

## Hinweise zum Reflexionsmeßkopf mit dem TDC-10 für den FA-NWT

Helmut Stadelmeyer, OE5GPL

***Zur Messung der Anpassung von Baugruppen an ein 50-Ohm-System mit dem FA-NWT ist ein Reflexionsmeßkopf notwendig. Der Leserservice des FUNKAMTEUR bietet dazu den Richtkoppler BX-66 an, bei dem es sich um einen kompletten Bausatz handelt. Nachstehend werden die beim Aufbau dieses Richtkopplers gemachten Erfahrungen beschrieben.***

In [1] wird das Prinzip einer solchen Messung und das Funktionsprinzip eines Richtkopplers sehr anschaulich beschrieben, es werden der Zusammenbau beschrieben und die ermittelten technischen Daten des Musterexemplars werden angeführt. Die zum Bausatz BX-066 gehörige Baubeschreibung [2] zeigt ebenfalls die Details des Zusammenbaues und gibt eine ganze Reihe von Hinweisen zu den Meßmöglichkeiten im Zusammenwirken mit dem FA-NWT.

Wir (Eike, OE5EBL und OE5GPL) haben beim Zusammenbau ebenfalls einige Erfahrungen gemacht, die anderen Nachbauenden nicht vorenthalten werden sollen:

### Mechanischer Zusammenbau

Es ist Geschmackssache, wo die Buchsen und wo der Stecker montiert werden. Ich habe beispielsweise bei meinem Koppler den Stecker in der Mitte angeordnet. In allen übrigen Punkten haben wir uns strikt an die Aufbauanleitung gehalten.

Das aus 0,5 mm Weißblech bestehende Gehäuse ist ausreichend stabil für eine bestimmungsgemäße Verwendung des Richtkopplers. Beim Festziehen der Muttern an den BNC-Buchsen muß man aber aufpassen, daß die seitlichen Gehäuseflansche nicht verbogen werden. Gut bewährt hat sich, die Buchse lose zu montieren und dann den äußeren Teil der Buchse in einem Dreieckenfutter einzuspannen (das kann ein entsprechend großes Bohrfutter sein oder auch das Futter einer Drehmaschine). So kann dann die Mutter mit dem Gabelschlüssel soweit festgezogen werden, daß sich die Verschraubung im späteren Betrieb nicht mehr lockert. Ebenso kann man die Schmalseite des Gehäuses in einem kleinen Schraubstock senkrecht einspannen und die Mutter festziehen.

Beginnen sollte man mit dem Anschluß in der Mitte des Gehäuses, wo es nicht ganz so einfach ist: Damit der Abstand des Mittelleiters der Buchse oder des Steckers zum Anschluß 2 des TDC-10 richtig wird, ist außen ein Abstandhalter von 3 mm Breite einzufügen. Das kann eine zusätzliche Mutter sein, wie in der Baubeschreibung ersichtlich, oder auch ein auf der Drehmaschine hergestellter Zwischenring aus Aluminium.

Festziehen kann man diese Mutter, wenn man eine Stecknuß hat, die in das schmale Gehäuse paßt. Notfalls geht das auch mit einer Langbeck-Flachzange, ohne allzu viele Kratzer am Gehäuse und an den Händen anzurichten.

Zum Anlöten der breiten Massefahne ist ein kräftiger LötKolben mit 80 Watt zu empfehlen, damit die Erwärmung des Richtkopplers gering bleibt. Man geht wie folgt vor: Die Blechfahne auf das passende Maß ablängen und an den Stellen, wo sie mit dem Gehäuse und den TDC-10 verlötet werden soll, vorverzinne. Dann die Fahne zuerst am Gehäuse festlöten. Vor dem Einlöten des TDC-10 sind seine Anschlüsse so zurechtzubiegen, daß sich einerseits möglichst kurze Verbindungen ergeben, andererseits aber auch kein Kurzschluß entsteht. Anschließend wird der TDC-10 eingelötet und zum Schluß die Massefahne am TDC-10. Entsprechend der Baubeschreibung ist der Meßkopf damit fertig.

### Elektrische Ergebnisse

OE5EBL hat seinen Meßkopf schon ein paar Tage vorher zusammengebaut und vermessen und das Ergebnis bei der Richtschärfe war keineswegs ermutigend:

## Hinweise zum Reflexionsmeßkopf mit dem TDC-10 für den FA-NWT

Helmut Stadelmeyer, OE5GPL

Frequenz [MHz]	OE5EBL [dB]	FA [dB]
20	43	>50
50	37	>50
160	26	>42

Des Weiteren hat in der Konfiguration von DJ1UGA (Generator an Pin 4) der Wert für den Vorlauf (ohne 50 Ohm Abschluß an Pin 1 des TDC-10) und auch der für den Rücklauf (mit Abschluß) zwischen 10 und 200 MHz Schwankungen um 5 dB gezeigt.

Bei Anschluß des Generators an Pin 2 (nach MiniCircuits) entsprach der Verlauf der Richtschärfe jenem, wie er von anderen Richtkopplern bekannt ist.

Solchermaßen vorgewarnt war die Messung eines weiteren Exemplars umso spannender. Gleich vorweg: Auch bei meinem dieselben schlechten Ergebnisse! Die in [1] angegebene Richtschärfe wurde bei weitem nicht erreicht, die Werte änderten sich spürbar, wenn der Deckel aufgesetzt oder abgenommen wurde und bei abgenommenem Deckel war ebenfalls eine starke Handempfindlichkeit am Pin 1 festzustellen. Nun war guter Rat teuer.

Nach einigem Grübeln habe ich die Außenleiter der an den Stirnseiten befindlichen BNC-Anschlüsse wie in Abb. 1 ersichtlich mit einem Streifen Kupferfolie verbunden gemäß der Überlegung, daß eine zusätzliche Masseverbindung weniger schadet als eine fehlende. Auch mit der Oberseite des TDC-10 wurde diese Folie verlötet. Das Ergebnis zeigt die Abb. 2.



Abb. 1: Zusätzliche Masseverbindung am Exemplar OE5GPL.

*Achtung! Die etwas dunklere Kupferfahne am Mittelleiter der linken Buchse war bei dieser Messung noch nicht montiert!*

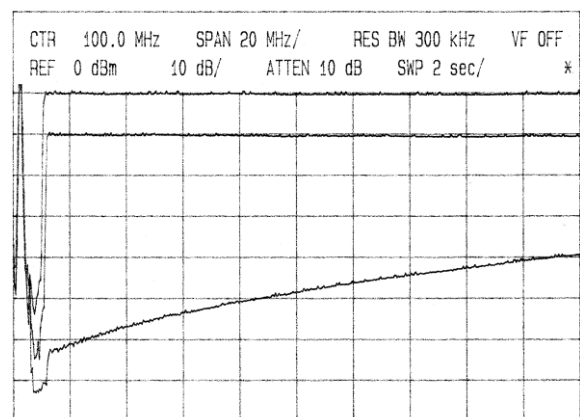


Abb. 2: Damit erreichte Verbesserung der Richtschärfe

Damit hat sich die Richtschärfe gegenüber den ersten Meßwerten von OE5EBL schon soweit verbessert, daß die vom Hersteller des TDC-10 angegebenen Werte annähernd erreicht worden sind. Hand- und Deckelempfindlichkeit waren geringer, aber immer noch vorhanden

Das Anbringen einer etwa 10 mm langen und 4 mm breiten Abgleichfahne am Mittelleiter der linken Buchse etwa 1 mm über der Massefolie, die eine Kapazität von etwa 1 pF darstellt, hat die Richtschärfe nochmals im unteren Frequenzbereich beträchtlich und im oberen um ca. 3 dB verbessert (Abb. 3 und 4). Damit liegen die gemessenen Werte über jenen, die der Hersteller garantiert. Eine Deckelempfindlichkeit ist nun nicht mehr feststellbar, die Meßkurve ändert sich nur mehr, wenn man die Abgleichfahne direkt berührt. Der Abgleich auf beste Richtschärfe erfolgt durch vorsichtiges Einstellen des Abstandes der Fahne zur Massefolie.

## Hinweise zum Reflexionsmeßkopf mit dem TDC-10 für den FA-NWT

Helmut Stadelmeyer, OE5GPL



Abb. 3: Zusätzliche Abgleichfahne am Exemplar OE5GPL

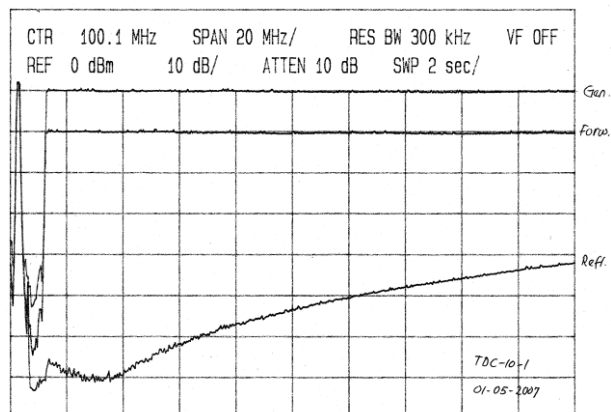


Abb. 4: Eine weitere Verbesserung der Richtschärfe

Eike hat anstatt der Blechfahne einen kleinen Trimmer eingebaut (0,8 – 4,7 pF, Murata Typ CV05) und damit einen eindeutigen und dabei sehr einfach durchzuführenden Abgleich auf maximale Richtschärfe über den gesamten Frequenzbereich zustande gebracht. Geeignet sind auch andere Trimmer, die den Bereich von 1 – 2pF abdecken (Murata SMD-Serien TZV2, TZC3, TZB4 TZ03). Wichtig den leichten Abgleich ist, daß der Trimmerrotor auf Massepotential liegt. Die eingestellte Kapazität beträgt 1,4 – 1,5 pF. Die damit erzielte Richtschärfe beträgt ebenfalls 36 dB bei 160 MHz (Abb. 5 und 6).



Abb. 5: Aufbau des TDC-10 Richtkopplers nach OE5EBL

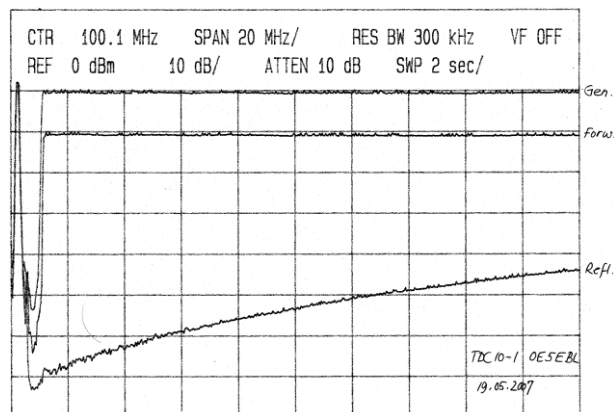


Abb. 6: Verlauf der Richtschärfe bei Eike's Exemplar im Bereich von 10 bis 200 MHz

Somit erreicht auch Eike's Koppler nicht die von DJ1UGA gemessenen Werte. Warum das so ist, hat sich bisher nicht schlüssig klären lassen, es könnte aber durchaus sein, daß DJ1UGA bei seinem Probeaufbau zufällig ein ganz besonders gutes Exemplar erwisch hat.

Daß nicht alle TDC-10 so gut sind wie seiner, geht auch schon aus der Baubeschreibung hervor: Auf der Seite 6 weist das Bild A9 bei 160 MHz eine Richtschärfe von 35 dB aus, was sich recht gut mit unseren Ergebnissen deckt. Bei 50 MHz ist unser Aufbau sogar besser (ca. 55 dB gegenüber ca. 43 dB laut Bild A9). Für die üblichen Messungen an Antennen und Baugruppen ist das jedoch ausreichend und wer etwas Besseres möchte, muß auf die Ergebnisse eines Versuchs mit dem PDC-20 warten. Der soll so kompromißlos wie nur möglich aufgebaut werden, um bestmögliche Daten zu erreichen. Voraussetzung für das Gelingen dieses Versuchs ist allerdings, daß die in [1] für den PDC-20 veröffentlichten Meßergebnisse an einem nur durchschnittlich guten Exemplar gewonnen worden sind.

Der TDC-10 ist insofern symmetrisch aufgebaut, als Haupt- und Nebenleitung ohne weiteres vertauscht werden können, ohne daß sich an der Richtschärfe oder der Koppeldämpfung etwas ändert:

## Hinweise zum Reflexionsmeßkopf mit dem TDC-10 für den FA-NWT

Helmut Stadelmeyer, OE5GPL

Für die Messung der Anpassung (Reflexionsdämpfung bzw. Rücklaufdämpfung) kann man

- nach DJ1UGA den Generator an Pin 4, das Meßobjekt an 1 und die Anzeige an 2 oder aber
- nach MiniCircuits den Generator an Pin 2, das Meßobjekt an 1 und die Anzeige an 4 anschließen.

Bei der Messung der Koppeldämpfung wird

- nach DJ1UGA der Generator an Pin 4, das Meßobjekt an 2 und die Anzeige an 1 oder
- nach MiniCircuits der Generator an Pin 1, das Meßobjekt an 2 und die Anzeige an 4 angeschlossen

Jedesmal erhält man dabei die Koppeldämpfung zu ein wenig mehr als 10 dB, unabhängig davon, ob das Meßobjekt eine Impedanz von 50 Ohm hat oder irgendeinen anderen Wert zwischen Kurzschluß und offenem Ausgang. In den beiden letztgenannten Fällen ist allerdings eine ganz leichte Welligkeit der Kurve im Frequenzbereich unter 100 MHz festzustellen.

Der in [1] gemachten Aussage, daß beim TDC-10 die guten Werte für die Richtschärfe ohne jeden Abgleich erreicht werden, können wir nach den bisherigen Erfahrungen nicht zustimmen. Es ist vielmehr so, daß selbst bei bestmöglichem Abgleich die dort genannten Werte nicht zu erreichen sind. Wir wollen in nächster Zeit zwei weitere dieser Richtkoppler aufbauen. Die dabei gewonnenen Erfahrungen fließen dann ebenfalls in diesen Beitrag ein.

Für diejenigen, die den FA-NWT bereits aufgebaut haben, ist der exakte Abgleich des TDC-10 ein Leichtes – der Anhang der Aufbauanleitung gibt die notwendigen Hinweise für die Ermittlung der Richtschärfe. Dabei ist die Verwendung eines qualitativ hochwertigen Abschlußwiderstandes mit genau 50 Ohm unerlässlich! Der Widerstand sollte eine Rücklaufdämpfung von mehr als 40 dB bei 160 MHz besitzen. Unter diesen Voraussetzungen hat man für Anpassungsmessungen im Bereich von 1 - 200 MHz einen äußerst preiswerten Richtkoppler mit einer sehr hohen Richtschärfe, der es mit vielfach teureren Produkten von HP und NARDA aufnehmen kann.

Hat man keinen Zugang zu Meßmitteln, dann ist ein Aufbau angeraten, wie er oben beschrieben ist. So kommt man zu einem Richtkoppler, der vielleicht nicht hundertprozentig optimiert ist, aber immer noch deutlich besser ist als einer ohne jede Nacharbeit.

### Zusammenfassung

Der Beitrag gibt zusätzliche Hinweise für den Zusammenbau des TDC-10-Richtkopplers für den FA-NWT. Die damit gewonnenen Meßergebnisse erreichen nicht die in [1] angekündigten Werte, die in der Baubeschreibung genannten Werte für die Richtschärfe sind zum Teil widersprüchlich. Die von uns gemessenen Werte decken sich allerdings mit jenen, die im Anhang zur Baubeschreibung angeführt sind.

Die im Datenblatt von MiniCircuits angegebenen Werte für die Richtschärfe lassen sich durch die oben beschriebenen geringfügigen Änderungen beim Aufbau leicht übertreffen. Das Verdienst von DJ1UGA ist, daß er uns mit diesem vorzüglichen Bauteil von MiniCircuits bekanntgemacht hat.

Helmut, OE5GPL

Verweise und Quellen:

- [1] Nussbaum, Hans, DJ1UGA: Messung der Reflexionsdämpfung mit dem FA-Netzwerktester. FUNKAMATEUR 55 (2006). H. 12, S. 1398 - 1401
- [2] Nussbaum, Hans, DJ1UGA, Hegewald, Werner, Dr.-Ing., DL2RD: Reflexionsmeßkopf für den Netzwerktester FA-NWT. Baubeschreibung (7 Seiten)