

SWR Messbrücke, Beschreibung und Aufbau

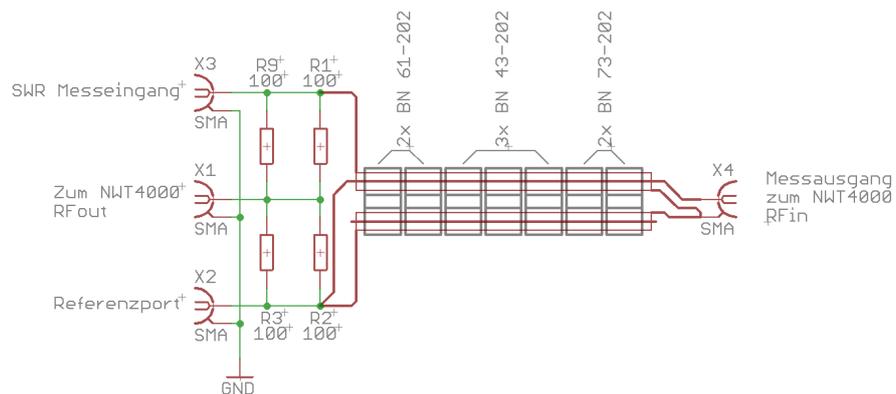
Andreas Lindenau DL4JAL

25. Januar 2020

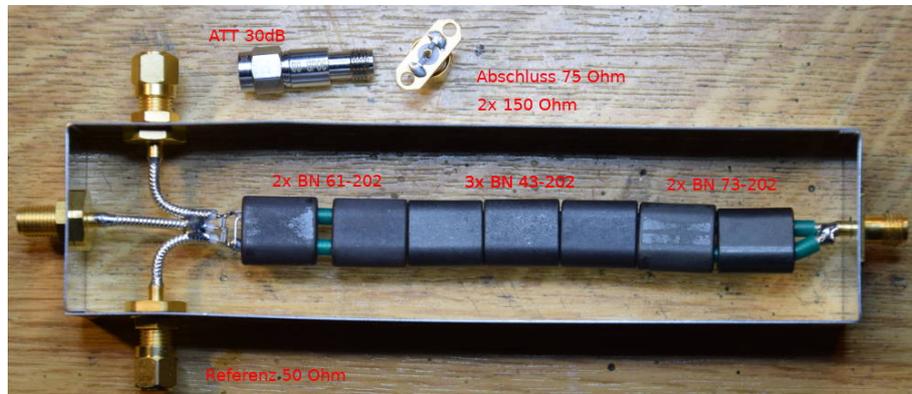
Inhaltsverzeichnis

1	Schaltbild der SWR-Messbrücke	1
2	Der Aufbau der SWR-Messbrücke	2
2.1	Die Auswahl der Widerstände	2
2.1.1	Fertige 50 Ohm Widerstände, fast reaktanzfrei	2
2.1.2	50 Ohm Widerstände, Dickschicht 2x 100Ohm SMD 0805	3
2.2	Der Aufbau	4
2.3	Stückliste der Messbrücke	11
3	Messkopfdaten generieren	11
4	Messungen an der SWR-Messbrücke	12
5	Schlußwort	14

1 Schaltbild der SWR-Messbrücke



Ich habe zur besseren Übersicht mit Eagle das Schaltbild gezeichnet.



Hier das entsprechende Foto der Messbrücke. Ich hoffe es ist alles deutlich zu erkennen.



Hier noch die Messbrücke mit den aufgeschraubten Deckel. Der Referenzwiderstand 50 Ohm ist aufgeschraubt und ein zweiter Referenzwiderstand 50 Ohm, zum Messen der Richtschärfe.

2 Der Aufbau der SWR-Messbrücke

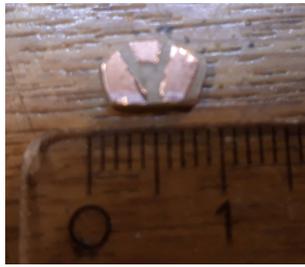
Es folgt der Aufbau der Messbrücke im einzelnen. Ich habe inzwischen eine zweite SWR-Messbrücke aufgebaut mit SMD Dickschicht Widerständen. Die Messergebnisse der Rückflussdämpfung war nicht besonders gut. Erst dem Einbau von guten Mikrowellenwiderständen wurden die Messergebnisse besser.

2.1 Die Auswahl der Widerstände

Ein ganz wichtiger Punkt sind die beiden Widerstände 50 Ohm.

2.1.1 Fertige 50 Ohm Widerstände, fast reaktanzfrei

Nach neusten Erkenntnissen ist es besser handelsübliche Mikrowellenwiderstände zu verwenden. Die sind allerdings nur bei „Farnell“ zu beziehen. Farnell Bestellnr.: 1109049 (50 Ohm 0,1% SMD 0402).



Auf diese kleine Platine werden die SMD 0402 50 Ohm aufgelötet.

2.1.2 50 Ohm Widerstände, Dickschicht 2x 100Ohm SMD 0805

Die andere Variante ist das Ausmessen vieler 100 Ohm Widerstände. Ich hatte zuerst gedacht wir bestellen bei „Reichelt“ 100 Ohm Widerstände mit 0,1% Genauigkeit. Die Benutzung für die Messbrücke ist aber nicht zu empfehlen. Der 100 Ohm 0,1% ist ein Metallschicht-Widerstand. Es kann sein das diese Widerstände per Laserstrahl abgeglichen werden. Durch den Laserabgleich würde aber eine Induktivität entstehen, die wir nicht gebrauchen können. Bestellen kann man diesen Widerstand oder auch mehrere trotzdem und zum Vergleichen beim Ausmessen der Widerstände benutzen.

Für die Messbrücke bestellen wir verschiedene 100 Ohm 1% Dickschicht-Widerstände bei „Reichelt“ und das in größerer Stückzahl. Anschließend messen und sortieren wir mit einem guten Multimeter die Widerstände aus. Die verschiedenen Artikelnummern der 100 Ohm 1% sind: RND 155HP05 AA, RND 0805 1 100, SMD-0805 100. Ich habe die Widerstände, die nahe bei 100 Ohm liegen der Reihe nach auf ein A4-Blatt gelegt und die Werte daneben geschrieben. So kann man sich Pärchen zusammen stellen. Zum Beispiel 100,2 Ohm und 99,8 Ohm. Als Messgerät habe ich ein Multimeter von Hameg „HM8012“ benutzt. Bei diesem Multimeter kann man den Widerstand der Messleitung als „OFFSET“ subtrahieren.

Diese Widerstände können auch als Referenzabschluss 50 Ohm verwendet werden. Dazu sollte man sich bei „Ebay“ SMA-Stecker mit Flansch bestellen und die Widerstände auflöten.

Den 75 Ohm Abschlusswiderstand habe ich mir auch so angefertigt aus 2x 150 Ohm. Die 75 Ohm brauchen wir beim Kalibrieren des Messkopfes mit der PC-Software.

Der Abschlusswiderstand 0 Ohm dient auch zu Überprüfung der Messbrücke. Kurzschluss und Offen sollte ja eine Linie in der Nähe der 0 dB ergeben.

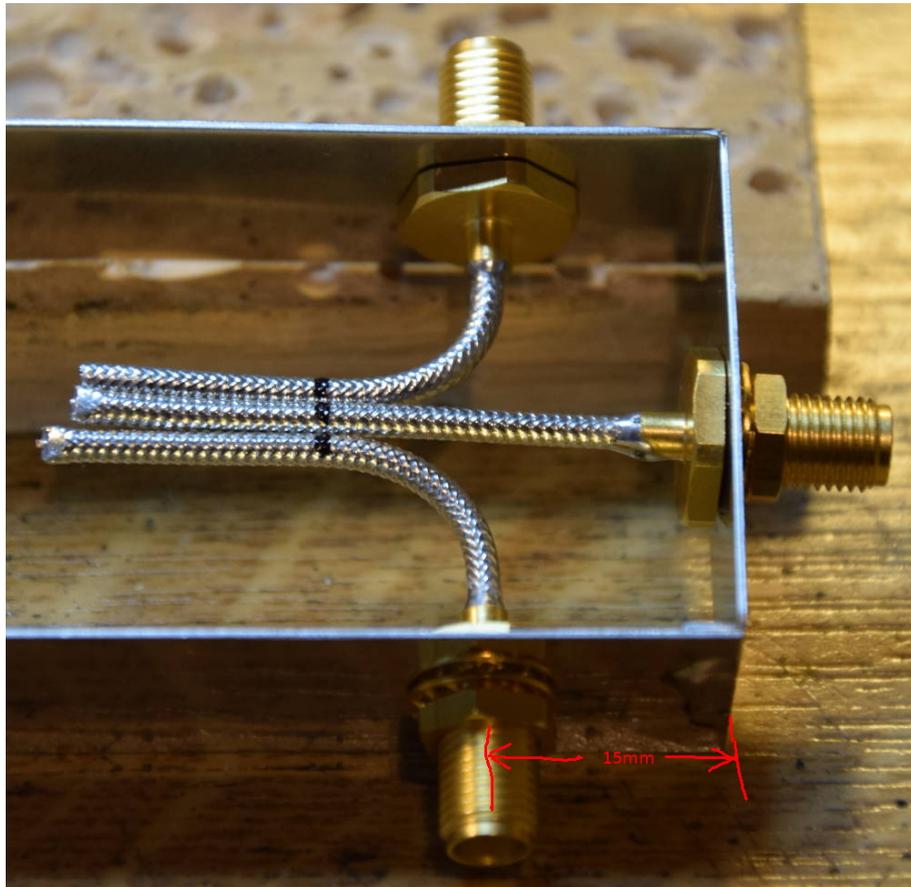


Ansicht meines 0 Ohm Abschlusswiderstandes (links) und 75 Ohm Abschlusswiderstandes (rechts) mit 2x 150 Ohm aufgelötet.

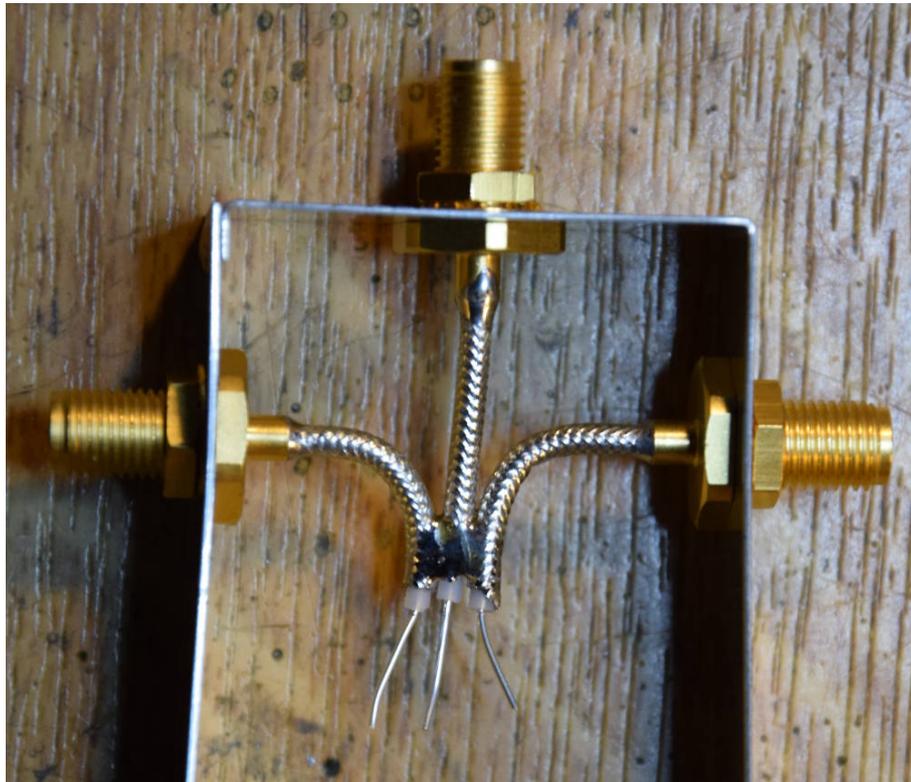
2.2 Der Aufbau



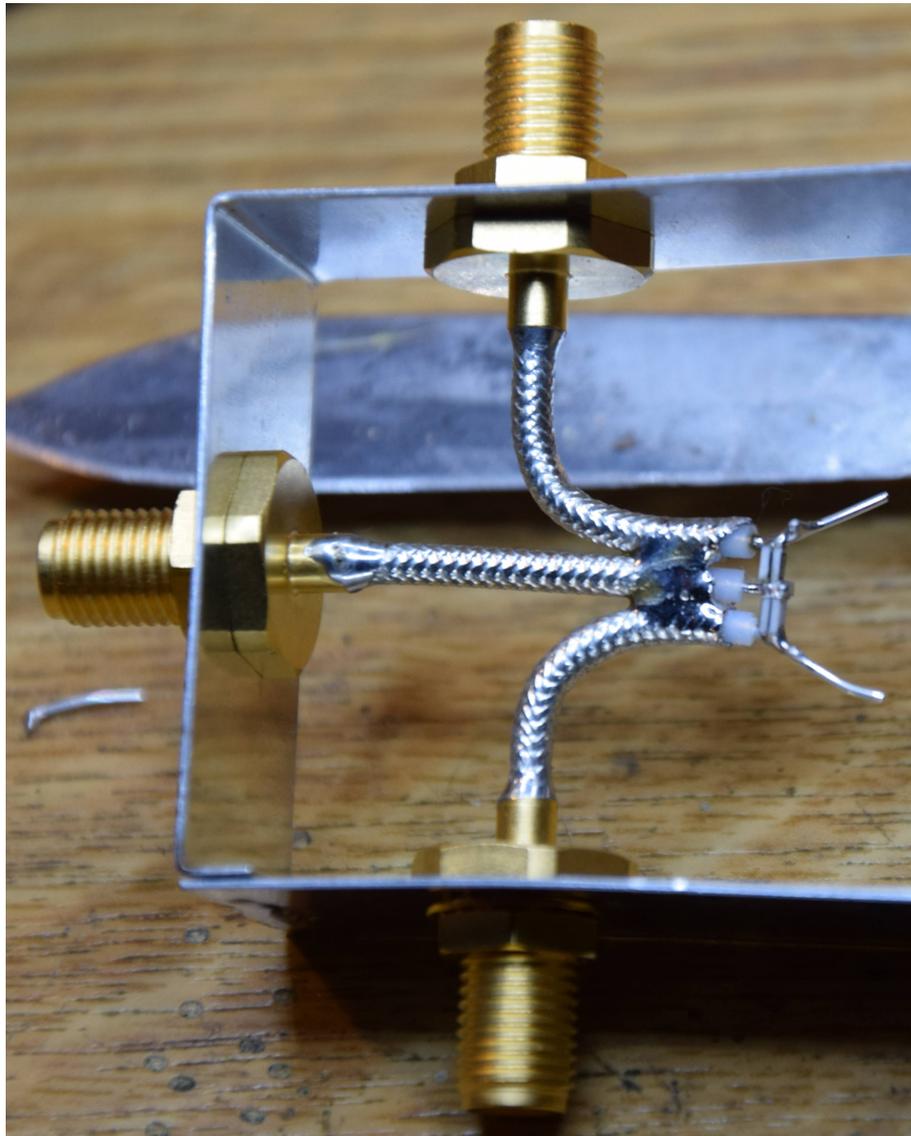
Zuerst löten wir die 3 kurzen (etwa 45mm) und das eine lange (etwa 130mm) RG405 Semi-Rigid Kabel (bei Ebay bestellt) in die Buchsen (Reichelt, Artikel-Nr.: R 125 326) ein. Das eine lange RG405-Kabel mit Buchse, war bei mir schon fertig und ist hier nicht zu sehen. Ich habe es von einem Flohmarkt.



Nachdem die Löcher in das Weißblechgehäuse (Schubert, Artikel Nr. 4B, 37mm Breit, 20mm Hoch und 148mm Lang) gebohrt wurden, werden die 3 Buchsen in das Gehäuse eingeschraubt und die RG405 Kabel passend gebogen. So wie im Foto zu sehen ist. Mit einem Markierungsstift machen wir über die 3 Kabel hinweg einen Markierungsstrich. An dieser Stelle soll einmal der Außenmantel des Kabels enden. Ich habe die SMA-Buchsen wieder ausgebaut, den Mantel etwas verzinkt, mit einem Messer eingeritzt und den Außenmantel abgezogen. **Achtung! Beim verzinnen verschwindet der Strich schnell wieder.**



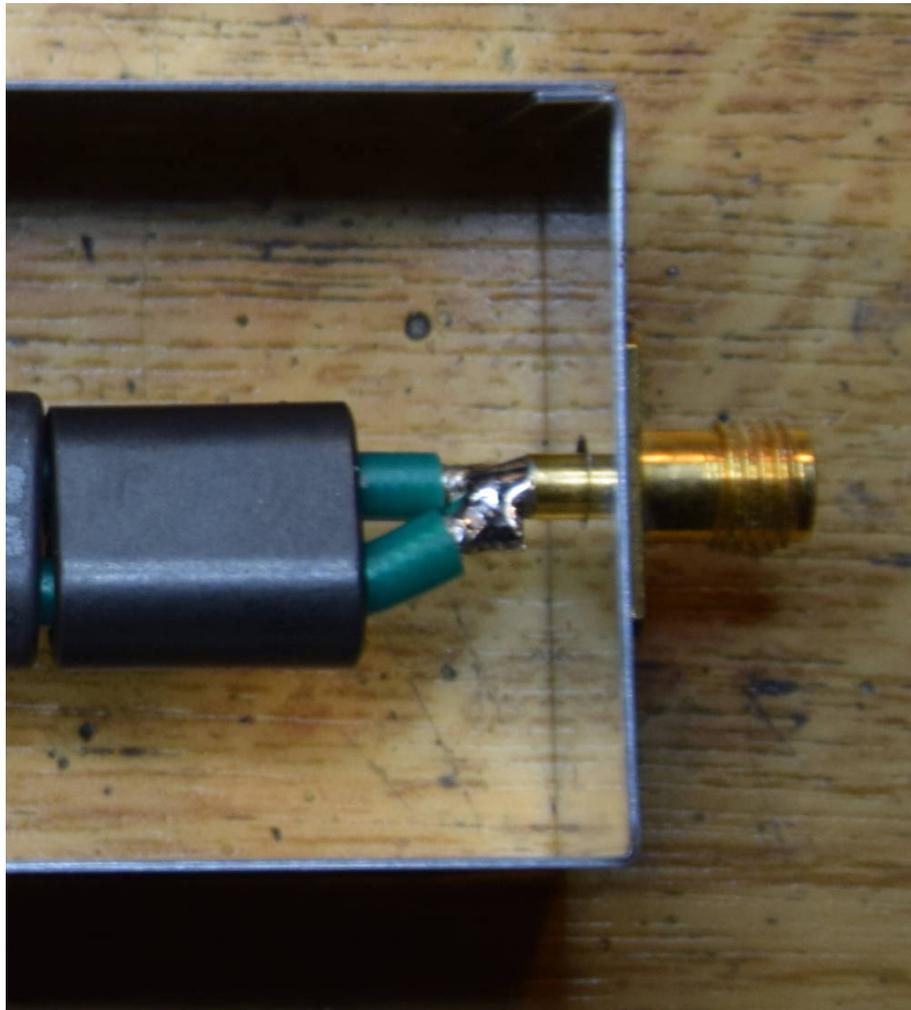
Jetzt wird noch die Isolierung der Seele des Kabels entfernt. Anschließend werden die SMA-Buchsen wieder eingeschraubt. Wenn alles passt, kann der Außenmantel der 3 Kabel miteinander verlötet werden. Durch die Anordnung der beiden Kabel, rechts und links ist gewährleistet, dass die Kabel etwa die gleiche Länge haben. Das ist wichtig. Bei diesen hohen Frequenzen sollte auf dem HF-Weg zur Messbrücke keine Phasenverschiebung entstehen. **Bei 4,4GHz beträgt die Wellenlänge nur 68 mm!**



Jetzt werden die 4 Widerstände 100 Ohm eingelötet. Die „Freiluftverdrahtung“ hat den Vorteil, dass ganz geringe parasitäre Kapazitäten und Induktivitäten zur Wirkung kommen. Wir wollen ja eine möglichst gute Richtschärfe auch bei hohen Frequenzen. Die Seele vom mittleren Koaxkabel können wir nach dem Einlöten der Widerstände ganz kurz abzwicken. Die anderen beiden Seelen werden mit dem Außenmantel der beiden RG405-Kabel, die zum Messausgang führen, verlötet. Aber erst ganz zum Schluss.



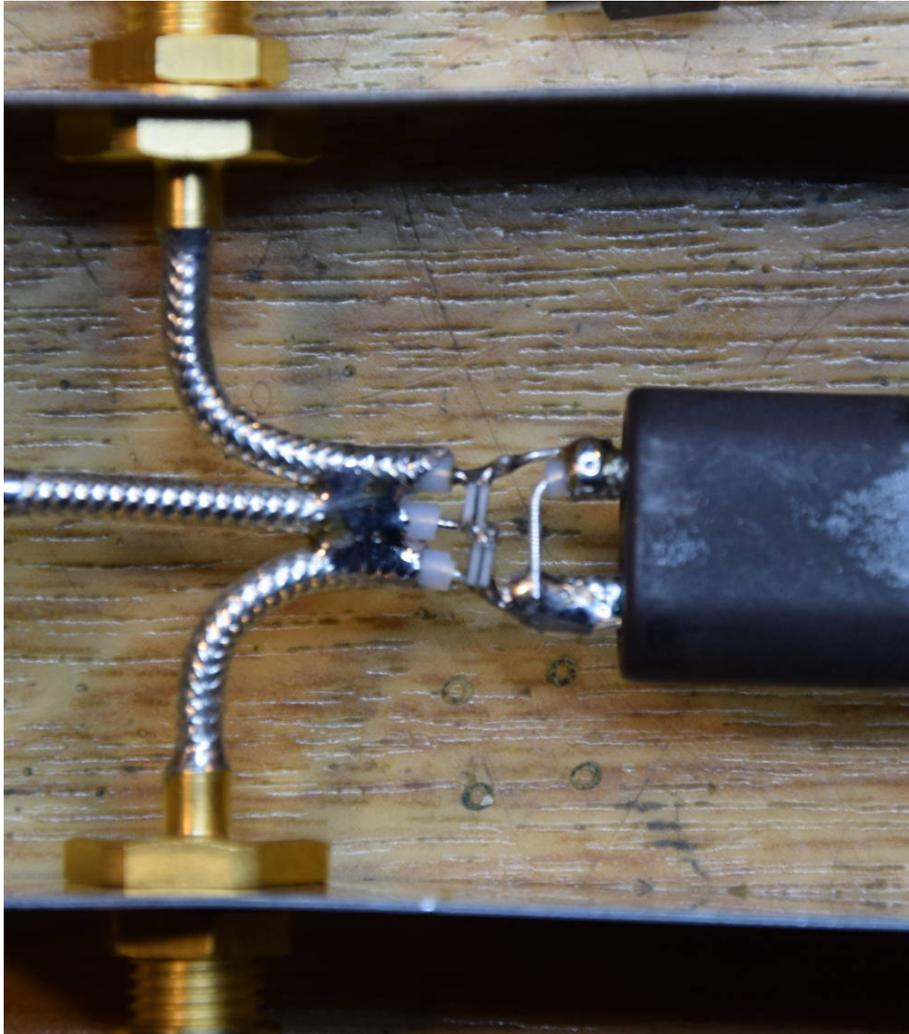
Werden Mikrowellenwiderständen SMD 0402 verwendet, wird die kleine Leiterplatte ebenfalls direkt an die 3 Seelen der Koaxkabel angelötet. Hier nur von unten zu sehen.



Jetzt schrauben wir die SMA-Buchse für den Messausgang ein. Ich habe ein fertiges Kabel mit Buchse und habe die Buchse von außen verlötet. Aber das spielt ja keine Rolle. An dem Außenmantel der Messbuchse wird der Außenmantel des zweiten RG405-Kabel gelötet. Die Seele bleibt frei. Jetzt schieben wir den Isolierschlauch auf die beiden RG405-Kabel und anschließend können wir die Doppellochkerne auffädeln. Zuerst 2x BN 73-202 (Reichelt, Artikel-Nr.: BN 73-202). Dann 3x BN 43-202 (Reichelt, Artikel-Nr.: BN 43-202). Zum Schluss noch 2x BN 61-202 (Reichelt, Artikel-Nr.: BN 61-202).



Bevor die beiden RG45-Kabel mit der Messbrücke verlötet werden, muss mechanische Stabilität hergestellt werden. Es wird ein Stück Leiterplattenmaterial an das Weißblech auf beiden Seiten angelötet und mit 2 Bindern die Doppellochkerne festgelegt. Erst jetzt kann alles mit der Widerstandsbrücke verlötet werden, wie im letzten Bild zu sehen ist.



Im vorletzten Schritt verlöten wir den Außenmantel der beiden Messkabel die aus den Doppellochkernen schauen mit der Seele der Referenzbuchse und der Seele der Buchse des Messeingangs. Zum Schluss wird die Seele des oberen Messkabels auf den Außenmantel des unteren Messkabels gelötet. Die SWR-Messbrücke ist jetzt für eine Probemessung fertig. Die Seele des unteren Kabels bleibt wieder frei. Für die Funktion des Ausgangsübertragers (Doppellochkerne) wird nur der Außenmantel des unteren Koaxkabels gebraucht.

2.3 Stückliste der Messbrücke

Anzahl	Bezeichnung	Provider	Bestellnummer
1	Weißblechgehäuse	Schubert	Nr. 4B, 37mm B, 20mm H und 148mm L
4	SMA-Buchsen RG405	Reichelt	R 125 326
1	SMA-Stecker mit Flansch	Ebay	für Abschlusswiderstand 75 Ohm
1m	RG405 Semi Rigid	Ebay	
4	100 Ohm	Reichelt	verschieden Artikelnr. siehe Text
		oder	
2	50 Ohm 0,1%	Farnell	Bestellnr.:1109049
2	150 Ohm	Reichelt	RND 0805 1 150
2	BN 61-202	Reichelt	BN 61-202
3	BN 43-202	Reichelt	BN 43-202
2	BN 73-202	Reichelt	BN 73-202
	Isolierschlauch für RG405	Reichelt	Schrumpfschlauch ev. 2 Lagen
4	Gewindebolzen M3 18mm	Reichelt	VT DI 18MM

Der Isolierschlauch stammt noch aus alten Beständen. Es eignet sich auch Schrumpfschlauch. Eventuell 2 Lagen aufschumpfen. Das Koaxkabel sollte möglichst zentral im Doppellochkern geführt werden.

3 Messkopfdaten generieren

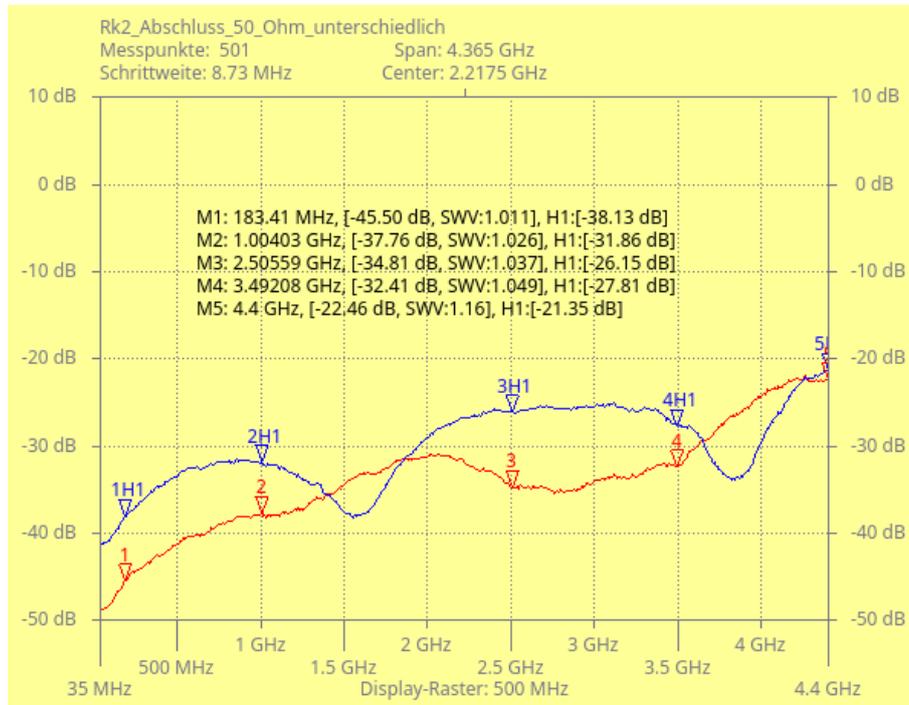
Bevor wir mit der SWR-Messbrücke messen können müssen wir in der PC-Software Messkopfdaten für die Hardware der Messbrücke erzeugen.



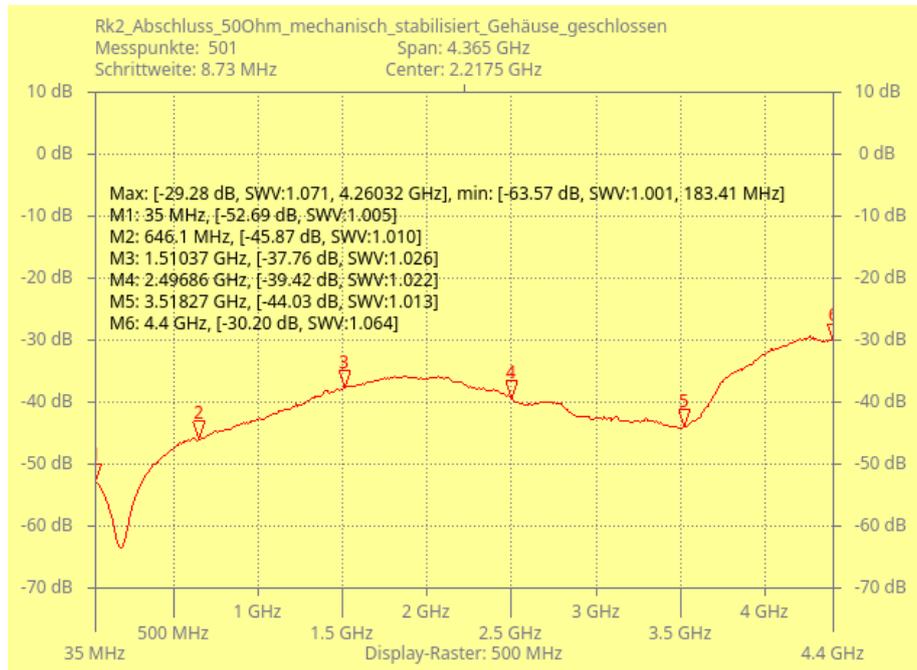
Wir wählen einen Messkopf S11 für den gesamten Frequenzbereich des NWT4000.

Der Ablauf der Kalibrierung ist in der PDF „nwt4000_erste_schritte_kalibrierung“ Kapitel 1.2.3 genau beschrieben.

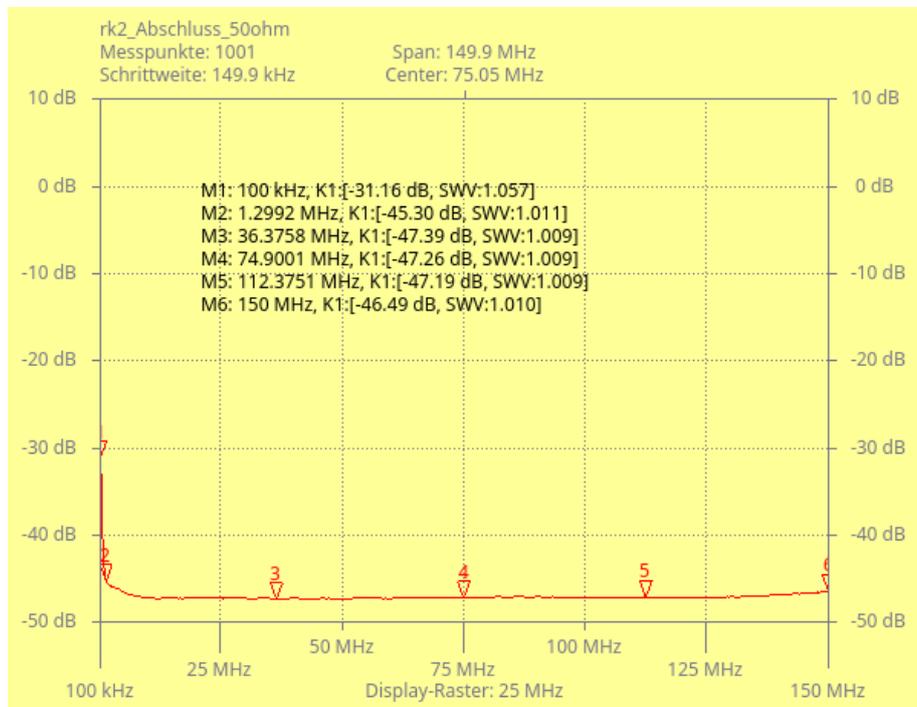
4 Messungen an der SWR-Messbrücke



Wir sehen eine blaue Messkurve und eine rote Messkurve. Die blaue Messkurve ist mit einem Abschlusswiderstand 50 Ohm aufgenommen, der nicht so gute HF-Eigenschaften hat, wie der Abschlusswiderstand 50 Ohm mit der die rote Messkurve aufgenommen wurde. Immerhin ist die Richtschärfe bei 3,5GHz noch besser als -30dB (SWR=1,05). Das kann sich doch sehen lassen.



Nach dem ich die Leiterplatte, zur mechanischen Stabilisierung, eingelötet habe und das Weißblechgehäuse jetzt geschlossen ist, habe ich noch eine abschließende Messung der Richtscharfe durchgeführt. Überrascht bin ich, dass die Messwerte jetzt noch besser sind.



Im unteren Frequenzbereich ist die Richtscharfe sehr gut und geht bis 100kHz

hinunter. Besser geht es kaum. Die Messung wurde mit dem NWT2.0 gemacht.
Auch in dieser PC-SW habe als erstes neue Messkopfdaten generiert. Die
Messergebnisse sollen ja möglichst genau sein.

5 Schlußwort

Ich wünsche viel Erfolg beim Aufbau der SWR-Messbrücke
vy 73 Andreas DL4JAL

✉ DL4JAL@t-online.de