

# NWT4000

Verbesserung der Kalibrierung durch  
„Flatness Calibration“  
Verwendung eines Richtkopplers

Calibration improvement thru  
“Flatness Calibration”  
Use of a directional coupler

Version 00.16

Jörn Bartels, DK7JB  
mail@dk7jb  
<http://www.bartelsos.de/dk7jb.php>

08. November 2015

## Inhaltsverzeichnis / Contens

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Verbesserte Kalibrierung und Reduzierung von Mischer-Kompressionseffekten</b> .....	<b>3</b>
2.1	Warum ist eine zusätzliche Kalibrierung notwendig?.....	3
2.2	Verbesserung #1 .....	4
2.3	Zusatzkalibrierung vom BG7TBL empfohlen .....	4
2.4	Zusatzkalibrierung mit einem Terminalprogramm.....	5
2.4.1	Einstellungen des Terminalprogramms HTerm .....	6
<b>3</b>	<b>Verwendung eines Richtkopplers zur  S11 -Messung</b> .....	<b>10</b>
3.1	Kalibrierung.....	10
3.2	Messung.....	11
<b>4</b>	<b>Verschiedene Richtkoppler</b> .....	<b>11</b>
4.1	Mini Circuits ZADC-13-2000-1 .....	12
4.2	Mini Circuits ZFDC-20-4L.....	13
4.3	Marconi.....	14
4.3.1	Informationen von SP7DYN zu diesem Richtkoppler .....	15
4.4	OmniSpectra.....	16
4.4.1	Informationen von SP7DYN zu diesem Richtkoppler .....	16

## Contents

<b>1</b>	<b>Preamble</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Improved calibration an reduction of mixer compression</b>	<b>3</b>
2.1	Why an additional calibration?	3
2.2	Improvement #1	4
2.3	Additional calibration as recommended by BG7TBL	4
2.4	Additional calibration with a terminal programm	5
2.4.1	Settings of the terminal programm HTerm	6
<b>3</b>	<b>Usage of a directional coupler to perform  S11 -measurements</b>	<b>10</b>
3.1	Calibrating	10
3.2	Measurement	11
<b>4</b>	<b>Various directional Couplers</b>	<b>11</b>
4.1	Mini Circuits ZADC-13-2000-1	12
4.2	Mini Circuits ZFDC-20-4L	13
4.3	Marconi	14
4.3.1	Information from SP7DYN to this coupler	15
4.4	OmniSpectra	16
4.4.1	Information from SP7DYN to this coupler	16

## 1 Einleitung

### Preamble

In diesem Dokument beschreibe ich, wie die Kalibrierung beim NWT4000 verbessert werden kann.

Das Dokument ist zweisprachig. In schwarzer Schrift in deutscher Sprache und in grüner Schrift in englischer Sprache.

Hinweis: Ich gebe mir viel Mühe mit einer möglichst fehlerfreien Beschreibung. Alles macht ihr aber auf eigene Verantwortung und ich lehne jegliche Form von Haftung ab.

This document describes how the NWT4000 calibration can be improved. This document is bilingual, black German, green English.

Disclaimer: Although elaborated with great care and to the best of my knowledge, I cannot assume any liability for completeness or accuracy of any of the pages.

## 2 Verbesserte Kalibrierung und Reduzierung von Mischer-Kompressionseffekten

### Improved calibration an reduction of mixer compression

### 2.1 Warum ist eine zusätzliche Kalibrierung notwendig?

#### Why an additional calibration?

Mein NWT4000-1 (mit der Platinversion 2015-01-03) hat nach der ersten 0dB und 40dB Kalibrierung größere Ungenauigkeiten gezeigt. Das folgende Bild zeigt eine Messung mit sehr guten 10dB Dämpfungsglieder. Sehr deutlich ist zu sehen, dass zwischen 0dB und -30dB keine genauen Messungen durchgeführt werden können und ab 3GHz die Welligkeit deutlich zunimmt. Damit war ich nicht zufrieden.

My NWT4000-1, version 2015-01-03 did show after initial 0dB & 40dB calibration quite some imprecisions. Abbildung 2.1 shows a measurement with a GHz-type attenuator. Regard the attenuation between 0dB and 30dB to see the imprecision and the ripple above 3 GHz. You can imagine that I was not satisfied with this result.

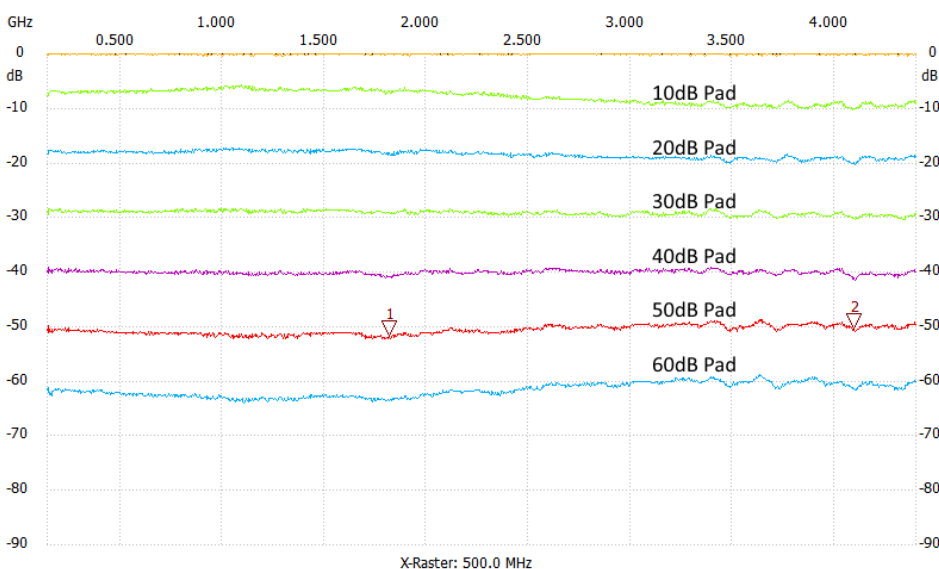


Abbildung 2.1: Das Bild zeigt Messungen mit 10dB Dämpfungsgliedern. Sehr deutlich ist die zu große Welligkeit und Abweichung von der gegebenen Dämpfung zu sehen.

This picture shows 10dB steps measured with 6 GHz attenuators. There is an unacceptable ripple and the deviation from the given dB attenuation is too high.

# NWT4000: Verbesserte Kalibrierung und Reduzierung von Mischer-Kompressionseffekten

## 2.2 Verbesserung #1 Improvement #1

Nun habe ich die RX- und TX-Ports jeweils mit 3dB Dämpfungsgliedern terminiert (direkt an der SMA-Buchse auf der Platine) und eine neue Kalibrierung durchgeführt. Insgesamt ergibt sich so eine zusätzliche Dämpfung um 6dB, welche die Anpassung verbessert und die Kompression verringert.

Die folgende Messung zeigt 3dB, 6dB und 10 dB Schritte. Das Ergebnis ist nun etwas besser. Zwischen 0dB und -30dB ist der Frequenzgang sehr flach und die Messwerte sind korrekt. Bei einer größeren Dämpfung nimmt die Welligkeit deutlich zu. Für diese Messung wurden mit einem Grafikprogramm mehrere Messreihen übereinander gelegt.

I terminated RX & TX ports with 3dB pads each (directly at the SMA-connectors) and performed a new calibration. In total 6dB attenuation were added which improved the port match and reduced mixer compression. (Abbildung 2.2) shows 3dB, 6dB and then 10dB steps. The result is somewhat better. Between 0dB and -30dB the frequency response becomes flat and the accuracy is OK. With larger attenuation the ripple gets larger. To show all curves I overlaid two measurements.

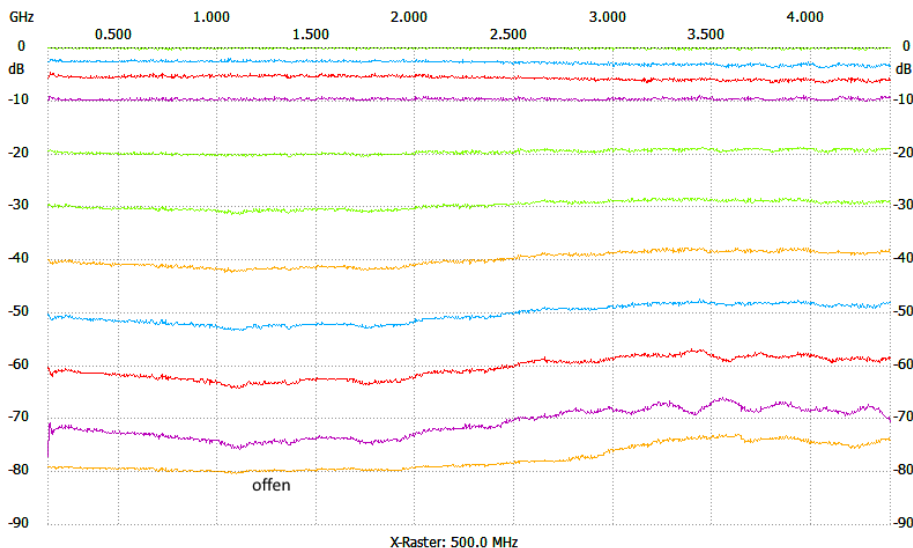


Abbildung 2.2: Bei dieser Messung wurden die RX- und TX-Ports jeweils mit 3dB Dämpfungsgliedern terminiert. Diese Messung zeigt 3dB, 6dB und 10 dB Schritte.

In this measurement RX & TX-port were terminated with additional 3dB pads (with new cal). You see 3dB, 6dB and then 10dB steps.

## 2.3 Zusatzkalibrierung vom BG7TBL empfohlen

### Additional calibration as recommended by BG7TBL

BG7TBL ist der Entwickler vom NWT4000 und hat noch eine weitere Möglichkeit gefunden den Kurvenverlauf zu verbessern. Zusätzlichem zu dem 6dB Dämpfungsglied kann mit einem Terminalprogramm durch Eingabe eines Befehls eine zusätzliche Kalibrierung durchgeführt und im Mikrocontroller des NWT4000 abgelegt werden. Diese hardwarenahe Zusatzkalibrierung verringert die Welligkeit und wird der normalen Kalibrierung mit dem NWT-Programm vorausgeschaltet. Wenn diese Zusatzkalibrierung in Verbindung mit der normalen Kalibrierung der NWT-Software angewendet wird, nimmt die Welligkeit deutlich ab.

BG7TBL verwendet hierzu ein chinesisches Terminalprogramm (siehe Bild)

Achtung: Der NWT4000 muss vor der Kalibrierung 30 Minuten warm gelaufen sein!

BG7TBL is the hardware developer of the NWT4000 and recommends an additional calibration step to improve measurement accuracy. In addition to the two 3dB port pads he recommends an additional calibration step with the NWT4000 hardware (microcontroller). This hardware calibration step improves the ripple and is necessary before

## NWT4000: Verbesserte Kalibrierung und Reduzierung von Mischer-Kompressionseffekten

the NWT-software calibration step. If used together with the NWT software calibration, ripple is quite strongly reduced.

BG7TBL used a Chinese terminal program (see Abbildung 2.3)

Note: The NWT4000 should be warm-up for more then 30 min.

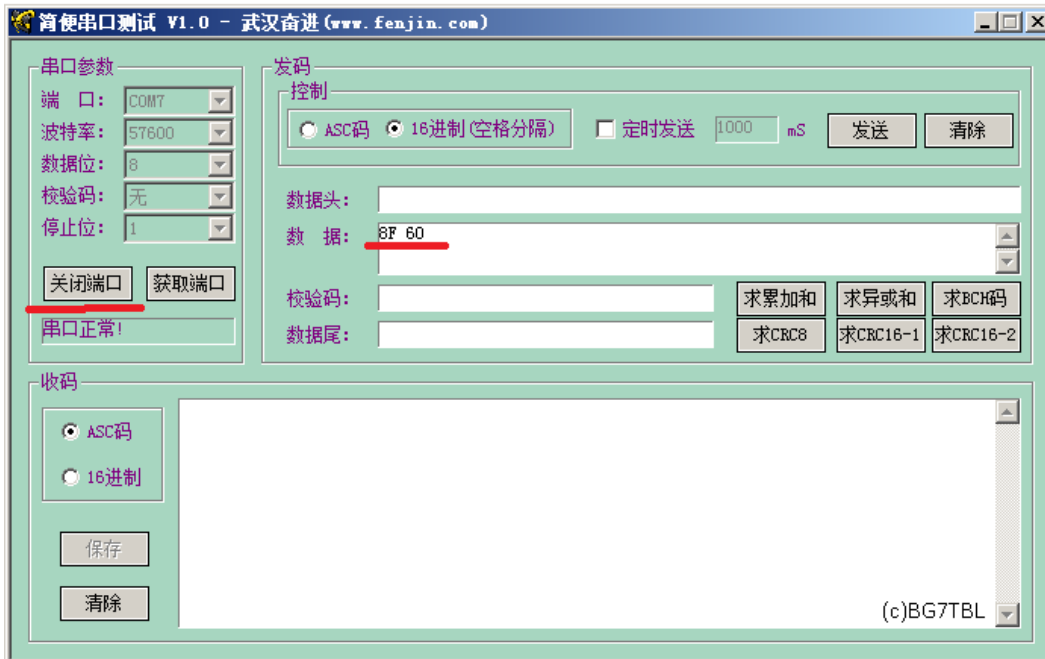


Abbildung 2.3: BG7TBL used a Chinese terminal program.

## 2.4 Zusatzkalibrierung mit einem Terminalprogramm

### *Additional calibration with a terminal program*

Ich (DK7JB) verwende lieber das deutsche Terminalprogramm ‚HTerm‘ da ich chinesische Schriftzeichen nicht lesen kann. Mit einem 10dB Dämpfungsglied am RX-Port des NWT4000 werden Kompressionseffekte vermieden und der Dynamikbereich nur unwesentlich verringert. Es wird kein Dämpfungsglied am TX-Port des NWT verwendet. Die zusätzliche hardwarenahe Korrektur der Welligkeit führt zu sehr glatten Kurven. Das folgende Bild zeigt die wirklich guten Werte:

Achtung: Der NWT4000 muss vor der Kalibrierung 30 Minuten warm gelaufen sein!

I prefer using a German or English speaking terminal program e.g. HTerm. I decided to use only a 10dB pad on the RX-Port of the NWT4000 to further reduce mixer compression and accept a somewhat reduced dynamic range. I do not use any pad on the TX-port. The additional hardware calibration step leads to very flat curves over a wide dynamic range. (Abbildung 2.4) demonstrates the good results.

Note: Let the NWT4000 warm-up for 30 minutes.

# NWT4000: Verbesserte Kalibrierung und Reduzierung von Mischer-Kompressionseffekten

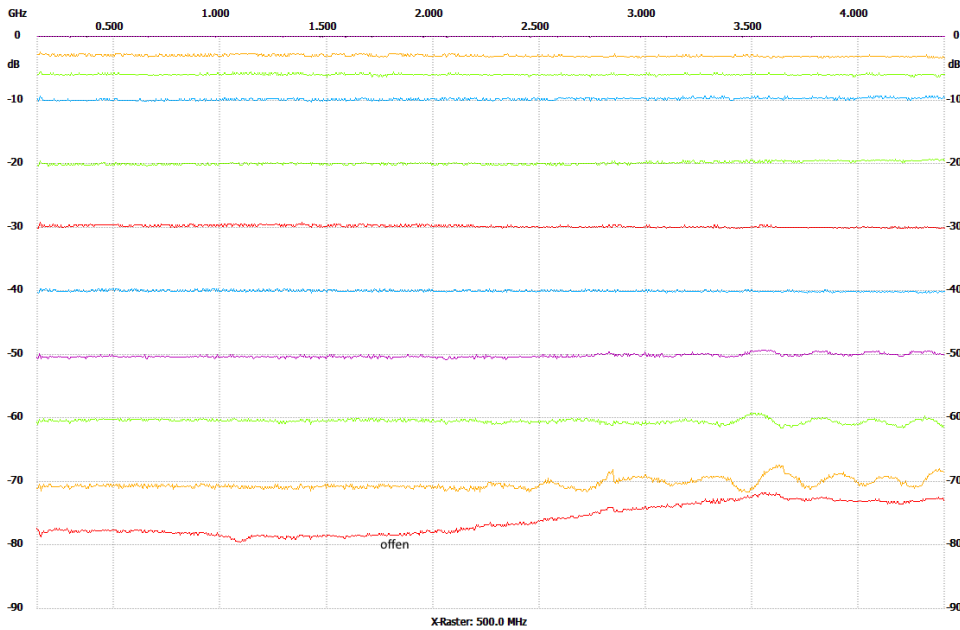


Abbildung 2.4: 10dB pad am RX-Port, kein Pad am TX-Port, Hardware-Kalibrierung in Verbindung mit einer Software-Kalibrierung  
10dB pads on RX-port, no pad on TX-port with additional hardware calibration together with software calibration.

## 2.4.1 Einstellungen des Terminalprogramms HTerm Settings of terminal programm HTerm

Das freie Terminalprogramm HTerm bekommt ihr hier: <http://www.der-hammer.info/terminal/>

You can download HTerm for free here: <http://www.der-hammer.info/terminal/>

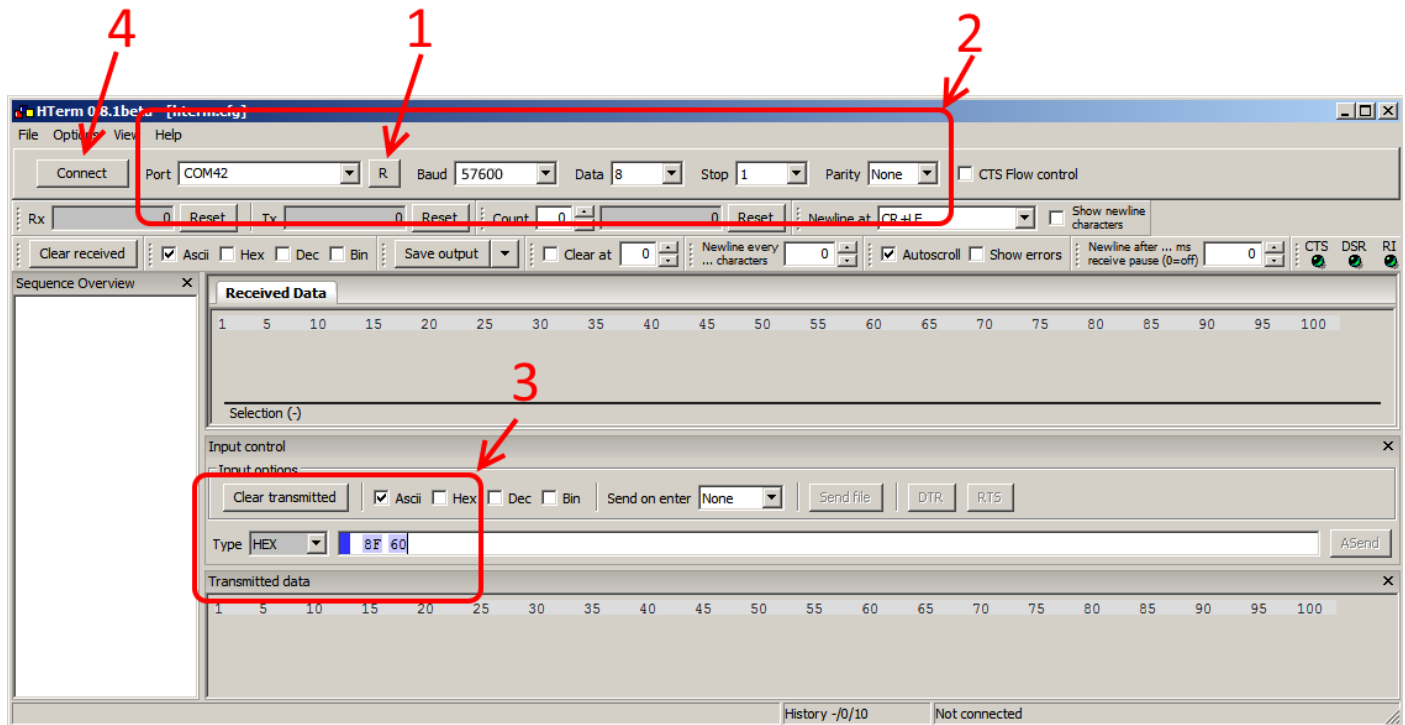


Abbildung 2.5

# NWT4000: Verbesserte Kalibrierung und Reduzierung von Mischer-Kompressionseffekten

- 1) Nachdem ihr das normale NWT-Programm geschlossen und HTerm geöffnet habt, muss die Liste der Com-Ports aktualisiert werden (siehe Punkt 1). Klickt hierzu auf den Button „R“ (Refresh comport list).  
After closing of the NWT-program and opening HTerm, refresh the com pots (see #1). Press button “R” (refresh comport list)
- 2) Stellt euren Com-Port mit den richtigen Parametern ein (siehe Punkt 2)  
Select the correct com-port settings (see #2)
- 3) Stellt die richtigen Sendeeinstellungen ein. Der Feld „Ascii“ muss mit einem Haken versehen werden und unter „Type“ muss „HEX“ ausgewählt werden. In das Sendefeld wird ohne Leerzeichen „8F60“ eingetragen. Auf diese Weise werden zwei Ascii-Zeichen übertragen, die aber in Hex eingegeben werden. Der Befehl „8F60“ wird beim Kalibrierungsprozess mehrmals gesendet (siehe Punkt 3)  
Select the correct “Send”-settings. “ASCII” must be ticked and under “Type” “HEX” must be selected. Type “8F60” into the send field. Two Ascii-strings will then be transmitted (if HEX is selected). “8F60” will be used several times in this Cal procedure (see #3).
- 4) Nun wird das Programm mit dem Com-Port verbunden, indem der Button „Connect“ gedrückt wird. Wenn das Programm sich mit dem NWT verbinden konnte, ändert sich die Beschriftung des Buttons in „Disconnect“.  
Connect HTerm with the ComPort, press the button “Connect”. If a connection was successful the button changes to “Disconnect”.

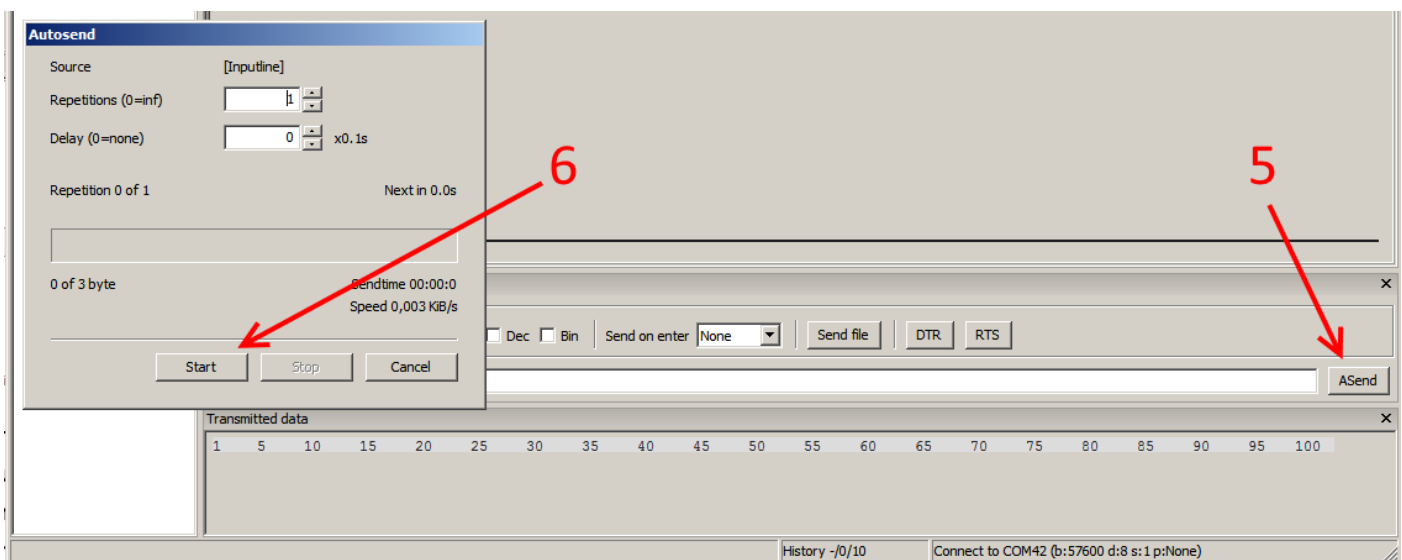


Abbildung 2.6

- 5) Sende nun den Ascii-Code „8F60“ indem der Button ASend gedrückt wird (Punkt 5).  
Now send 8F60 by pressing „ASend“ (#5).
- 6) Nun erscheint ein kleines Fenster, bei dem der Button „Start“ (Punkt 6) angeklickt werden muss.  
A small window will popup then press “Start” (#6).

- 7) Nun sendet der NWT4000 die Aufforderung den TX-Port des NWT4000 mit dem RX-Port zu verbinden.  
Verbinde nun den TX-Port des NWT4000 mit dem RX-Port und sende wieder den Code „8F60“ indem die Schritte 5&6 wiederholt werden.

Now the NWT4000 hardware will send the message (see #7) to connect RX & TX ports. Re-send 8F60 (press ASend & Start)

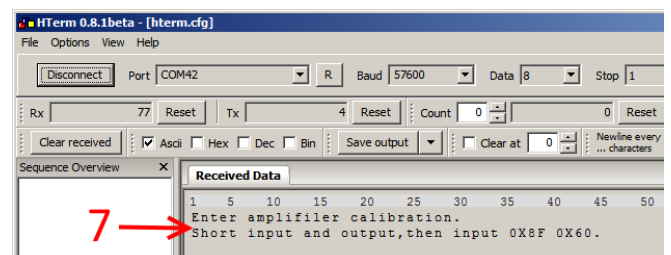


Abbildung 2.7

# NWT4000: Verbesserte Kalibrierung und Reduzierung von Mischer-Kompressionseffekten

- 8) Nun wird ein 40dB-Dämpfungsglied eingeschleift und der Code „8F60“ erneut gesendet.  
 Next a 40 dB pad has to be connected between RX & TX port, re-send 8F60 (see #8)

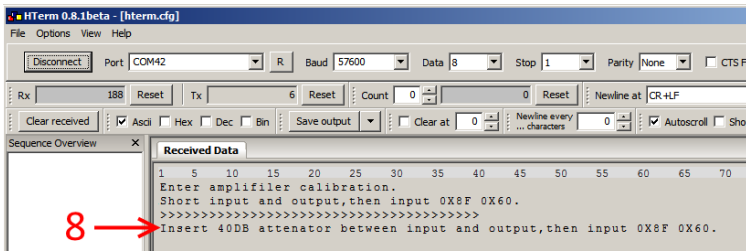


Abbildung 2.8

- 9) Nun ist die Kalibrierung abgeschlossen (siehe Punkt 9). Und der Button „Dsiconnect“ muss angeklickt werden um die Verbindung zum Com-Port zu trennen.  
 The additional calibration step has been successfully performed (see #9). Now press “Disconnect” and stop HTerm.

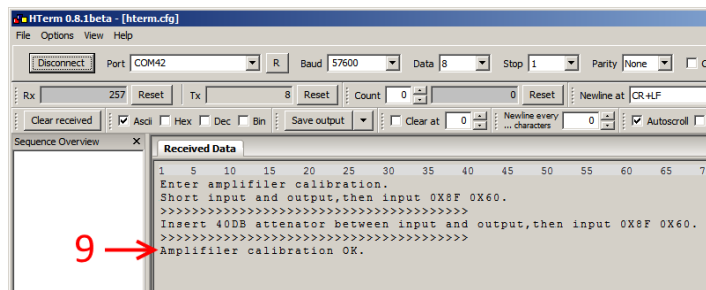


Abbildung 2.9

- 10) Nun muss die normale Kalibrierung mit dem NWT-Programm durchgeführt werden.  
 A normal calibration in the NWT-Programm has now to be performed (see #10).

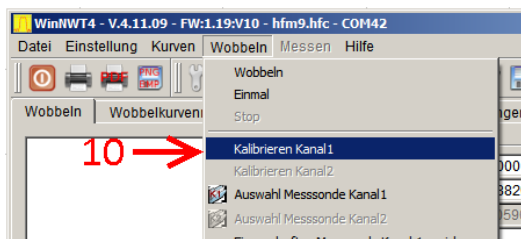


Abbildung 2.10

Das Ergebnis ist nun ein sehr ebener Kurvenverlauf mit sehr wenig Welligkeit und ohne Mischer-Kompressionseffekte.

Für mich ist eine geringe Welligkeit und die richtige Anzeige der Dämpfungen viel wichtigere als das letzte dB im Dynamikbereich. Ich bin der Meinung, dass sich das Ergebnis für ein solch günstiges Messgerät sehen lassen kann. Viel Spaß mit eurem NWT4000

The result are very flat curves with little ripple and mixer compression. For me flat curves and correct dB-values are more important than the dynamic range. With this step the result is very much acceptable for the NWT4000. Have fun with your NWT4000.

# NWT4000: verbesserte Kalibrierung und Reduzierung von Mischer-Kompressionseffekten

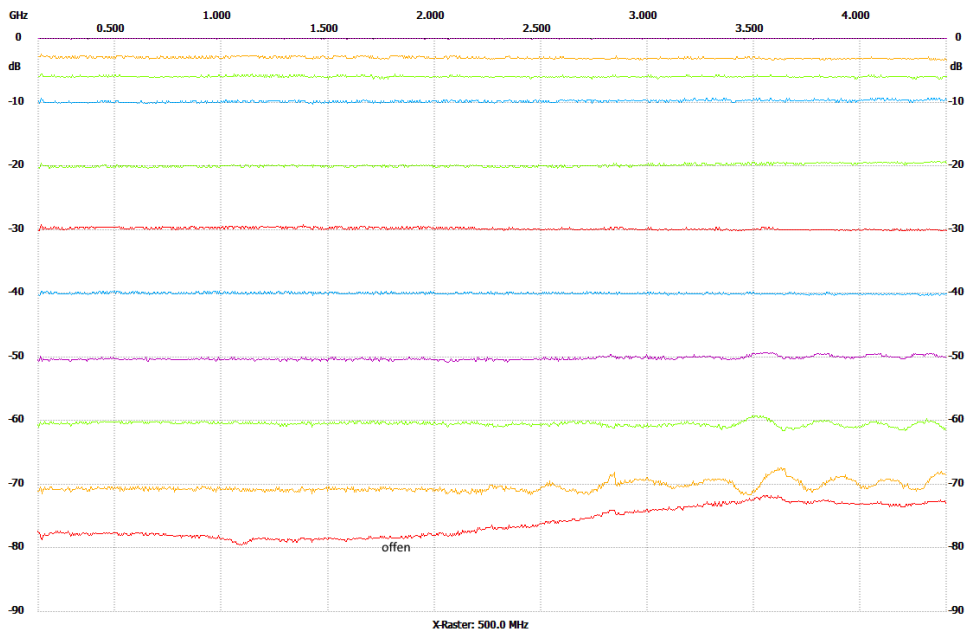


Abbildung 2.11: 10dB am RX-Port, TX-Port ohne zusätzliches Dämpfungsglied und mit der 8F60 Hardware-Kalibrierung.  
10dB added on RX-port, no pad on TX-port, plus additional hardware 8F60 Cal step.

## NWT4000: Verwendung eines Richtkopplers zur $|S_{11}|$ -Messung

### 3 Verwendung eines Richtkopplers zur $|S_{11}|$ -Messung

#### Usage of a directional coupler to perform $|S_{11}|$ -measurements

##### 3.1 Kalibrierung

Ich kalibriere wie folgt. Der Richtkoppler wird wie im Bild dargestellt mit einem 40dB-Pad angeschlossen und das Dämpfungsglied einkalibriert.

Connect the coupler with an 40dB pad as shown in Abbildung 4.1 and perform the first calibration step.

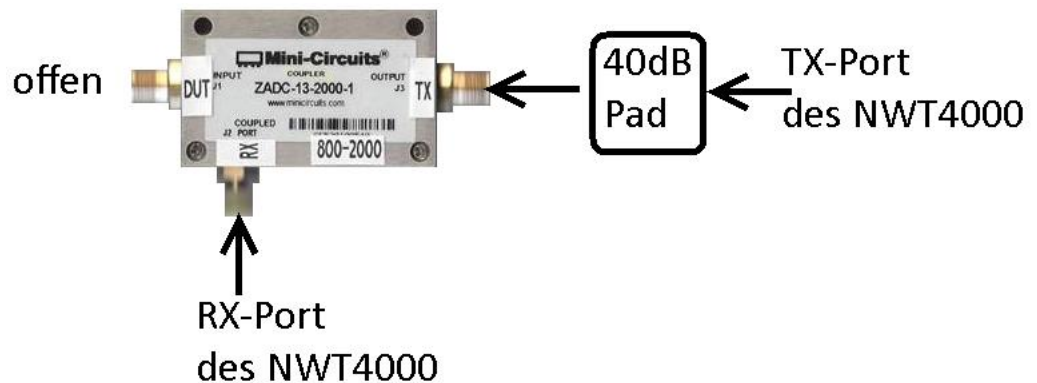


Abbildung 3.1

Anschließend wird das 40dB Dämpfungsglied wieder entfernt und die 0dB-Linie kalibriert.

For this calibration step remove the 40dB pad and perform the 0dB calibration.

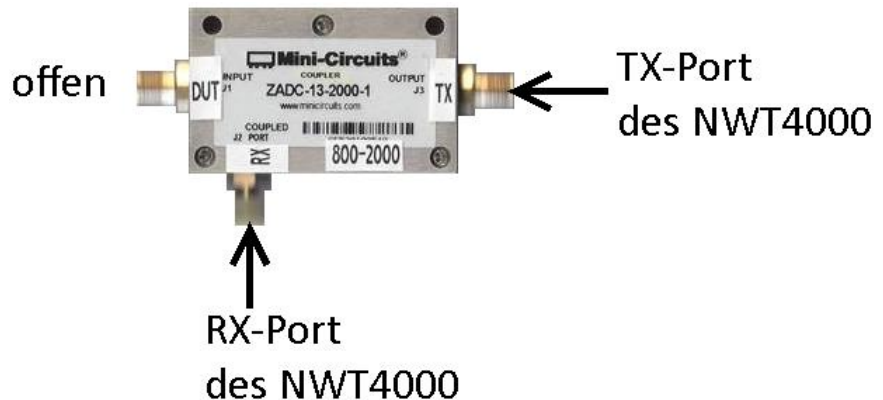


Abbildung 3.2

Zusammenfassung: Die 40dB/0dB Kalibrierung muss durchgeführt werden und es ist egal, ob man das 40dB-Pad auf der RX oder der TX-Seite einschleift. Bei der Kalibrierung muss die Brücke "open" oder "short" abgeschlossen sein." Die Überprüfung ob „short“ dieselben Werte wie „open“ ergibt ist ein Zeichen für die Güte der Portanpassung.

Summary: You have to perform the 40dB/0dB calibration steps under the NWT-program. It does not matter where you include the 40dB (RX or TX). When calibrating the DUT-port must be "open" or "short". Ideally open and short should deliver same results, if not this indicates a less good port match.

## NWT4000: Verschiedene Richtkoppler

### 3.2 Messung Measurement

Für die Messung wird dann am DUT-Port das Messobjekt angeschlossen.

A DUT has to be connected to the DUT-port.

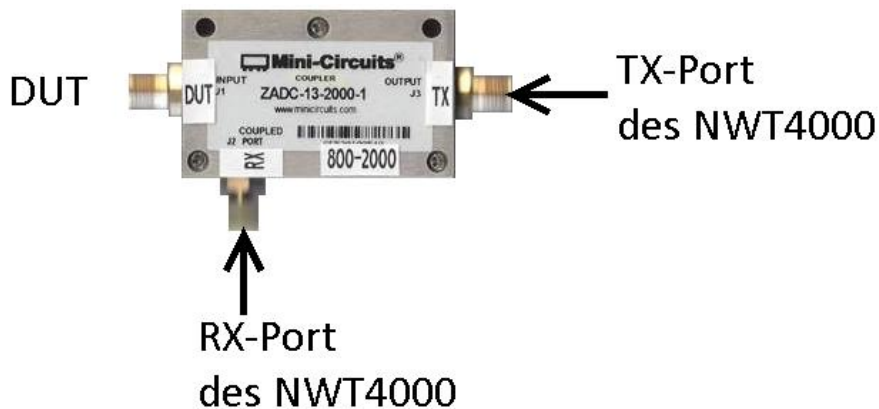


Abbildung 3.3

## 4 Verschiedene Richtkoppler Various directional coupler

In diesem Kapitel findet ihr Messungen mit einigen Richtkopplern

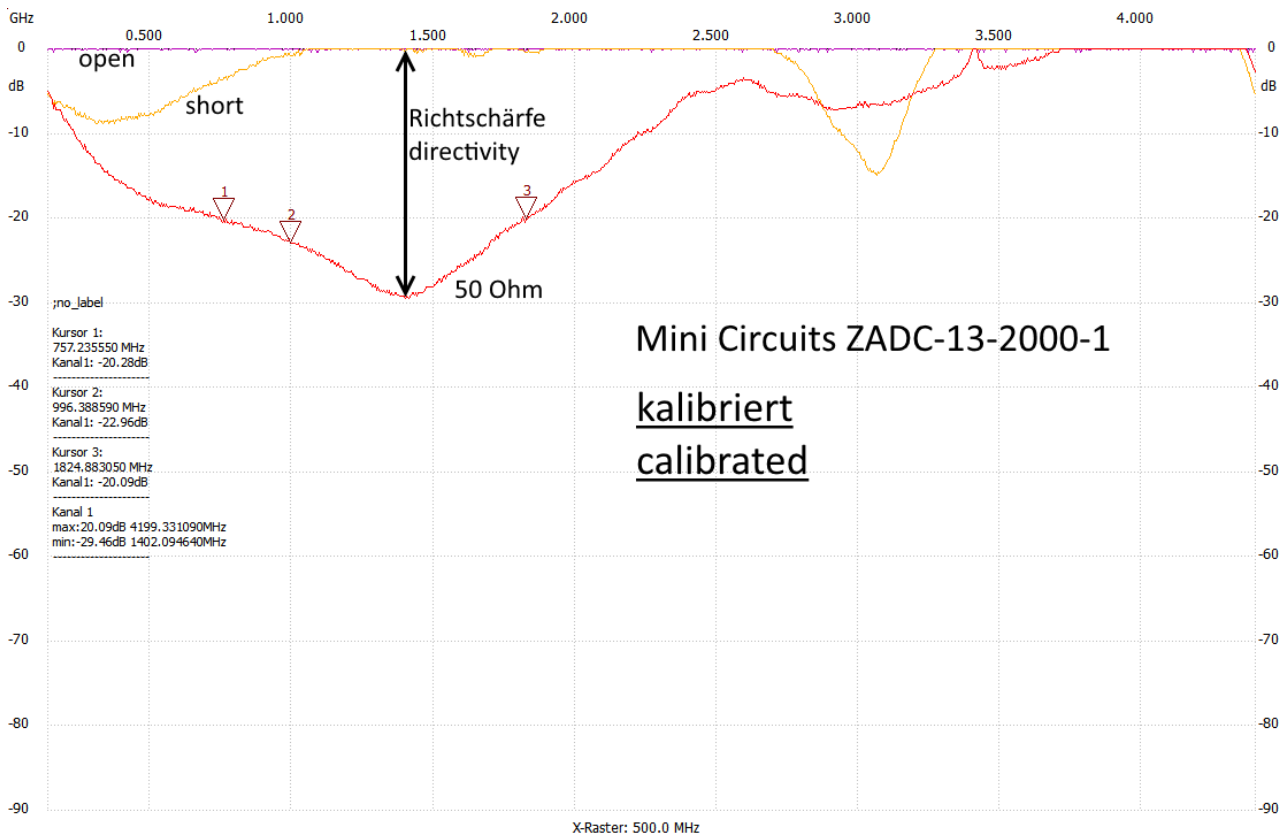
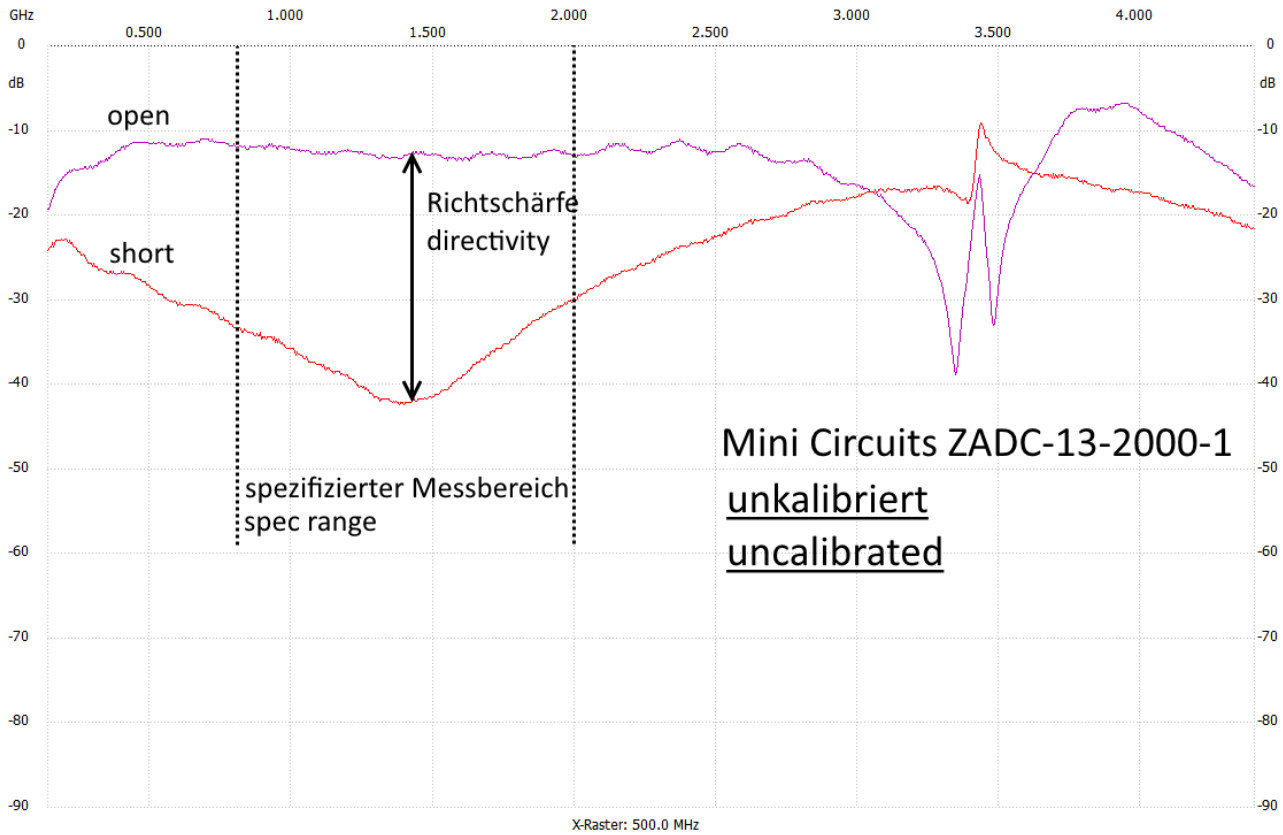
This chapter describes measurements with directional couplers.



### 4.1 Mini Circuits ZADC-13-2000-1

Laut Hersteller 800 – 2000 MHz und max. 5W.

According to manufactures specs 800 – 2000 MHz and max. 5W.

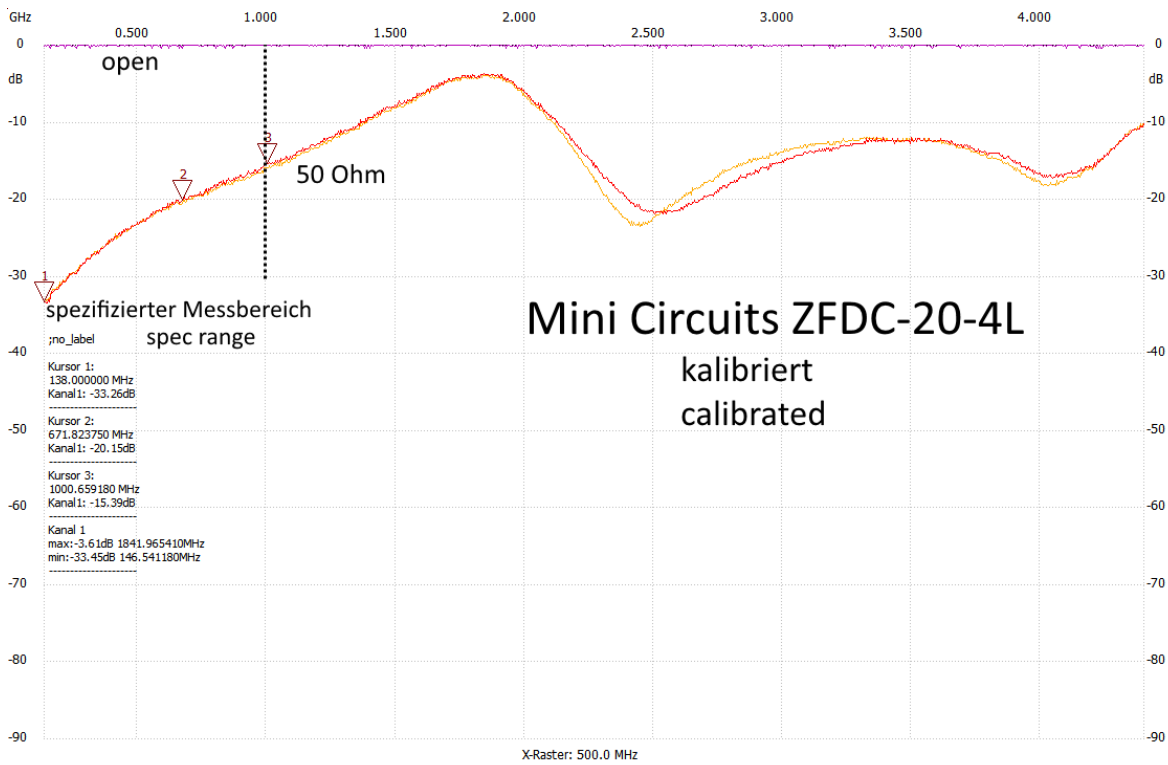
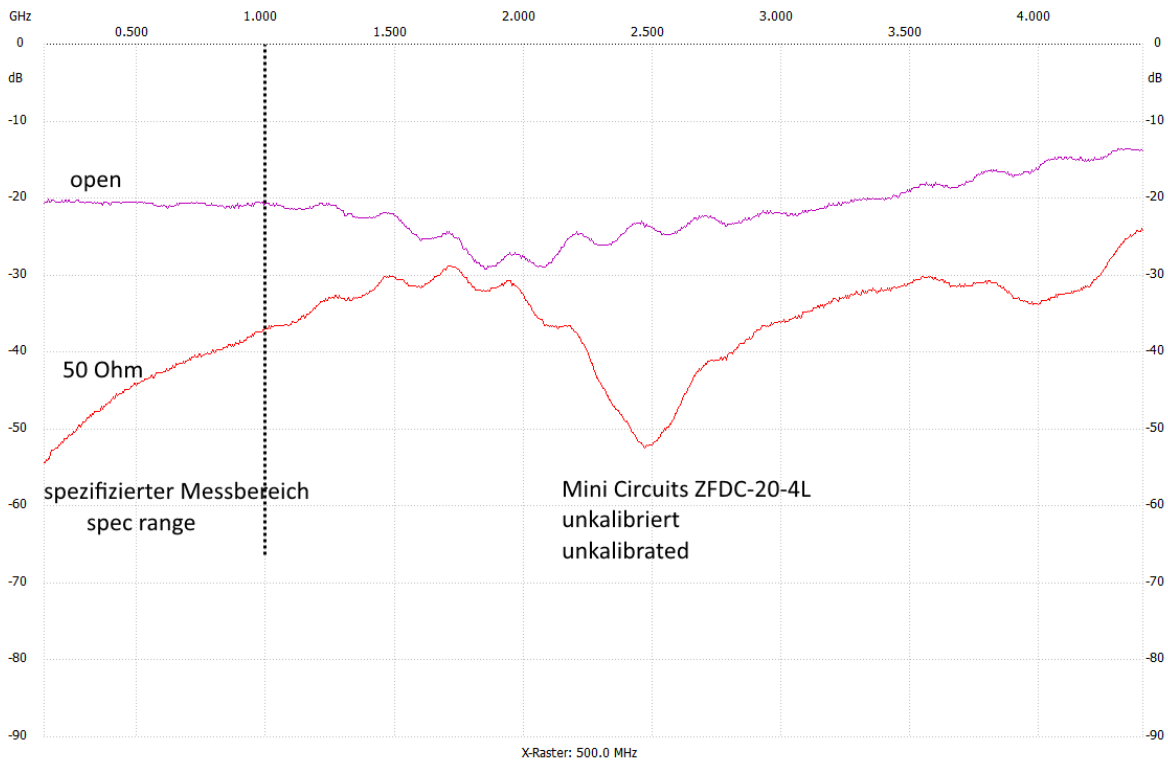


# NWT4000: Verschiedene Richtkoppler

## 4.2 Mini Circuits ZFDC-20-4L

Laut Hersteller 10 to 1000 MHz und max. 1W

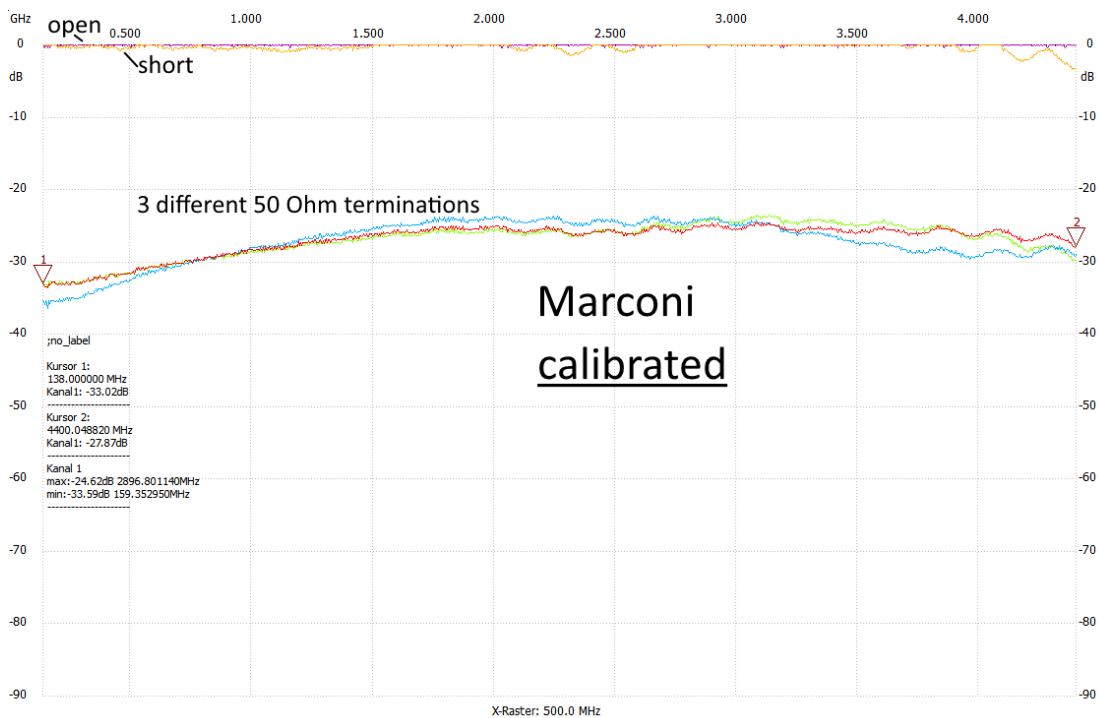
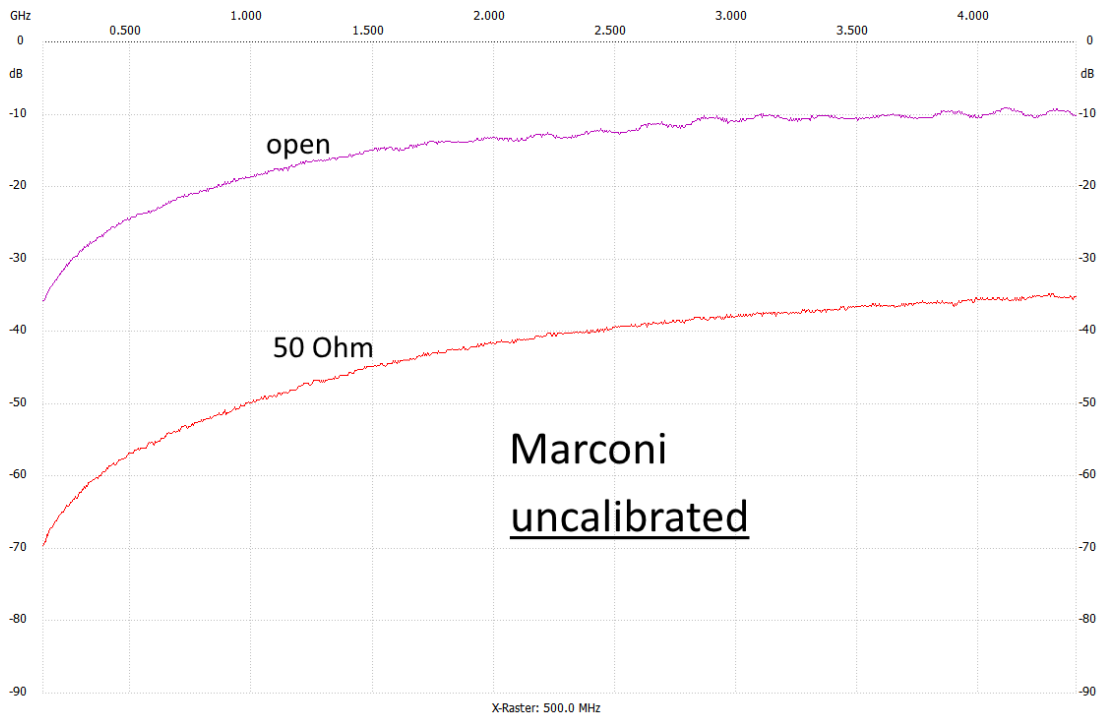
According to manufactures specs 10 to 1000 MHz und max. 1W



### 4.3 Marconi

Keine Herstellerspezifikationen bekannt

No manufacturer spec available



## NWT4000: Verschiedene Richtkoppler

### 4.3.1 Informationen von SP7DYN zu diesem Richtkoppler

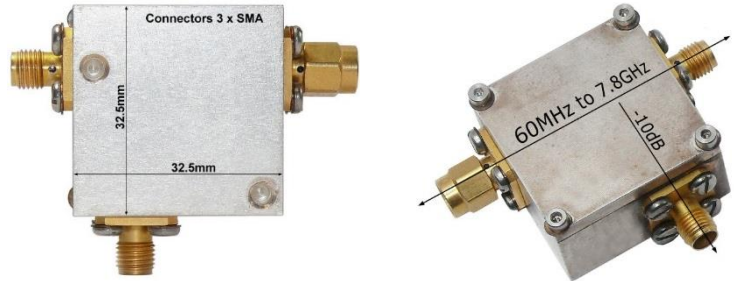
#### Information from SP7DYN to this coupler

Wide Band 50MHz-8GHz Directional Coupler -10dB MARCONI -ENGLAND.

Frequency work range: 60MHz to 7.8GHz -one octave.

Directivity @ the frequency:

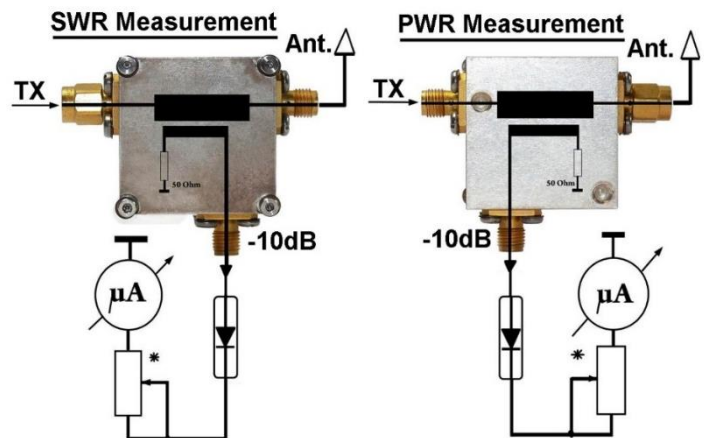
65MHz	36.0dB (typ25dB)
145MHz	38.1dB
435MHz	39.2dB
1.29GHz	33.0dB
2.3GHz	31.3dB
2.5GHz	27.2dB (IL 0.42dB)
3.4GHz	27.0dB
5.8GHz	28.1dB (IL 0.63dB)
7.8GHz	19.2dB



Frequency	Coupling dB	SWR
65MHz	35.8dB	/1.03
145MHz	31.4dB	/1.02
435MHz	22.1dB	/1.05
1.29GHz	13.6dB	/1.08
2.3GHz	12.0dB	/1.12
2.5GHz	10.0dB	/1.09
3.4GHz	8.3dB	/1.11
5.8GHz	10.0dB	/1.19
7.8GHz	16.4dB	/1.19

Insertion loss on the frequency:

5.8GHz	-0.63dB
2.5GHz	-0.42dB



Pictures made by SP7DYN

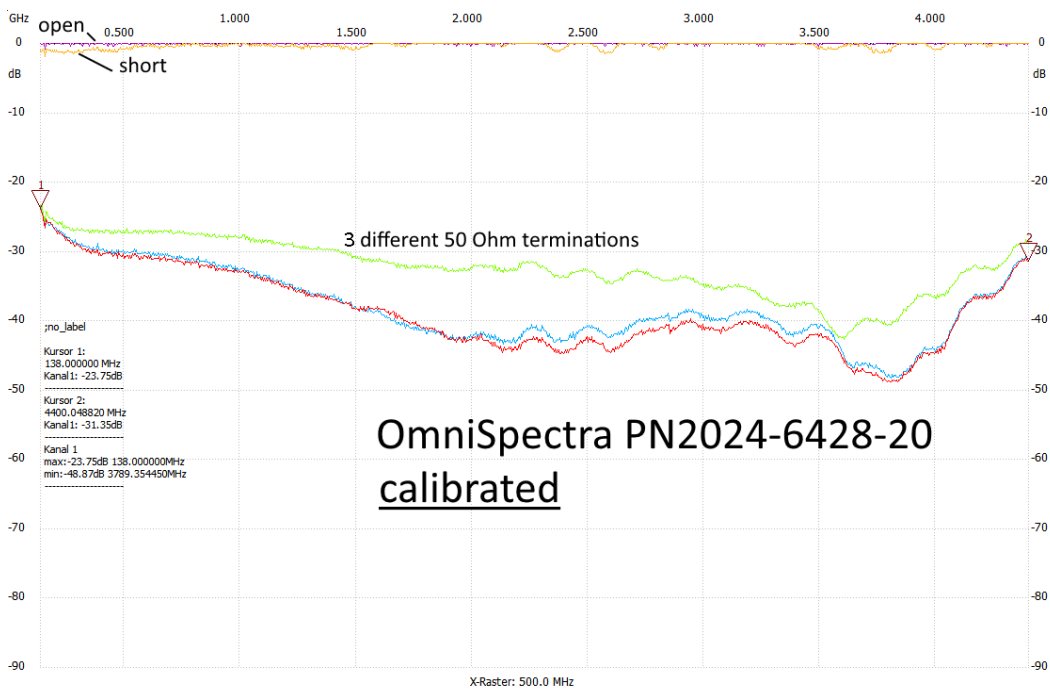
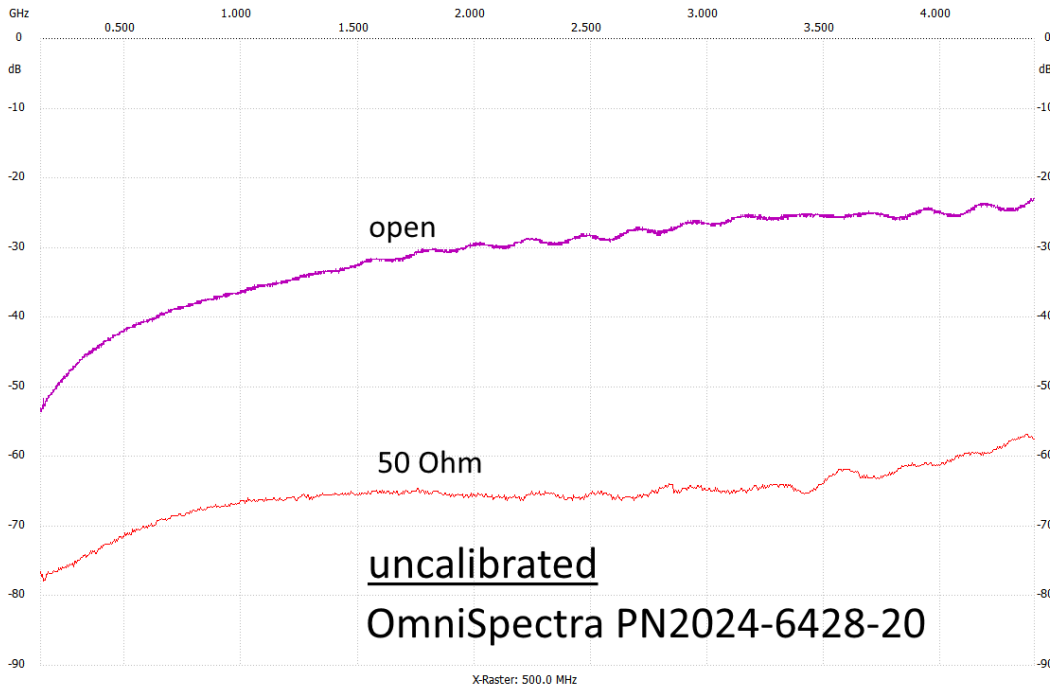
Power 10W MAX

Housing - silver plated aluminum; Coupler lines -Teflon- Gold Connectors- SMA

## 4.4 OmniSpectra

Keine Herstellerspezifikationen bekannt

No manufacturer spec available



### 4.4.1 Informationen von SP7DYN zu diesem Richtkoppler

#### Information from SP7DYN to this coupler

Ultra-wide band (0.9 to 18GHz) precision high-directivity Single Directional Coupler -20dB OMNI SPECTRA USA.

Measurement performed on the example-piece! . Others may have slight differences!

Frequency work range: 900 MHz to 18GHz-one octave.

Directivity on the frequency:

## NWT4000: Verschiedene Richtkoppler

900MHz	30.1dB
1.29GHz	31.2dB
2.3 GHz	34.0dB
2.5 GHz	33.0dB
3.4GHz	28.0dB
5.8GHz	31.0dB
10.368GHz	23.2dB
12GHz	27.1dB
14GHz	19.2dB
16GHz	20.2dB
18GHz	21.1dB

Frequency	Coupling dB	SWR
900MHz	-35.1dB	/1.04
1.29GHz	- 32.3dB	/1.06
2.3 GHz	-29.5dB	/1.01
2.5 GHz	-29.8dB	/1.01
3.4GHz	-24.2dB	/1.05
5.8GHz	-20.0dB	/1.05
10.368GHz	-20.0dB	/1.13
12GHz	-20.0dB	/1.08
14GHz	-23.4dB	/1.11
16GHz	-21.0dB	/1.09
18GHz	-29.4dB	/1.06

Insertion loss on the frequency:

10.368GHz -0.34dB

Connectors- SMA



Picture made by SP7DYN