

# Reflexionsmesskopf für den Netzwerktester FA-NWT2

## FA-LESERSERVICE

Für Reflexionsmessungen mit dem FA-NWT2 [1] können sowohl der optional nachrüstbare interne Messkopf als auch ein externer Reflexionsmesskopf genutzt werden. Der externe Messkopf sollte im Bereich von 0,1 MHz bis 160 MHz mindestens 30 dB Richtschärfe haben. Der im vorliegenden Bausatz eingesetzte kommerzielle Richtkoppler erfüllt diese Anforderung und ermöglicht darüber hinaus den abgleichfreien Aufbau.

Der optionale interne Reflexionsmesskopf ist beim FA-NWT2 in den meisten Anwendungsfällen die komfortabelste und zweckmäßigste Lösung, wenn man neben der Transmission gleichzeitig auch die Eingangsreflexion eines angeschlossenen Vierpols messen möchte. Der interne Messkopf hebt jedoch die untere Grenze des nutzbaren Generatorbereichs von 10 Hz auf

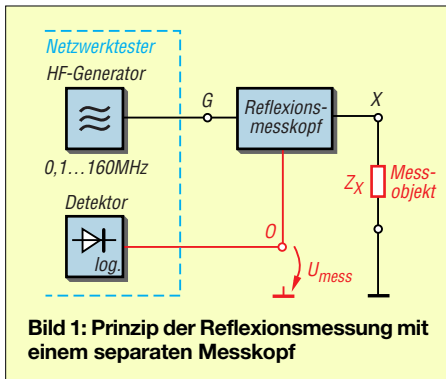


Bild 1: Prinzip der Reflexionsmessung mit einem separaten Messkopf

100 kHz an. Dieser Nachteil fällt nicht ins Gewicht, wenn man ausschließlich Messungen im HF-Bereich durchführt.

### ■ Vor- und Nachteil des externen Reflexionsmesskopfs

Wer gelegentlich auch im NF-Bereich arbeiten möchte, muss sich nach einer alter-

nativen Lösung umsehen. Hier kommt der externe HF-Reflexionsmesskopf ins Spiel. Dieser bietet praktisch die gleichen Messmöglichkeiten wie der interne. Da man jedoch sowohl den Generator als auch den Detektor des FA-NWT2 an den Messkopf anschließen muss, entfällt die Möglichkeit, neben dem Wert der Eingangsreflexion gleichzeitig den der Transmission eines Vierpols zu bestimmen. Dies geht erst dann wieder, wenn ein zusätzlicher externer Messdetektor nachgerüstet wird. Der FA-NWT2 verfügt über die entsprechende Schnittstelle auf der Platine. Näheres dazu ist in [2] nachzulesen.

### ■ Allgemeines zur Reflexionsmessung

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 Funkamateure von seinen Antennen her vertraut, und die in Dezibel angegebene Rückfluss- oder Reflexionsdämpfung  $a_r$  (engl. *return loss*). Letztere zeigt der FA-NWT2 direkt an. Der Wert des SWV kann durch Setzen eines Markers eingblendet werden (siehe Bedienungsanleitung des FA-NWT2).

Der Messkopf ist bei Bedarf gemäß Bild 1 an den Detektoreingang des NWT2 zu stecken und mit dem Generatorausgang zu verbinden; die Kalibrierung erfolgt per Software.

Qualitätskriterium für die Messgenauigkeit ist die interne Reflexionsdämpfung, speziell bei einem solchen Bauelement als *Richtschärfe* bezeichnet [3], [4]. 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 Stehwellenverhältnis  $s$  lassen sich ineinander umrechnen (siehe

### 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

Kasten) 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.

Genauer zur prinzipiellen Funktionsweise von Richtkopplern und Reflexionsmessbrücken ist [3] zu entnehmen.

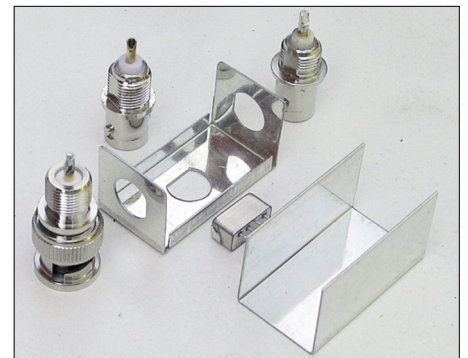


Bild 2: Bauteile für den Messkopf mit dem Spezialkoppler TDC-10-1

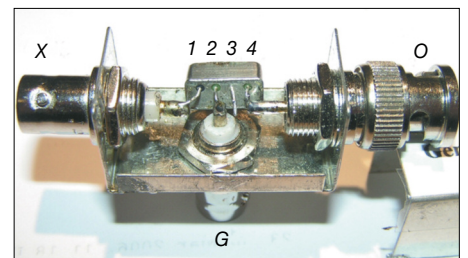


Bild 3: Pin 4 ist mit dem BNC-Einbaustecker zu verlöten, Pin 3 bleibt frei, Pin 2 und Pin 1 gehen direkt zu den Buchsen.



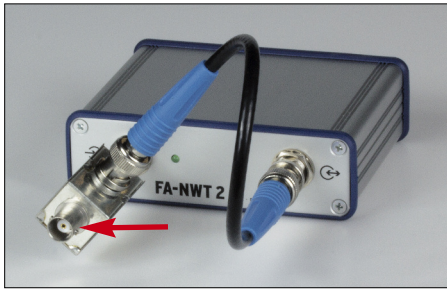
Bild 4: Eine Hand voll Koppler... Der breite Kupferstreifen bildet die Masseverbindung.

Tabelle 1: Richtdämpfung, Reflexionsfaktor und minimal anzeigbares SWV

$a_r / \text{dB}$	$r$	$s$
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

Tabelle 2: Stückliste

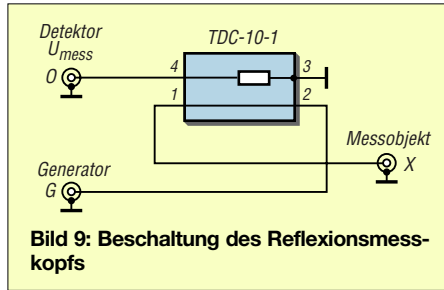
Bauteilbezeichnung	Anzahl
Richtkoppler TDC-10-1	1
BNC-Einbaubuchse	2
BNC-Einbaustecker	1
Masseleitung (Kupfer)	1
Weißblechgehäuse FG1B-3	1
BNC-Crimpstecker	1
Metallschichtwiderstand 75 Ω	1



**Bild 5: Anschluss des externen Reflexionsmesskopfs an den FA-NWT2; der Messeingang ist mit einem Pfeil markiert.**

**■ Zusammenbau**

Herzstück des Messkopfs ist ein von *Mini Circuits* hergestellter Spezialkoppler *TDC-10-1* [4], der den 50-Ω-Referenzwiderstand bereits eingebaut hat und außerdem durch seine geringen Abmessungen besticht. Seine Auskoppeldämpfung beträgt  $a_K = 10$  dB. Unter dem Strich zeichnet sich dieser Koppler durch minimale Aufbauarbeiten aus. Seine Montage erfolgt in einem nur 37 mm langen Filtergehäuse *FG1B-3*. Der Zusammenbau erfolgt gemäß den Bildern 3



**Bild 9: Beschaltung des Reflexionsmesskopfs**

und wird später über ein kurzes BNC-Kabel mit dem Generatorausgang des FA-NWT2 verbunden.

- Pin 1 (X) ist der Anschluss für das Messobjekt.
- Der Masseanschluss erfolgt mit einem Streifen aus Kupferblech direkt vom Koppler- zum Filtergehäuse, Massestift 3 bleibt frei.

**■ Einrichtung und Kalibrierung**

Die Einrichtung des externen Reflexionsmesskopfs erfolgt ähnlich dem internen Messkopf (siehe Bau- und Bedienungsanleitung des FA-NWT2).

terne SWV-Messkopf durch einfaches Anlicken mit dem Mauszeiger zu markieren (Bild 7). Nach Betätigung des Buttons *Weiter* im gleichen Fenster muss man nun noch den Wert des an den Messkopf angeschlossenen Kalibrierwiderstands angeben, 100 Ω und 75 Ω sind möglich (Bild 10).

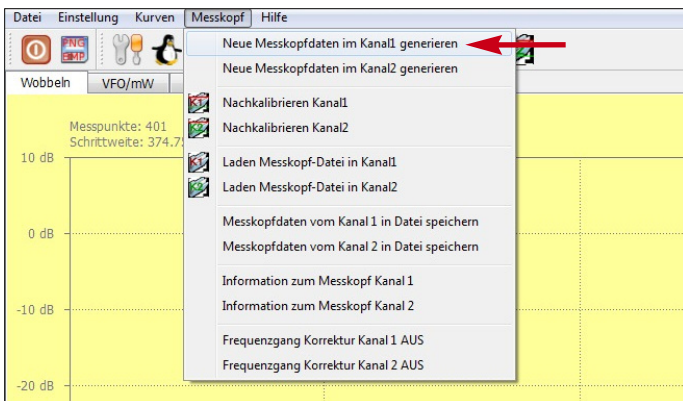
Dann starten drei automatisch ablaufende Kalibriervorgänge. Wenn diese beendet sind, öffnet sich ein Fenster zum Speichern der Kalibrierdaten (Bild 8). Der Name der Messkopfdatei ist frei wählbar. Er



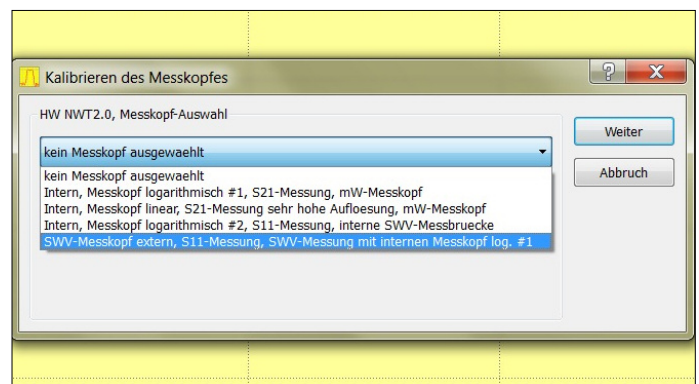
**Bild 10: Vor dem Start der automatischen Kalibrierdurchläufe muss man den Wert des verwendeten Referenzwiderstands angeben.**

sollte möglichst aussagekräftig sein, damit man den entsprechenden Messkopf bei der Auswahl im Wobbelmenü später zweifelsfrei identifizieren kann.

Die in der Bedienungsanleitung des FA-NWT2 zum internen Reflexionsmesskopf enthaltenen Hinweise zum praktischen



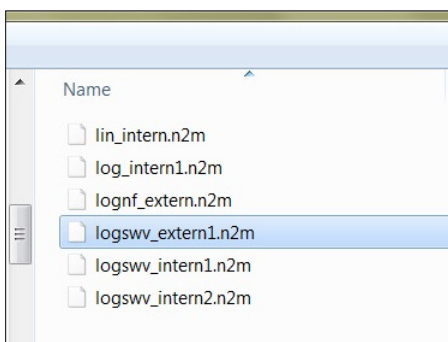
**Bild 6: Die Einrichtung des externen Reflexionsmesskopfs beginnt mit der Generierung neuer Messkopfdaten.**



**Bild 7: Der in diesem Fall richtige Typ des Messkopfs ist hier schon ausgewählt und blau hinterlegt.**

und 4. Die Abstände der BNC-Anschlussstifte passen fast genau zur Stiftanordnung des Kopplers. Die richtige Anschlussfolge ist jedoch unbedingt zu beachten (Bild 9):

- Pin 4 (O) kommt an den **Detektoreingang** (BNC-Stecker, auf dem Aufkleber mit  $U_{mess}$  bezeichnet),
- Pin 2 (G) führt auf eine BNC-Buchse



**Bild 8: Im Auswahlfenster werden die bereits existierenden bzw. vordefinierten Messköpfe angezeigt. Hier gibt man dem neuen Reflexionsmesskopf einen aussagefähigen Namen.**

Zunächst ist die Hardware so miteinander zu verbinden, wie in Bild 5 zu sehen. An die freie BNC-Buchse des Messkopfs werden später das Messobjekt bzw. der Referenzwiderstand zur Kalibrierung angeschlossen. Letzterer kann auf einfache Weise selbst gebaut werden (siehe FA-NWT2-Bauanleitung), zu diesem Zweck liegen dem Bausatz ein BNC-Crimpstecker und ein 75-Ω-Abschlusswiderstand bei.

Nachdem die Hardware angeschlossen und die Software *NWT2win* (oder die entsprechende Linux-Version) gestartet wurden, ist in der Befehlszeile der Menüpunkt *Messkopf --> Neue Messkopfdaten im Kanal1 generieren* auszuwählen (Bild 6).

Daraufhin öffnet sich das Kalibrierfenster zur Auswahl des Messkopfs, hier ist der ex-

Messeinsatz gelten sinngemäß auch für den externen Reflexionsmesskopf.

**support@funkamateurl.de**

**Literatur**

[1] Müller, R. DM2CMB: FA-NWT2: skalärer Netzwerktester für 10 Hz bis 160 MHz. FUNKAMATEUR 67 (2018) H. 3, S. 236–239; H. 4, S. 340–343; Bausatz *BX-260*  
 [2] Müller, R., DM2CB, Lindenau, A., DL4JAL: HF-Messungen mit dem Netzwerktester FA-NWT2. Box73 Amateurfunkservice GmbH, Berlin 2019 (in Vorbereitung)  
 [3] Nussbaum, H., DJ1UGA: Messung der Reflexionsdämpfung mit dem FA-Netzwerktester. FUNKAMATEUR 55 (2006) H. 12, S. 1398–1401  
 [4] FA-Bauelementeinformation: Direktionale und bidirektionale Koppler PDC-xxx, TDC-xxx. FUNKAMATEUR 55 (2006) H. 12, S. 1411–1412