Kompensation, siehe [2], lassen sich Werte bis zu 42 dB bei 160 MHz erreichen. Dies ist jedoch nicht Gegenstand der vorliegenden Baumappe – vielmehr seien Interessenten an noch höherer Messgenauigkeit auf [4] verwiesen.

Unter dem Strich zeichnet sich dieser Koppler durch minimale Aufbauarbeiten aus. Daher hatte sich der FA-Leserservice entschlossen, genau für diese Variante ein spezielles Gehäuse mit allen drei erforderlichen Durchbrüchen produzieren zu lassen. Die Montage des Kopplers erfolgt in diesem nur 37 mm langen Filtergehäuse FG1S. Die gestanzten Aussparungen gewährleisten im Zusammenwirken mit



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

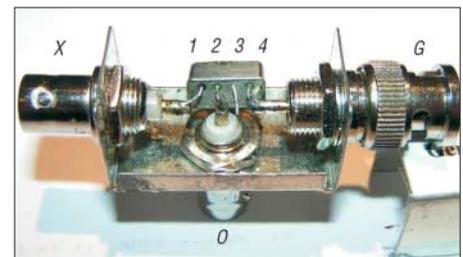


Bild 3: Pin 4 ist mit dem BNC-Einbaustecker zu verlöten, Pin 3 bleibt frei, Pin 2 und Pin 1 gehen direkt zu den Buchsen.



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

hochwertigen BNC-Steckverbindern (Fa. Rosenberger) eine verdrehungssichere Montage derselben. Der Zusammenbau erfolgt gemäß den Bildern 2 bis 4. Die Abstände der BNC-Anschlussstifte passen fast genau zu den Stiftanordnungen des Kopplers. Die richtige Anschlussfolge ist jedoch unbedingt 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 sowie in [3] angegeben. Dies ist jedoch

beabsichtigt. So werden die wegen zusätzlicher Induktivitäten ungünstigen Kreuzungen der Pins 4 und 2 umgangen. Zudem arbeitet der NWT dadurch an einem sauberen 50-Ω-Abschluss. Das führt im Zusammenwirken mit dem NWT insgesamt zu einer höheren Messgenauigkeit.

Achtung: Wer den Koppler jedoch anderweitig betreiben und unbedingt das durchgehende Signal nutzen möchte (*Richtkoppler*), muss dieses abweichend von Bild 5 über Pin 1 und 2 laufen lassen und Pin 4 als Messausgang nutzen. Die Auskoppeldämpfung a_K beträgt dabei 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].

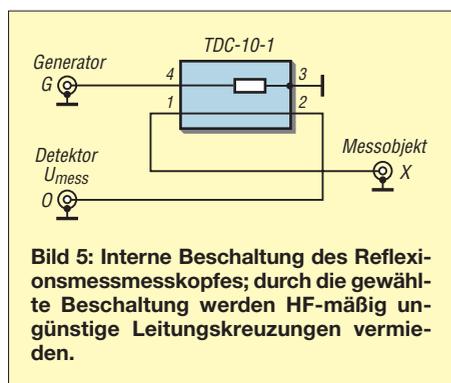


Bild 5: Interne Beschaltung des Reflexionsmesskopfes; durch die gewählte Beschaltung werden HF-mäßig ungünstige Leitungskreuzungen vermieden.

Für einen solchen Fall empfiehlt es sich, den Messkopf mechanisch 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. Umgehen lässt sich diese, wenn man – etwas unlogisch – das durchgehende Signal an der unteren

Buchse erscheinen lässt und das mit 10 dB Dämpfung ausgekoppelte an der rechten Seite.

Es sei für den Anwendungsfall *Richtkoppler* jedoch nochmals auf [4] verwiesen!

■ Vorgehensweise am FA-NWT mit der Software WinNWT/LinNWT

Wir beziehen uns hier ausschließlich auf aktuelle Softwareversionen **ab Version 2.03**, herunterzuladen von www.dl4jal.eu bzw. ab Auslieferungsstand 4/08 des FA-NWT auf der mitgelieferten CD-ROM. Es ist wie bei jedem Netzwerkanalysator auch hier zuerst eine Kalibrierung (in der Software z. T. als *Eichung* bezeichnet) notwendig.

Kalibrierung SWV-Messung

Voraussetzung ist zunächst, dass der NWT vorher ohne Reflexionsmesskopf mit dem 40-dB-Dämpfungsglied, wie in [5], [6] beschrieben, bei aktivem Arbeitsblatt *Wobbeln*/Betriebsart *Wobbeln* kalibriert wurde (logarithmischen Messeingang wählen!). Stecken Sie nun den Reflexionsmesskopf mit seinem Generatoreingang, d. h. seinem BNC-Stecker, an die Generatorausgangsbuchse des NWT. Ein kurzes BNC-Kabel führt von der mittleren Buchse des Messkopfes an die Detektoreingangsbuchse des NWT. Wählen Sie nun auf dem Arbeitsblatt *Wobbeln* die Betriebsart *SWV*, klicken auf das Menü *Wobbeln* und dort den Unterpunkt *Eichen Kanal 1*, wie Bild 6 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 belassen. Die folgende Anfrage nach dem **Überschreiben** der alten, gleichnamigen Datei **bejahen** Sie! (Ja, das ist **kein**

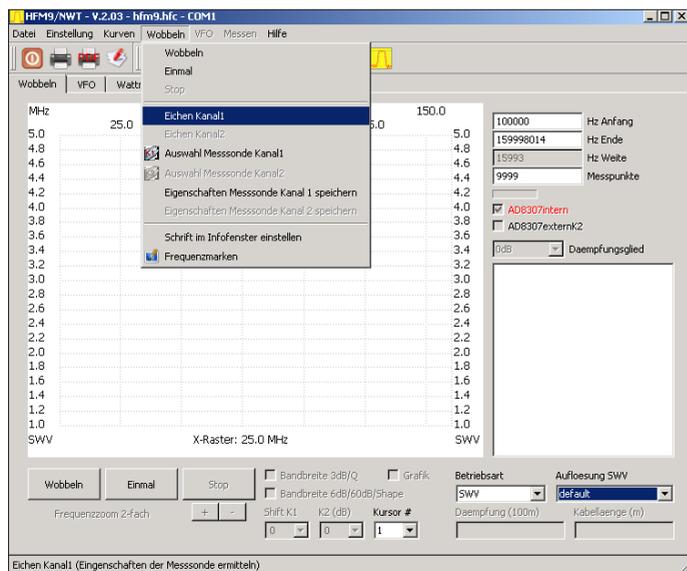


Bild 6: Der Reflexionsmesskopf muss auch in der aktuellen Softwareversion WinNWT 2.03 von DL4JAL nach dem ersten Anstecken kalibriert werden – dazu ist Arbeitsblatt Wobbeln, Betriebsart SWV, im Menü Wobbeln der Unterpunkt Eichen Kanal 1 zu wählen; Abspeicherung am besten unter defsonde1.

Umrechnungsformeln

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

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

r Reflexionsfaktor
 a_r Rückflussdämpfung (positiv!)
 s Stehwellenverhältnis

Eine sehr nützliche Rechenhilfe gibt es unter [8]; dort einen Parameter eintippen (Punkt statt Komma!) und *Enter* drücken.

Druckfehler: Die SWV-Kalibrierung wird in der Datei *defsonde1* an anderer Stelle abgelegt als die Kalibrierwerte für die Durchgangsmessung! Damit sind Sie nun auch für SWV-Messungen gerüstet und durch die Auswahl der o. g. Standarddatei „kennt“ *WinNWT* nach einem Neustart sofort die richtigen Kalibrierwerte.

Eines weiteren Kalibrierdurchgangs bedarf es, wenn Sie auch die Reflexionsdämpfung direkt anzeigen wollen – eher etwas für Spezialisten... Im Normalfall wird die Anzeige des SWV als Maß für die Anpassung ausreichen und damit der folgende Arbeitsschritt unnötig sein.

Kalibrierung Reflexionsdämpfung

Zwar zeigt die Software WinNWT die Rückflussdämpfung nicht direkt an, doch wir können uns mit einem Trick behelfen.

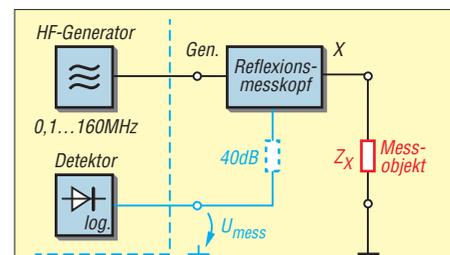


Bild 7: Für Spezialisten: Messung der Reflexionsdämpfung mit FA-NWT und dem Reflexionsmesskopf; das 40-dB-Dämpfungsglied wird nur zur Kalibrierung dazwischengesteckt, ansonsten geht U_{mess} direkt zum Messeingang des NWT.

Dazu ist eine separate Kalibrierung des Reflexionsmesskopfes als weitere „Mess-Sonde“ notwendig. Wir stecken den Reflexionsmesskopf wie bei der Kalibrierung bzw. Messung des SWV auf den Generatorausgang des NWT, lassen seinen Messeingang (X) zunächst offen, und U_{Mess} kommt über ein kurzes BNC-Kabel an den Messeingang des FA-NWT – siehe Bild 7. Weiter geht es auf dem Arbeitsblatt *Wobbeln* in der Betriebsart *Wobbeln*/*Eichen Kanal 1* zum Kalibrierdurchgang für die Rückflussdämpfung: Nun die logarithmische Sonde auswählen und gemäß Auf-



Bild 8: Messanordnung zur Arbeit mit dem Reflexionsmesskopf am FA-NWT; damit lassen sich sowohl des SWV als auch die Rückflussdämpfung ermitteln.

forderung 40 dB Dämpfung in die Leitung zum Messeingang einschleifen. Nach Schreiben der Kurve fordert WinNWT zum Entfernen des Dämpfungsgliedes auf, die Leitung zum Messeingang ist daraufhin direkt anzustecken. Nach Schreiben einer weiteren Kurve ist diese Kalibrierung zwingend unter einem anderen Namen als *defsonde1*, beispielsweise unter *Reflexionsdämpfung*, abzuspeichern. Bei Nichtbeachtung der Namensänderung wäre

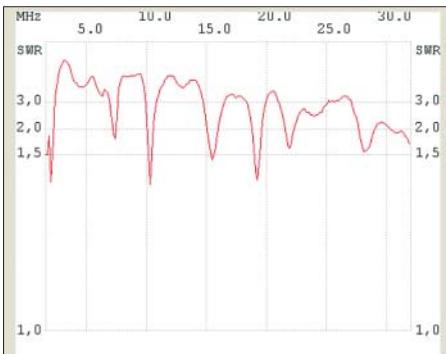


Bild 9: SWV-Verlauf einer noch nicht fertig abgeglichenen KW-Multibandantenne; die Resonanzen auf 1,8 MHz, 7 MHz und 10,1 MHz passen bereits ganz gut.

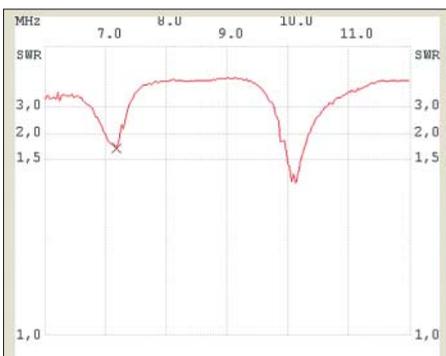


Bild 10: SWV-Verlauf der Multibandantenne nach Bild 9 in gespreizter Darstellung; die Resonanzen auf 7 MHz und 10,1 MHz sind hier besser zu erkennen.

die Kalibrierung für normale Durchgangsmessungen dahin!

Der erneute Start eines Wobbelvorgangs in der Betriebsart *Wobbeln* bei nach wie vor offen gelassenem X-Eingang lässt die Kurve nun entlang der 0-dB-Linie verlaufen. Stecken Sie jetzt ein Messobjekt an den X-Eingang des Reflexionsmesskopfs, wird die reine Reflexionsdämpfung in Dezibel angezeigt, mehr hierzu auf S. 4.

■ Messung des SWV mit dem Reflexionsmesskopf und WinNWT

Nach erfolgter Kalibrierung sind wir nun für Anpassungsmessungen gerüstet, wobei der Reflexionsmesskopf wie beschreiben angesteckt bleiben muss. Wichtig dabei ist, dass der logarithmische Messkopf aktiv ist. Wollen Sie jedoch Durchgangs- (Transmissions-)messungen durchführen, ist der Reflexionsmesskopf während dessen unbedingt abzuziehen! Das Generatorsignal des NWT lässt sich an seinem Ausgang **nicht** entnehmen.

Einfache SWV-Messungen

Wir vergewissern uns zunächst, dass die richtige Kalibrierung ausgewählt ist. Wer zuvor auf Reflexionsdämpfung kalibriert hatte, muss jetzt über Menü *Wobbeln, Auswahl Messsonde Kanal 1*, auf die bei der SWV-Kalibrierung verwendete Sondenda-

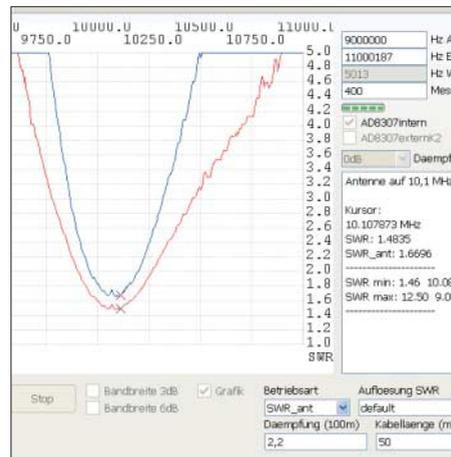


Bild 11: SWV-Verlauf der Multiband-Antenne aus Bild 9 im 30-m-Band, gemessen mit WinNWT; in der Betriebsart *SWR_ant* erfolgt nach Eingabe der 100-m-Dämpfung und der tatsächlichen Länge des Kabels eine Rückrechnung auf das SWV an der Antenne (rote Kurve).

tei zurückschalten (ggf. *defsonde1.hfm*)! Wählen Sie nun auf dem Arbeitsblatt *Wobbeln* die Betriebsart *SWV*. Die Auflösung der Skala lässt sich unter *Auflösung SWV* (rechts unten in Bild 6) wählen. Rechts oben können Sie wie bekannt die untere und obere Frequenzgrenze einstellen. Sie sollte immer auf den interessierenden Bereich beschränkt, aber auch nicht zu eng gefasst werden. Für erste Messungen an



Bild 12: SWV-Verlauf einer 2-m-/70-cm-Duo-bandantenne X30 im 2-m-Bereich nach 15 m Ecoflex 10 (0,7 dB Dämpfung auf 2 m); zusätzlich erkennbar sind Resonanzen der elektrisch fast 9λ langen Speiseleitung.

Screenshots: DL2RD

einem abzugleichenden 40-m-Dipol erscheint beispielsweise der Bereich 6,7 bis 7,5 MHz sinnvoll. Es kann dabei hilfreich sein, Frequenzmarken einzublenden [5], [6]. Die Bilder 9 und 10 verdeutlichen, wie sich durch gezielte Festlegung von Anfangs- und Endfrequenz Details sichtbar machen lassen.

Gerade für Abgleicharbeiten empfiehlt es sich ferner, die Anzahl der Messpunkte zunächst herunterzusetzen, beispielsweise auf 99 – so geht es schneller.

Speiseleitung berücksichtigen

Die Software WinNWT/LinNWT gestattet es bereits ab Version 1.06, aus dem gemessenen SWV auf dasjenige direkt an der Antenne zu schließen. Dazu ist in der Betriebsart *SWV_ant* die Dämpfung des verwendeten Kabels bei der interessierenden Frequenz in Dezibel bei 100 m Länge (Datenblättern wie [7] 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 in Bild 11 gezeigten Beispiel (Kabellänge 50 m, 100-m-Dämpfung lt. Datenblatt 2,2 dB) gehandhabt wurde.

Trotzdem sei an dieser Stelle ausdrücklich empfohlen, die Anpassungsmessungen immer so nah wie möglich an der Antenne durchzuführen, da es sonst zu Verfälschungen des Messergebnisses kommen kann. Bild 12 zeigt einen solchen Fall, wo der Anpassungsverlauf bereits durch Kabelresonanzen verfälscht wird. Mehr zu diesem Effekt sowie unzählige weitere Messbeispiele siehe [9].

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



Bild 13: 50-Ω-Längswiderstand (zweimal 100 Ω parallel) im Weißblechgehäuse, Bausatz FA-Nr. BX-068

mehr messbar und die Rückrechnung an der oberen Grenze entsprechend unsicher ($s = 2,5$ am NWT entspricht real $s = 13$, $s = 3,0$ am NWT bedeutet real $s = \infty$). Das lässt sich in gewissen Grenzen umgehen, wenn man die Kalibrierung des SWV mit am Reflexionsmesskopf angeschlossener, am Ende offener Speiseleitung durchführt. Eine solche Kalibrierung, unter separatem Namen wie z. B. *SWV am Mast* abgespeichert, kann bei häufigen Experimenten am Mast oder auf dem Dach, un-

Bild 13 vermittelt einen Eindruck vom aufgebauten Bausatz.

In dieser Betriebsart ist jedoch zu beachten, dass die Messgenauigkeit mit der Entfernung von der Systemimpedanz 50 Ω sinkt; Impedanzen im Kilohmbereich lassen sich nur noch grob überschlägig bestimmen.

■ Messungen der Reflexionsdämpfung

Dieses Kapitel ist eher für die Spezialisten gedacht und kann, wenn nur SWV-Messungen gewünscht sind, überlesen werden. Der Reflexionsmesskopf bleibt wie gehabt angesteckt. Wir vergewissern uns zunächst, dass die richtige Kalibrierung ausgewählt ist. Wer z. B. zuvor SWV-Messungen durch-

Bild 15: Überprüfung der Richtdämpfung des Reflexionsmesskopfes, hier bei Abschluss mit einem sehr hochwertigen 50-Ω-Abschlusswiderstand, siehe Text.

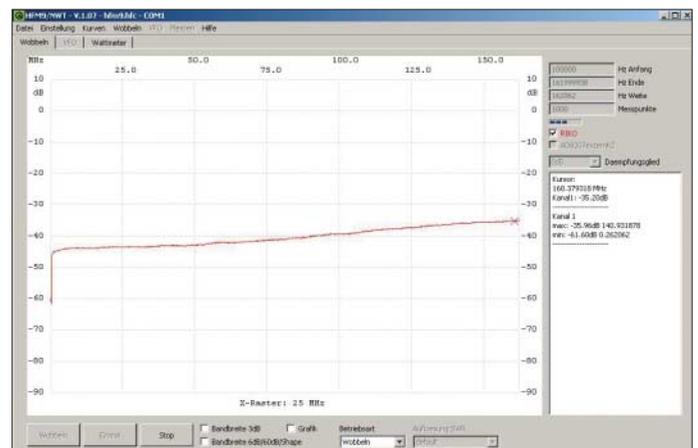


Bild 14: Durchgangsverhalten (rot) und Reflexionsdämpfung (violett) eines LC-Bandpassfilters, die Kurven wurden nachträglich mit dem Kurvenmanager von WinNWT überlagert. Des weiteren sind die Kurven hier verstärkt und zusätzlich eine 20-dB-Hilfslinie eingezeichnet.



ter Verwendung eben dieser Speiseleitung, eine wertvolle Hilfe sein.

Impedanzberechnung

In LinNWT/WinNWT gibt es noch die Betriebsart *Impedanzberechnung*, genannt *Z-Impedanz*. Wegen der Zweideutigkeit der Berechnung aus dem SWV ($s = Z_X / 50 \Omega$ für $Z_X \geq 50 \Omega$, $s = 50 \Omega / Z_X$ für $Z_X < 50 \Omega$) muss dazu **hinter** dem Reflexionsmesskopf ein 50-Ω-Widerstand **in Reihe** zum Messobjekt geschaltet werden, wobei die Software eine Bedienungsführung leistet. Der Fall $Z_X < 50 \Omega$ wird dadurch ausgeschlossen. Ein kleiner Bausatz, bestehend aus Weißblechgehäuse, BNC-Buchse, BNC-Einbaustecker und zwei parallelzuschaltenden 100-Ω-Widerständen, ist im FA-Leserservice unter BX-068 erhältlich.

geführt hat, muss jetzt über Menü *Wobbeln*, *Auswahl Messsonde Kanal 1*, auf die bei der Kalibrierung auf Reflexionsdämpfung verwendete Sondendatei umschalten (ggf. *Reflexionsdämpfung.hfm*)!

Wählen Sie nun auf dem Arbeitsblatt *Wobbeln* die *Betriebsart Wobbeln*, stecken Sie ein Messobjekt an den X-Eingang des Reflexionsmesskopfes und starten Sie den Wobbelvorgang im zuvor festgelegten Frequenzbereich. Was angezeigt wird, ist die reine Reflexionsdämpfung in Dezibel. Sie hat daher denselben Maßstab wie die normalen Durchgangsmessungen, sodass sich beide Kurven über den ab WinNWT-Version 2.0 vorhandenen Kurvenmanager überlagern lassen [5], [6]. Das ist das eigentlich Interessante am Messen der Reflexionsdämpfung...

Überprüfung der Richtdämpfung

Mit dem auf Rückflussdämpfung kalibrierten Reflexionsmesskopf verfügen wir über eine elegantere Methode, die eigene Richtdämpfung des Reflexionsmesskopfes zu bestimmen. Dabei entfällt das mühsame Subtrahieren der Messwerte für „Auskoppeldämpfung“ und „Auskoppeldämpfung + Richtdämpfung“ [2].

Nach Anstecken eines korrekten 50-Ω-Abschlusswiderstandes wird bereits die reine Richtdämpfung angezeigt. Die Qualität des Abschlusswiderstandes geht maßgeblich in das Ergebnis ein, ein billiger 50-Ω-Abschluss aus der Computertechnik (Ethernet 10 Base2) täuscht nur noch 25 dB bei

160 MHz vor. Mit dem preisgünstigen Widerstand BTRM-50 (*BNC-TRM* im FA-Leserservice) erreicht man knapp 30 dB bei 160 MHz. Für noch höhere Werte wie in Bild 15 bedarf es eines sehr hochwertigen Abschlusswiderstandes. Liegt ein solcher in N- oder SMA-Norm vor, ist zu beachten, dass auch der Adapter auf BNC in allerfeinster Qualität daherkommen muss, da dessen endliche Rückflussdämpfung ansonsten das Messergebnis verschlechtert.

■ Abschließende Bemerkungen

Diese Aufbauanleitung zeigt den einfachen Eigenbau eines abgleichfreien, 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. 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! **Bitte** schauen Sie gelegentlich auf der Website www.dl4jal.eu nach, ob neue Softwareversionen vorliegen (derzeit 2.03),

und beachten die dortigen Hinweise unter „Versionsverlauf“.

Wir bitten um Verständnis, dass nicht alle aus frühern Baumappen-Versionen stammenden Screenshots mit der aktuellen Softwareversion wiederholt werden konnten, sodass das Erscheinungsbild einiger Screenshots von dem auf Ihrem Bildschirm etwas abweichen kann.

nwt@funkamateurl.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; Artikel-Nr. [BX-060](#), [BX-0600](#) und [BX-069](#) im FA-Leserservice; Baumappe als PDF im Online-Shop www.funkamateurl.de → *Online-Shop* als Zusatzinformation zu den o.g. Artikeln
- [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] Nussbaum, H., DJ1UGA; Hegewald, W., DL2RD: Ein Richtkoppler, nicht nur für den FA-NWT. FUNKAMATEUR 57 (2008) in Vorbereitung; [BX-145](#) im FA-Leserservice (noch nicht lieferbar)
- [5] Lindenau, A., DL4JAL: LinNWT und WinNWT – Software zum FA-Netzwerktester. FUNKAMATEUR 56 (2007) H. 1, S. 38–41; aktuelle Software und Dokumentation: www.dl4jal.eu
- [6] Red. FA: Kurzanleitung zur Software WinNWT für den FA-Netzwerktester. Beigabe zum Bausatz, Box 73 Amateurfunkservice GmbH, Berlin 2008; als PDF im Online-Shop www.funkamateurl.de → *Online-Shop* als Zusatzinformation zum FA-NWT
- [7] FA-Bauelementeinformation: Koaxialkabel, Daten marktüblicher 50-Ω-Koaxialkabel. FUNKAMATEUR 56 (2007) H. 1, S. 57–58
- [8] Besser Associates: Animated VSWR Calculator. www.bessernet.com/Ereflecto/tutorialFrameset.htm
- [9] Nussbaum H., DJ1UGA: HF-Messungen mit dem Netzwerktester. Box 73 Amateurfunkservice GmbH, Berlin 2007. FA: X-9549

Versionsgeschichte zur Baumappe

Die aktuellste Fassung dieser Baumappe wird jeweils im Online-Shop des FUNKAMATEUR als ergänzende Information zum Produkt *Netzwerktester NWT01, Komplettausatz*, 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 080418

- Struktur komplett überarbeitet;
- Bezugnahme auf die aktuellste DL4JAL-Software, speziell V 2.03;
- Kalibrierung für Reflexionsdämpfung als standardmäßigen Arbeitsschritt eingearbeitet.

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.