

# Messkopf für die LCD-Anzeige

## Aufbau und Abgleich

(c) DL4JAL, Andreas Lindenau

14. Oktober 2019

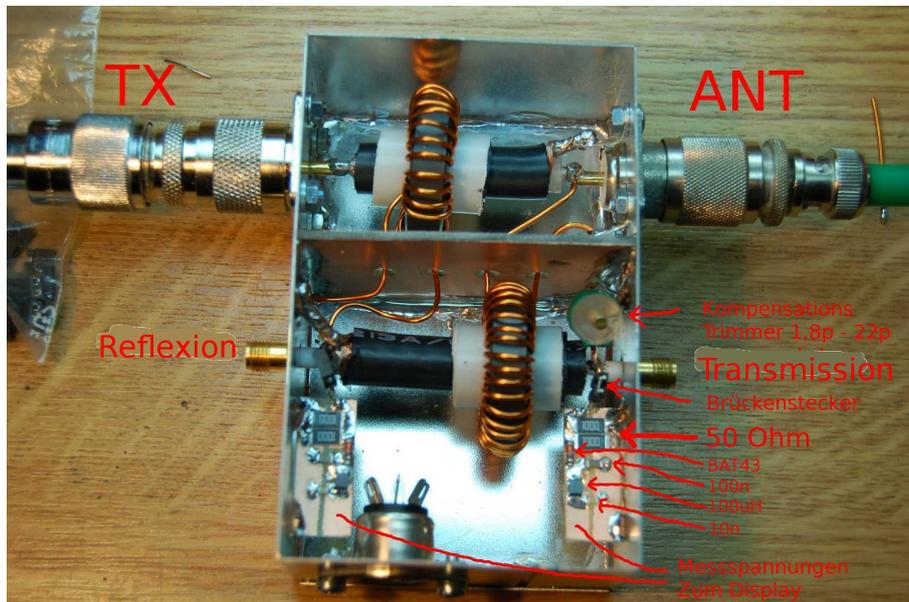
### Zusammenfassung

Für die LCD-Anzeige mit SWR-Messung wird ein Messkopf benötigt.  
Hier folgt die Beschreibung und der Aufbau.

## Der Messkopf-Richtkoppler

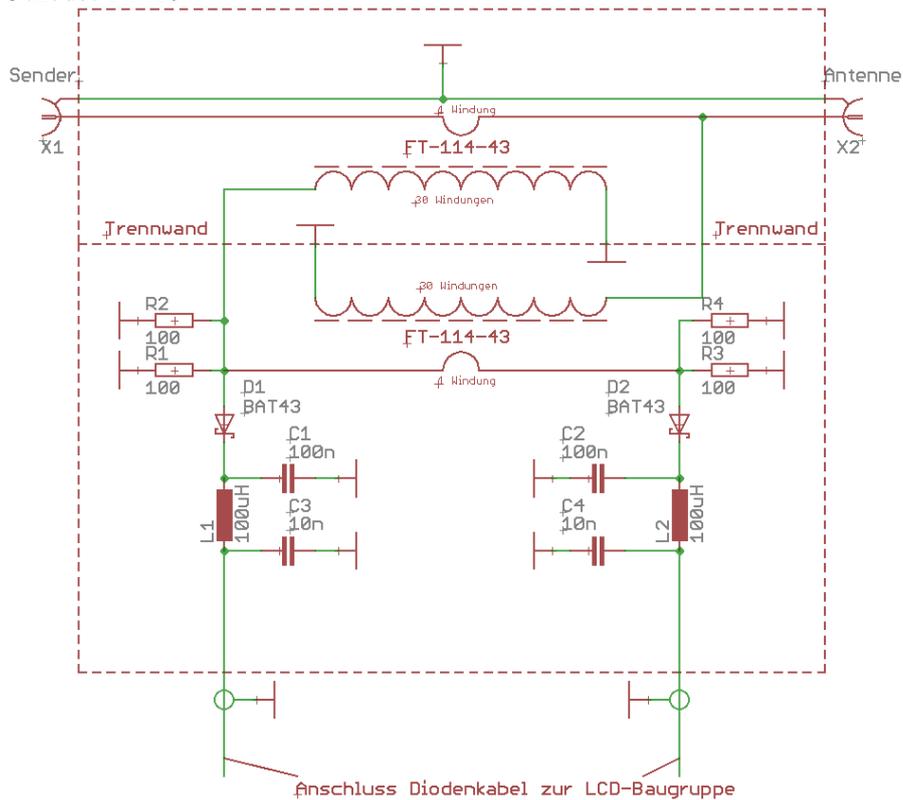
Für die Messung der Vorlaufspannung und Rücklaufspannung benötigen wir einen Messkopf oder auch Richtkoppler genannt, der diese beiden Messgrößen möglichst frequenzlinear im Frequenzbereich 1,8 MHz bis mindestens 30MHz, besser 50MHz, in eine Gleichspannung umwandelt.

## Aufbau des Messkopfes / Richtkopplers

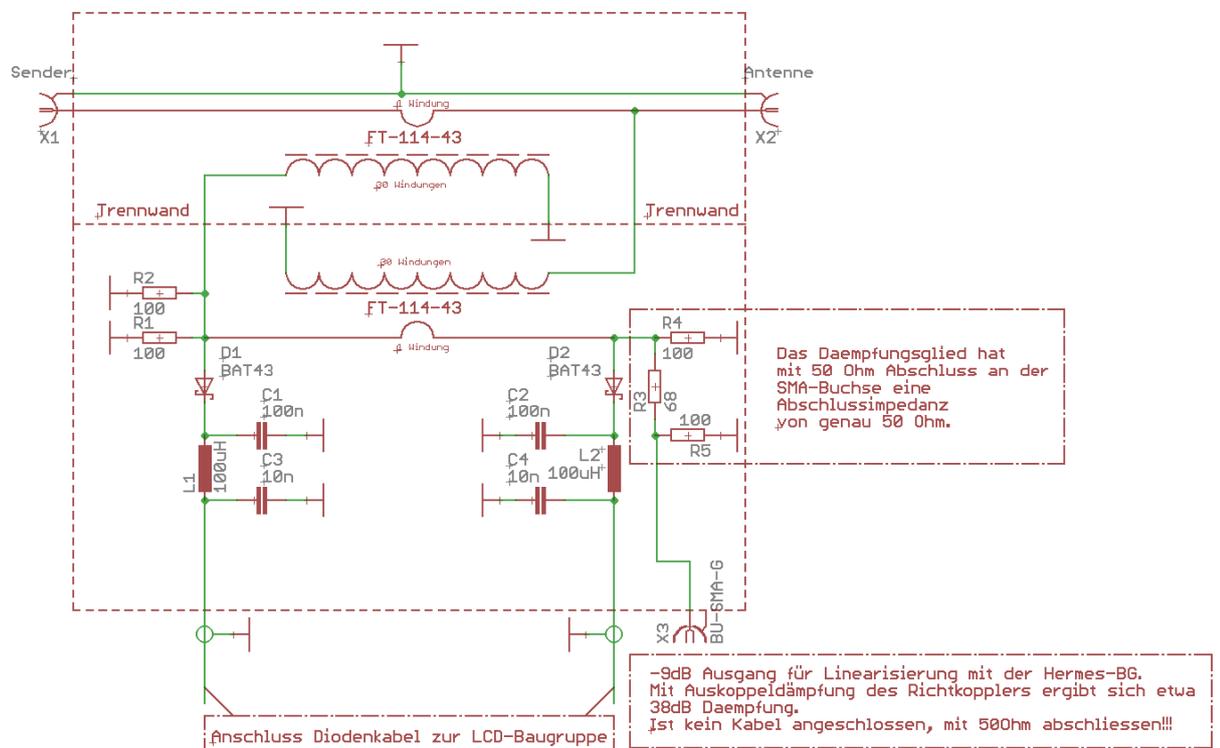


Ansicht des Messkopfes mit FT-114-43 als Auskopplungselemente. Oben links wird der Sender angeschlossen, oben rechts die Antenne. Die beiden SMA-Buchsen dienen als Lötstützpunkt und als Messbuchsen für den Abgleich. Mit

dem Brückenstecker kann man den 50 Ohm Abschluss abtrennen. Das ist erforderlich wenn wir ein Messkabel anstecken. Auf den kleinen Leiterplatten befinden sich die Abschlusswiderstände 2 x 100 Ohm, die BAT43 zur Gleichrichtung und 2 Kondensatoren zur Glättung und die 100uH Drossel hält die HF von der Displayanzeige fern. Diese Gehäuse bekommt man jetzt nur noch bei „Schubert, Gehäuse Nr.:16“.



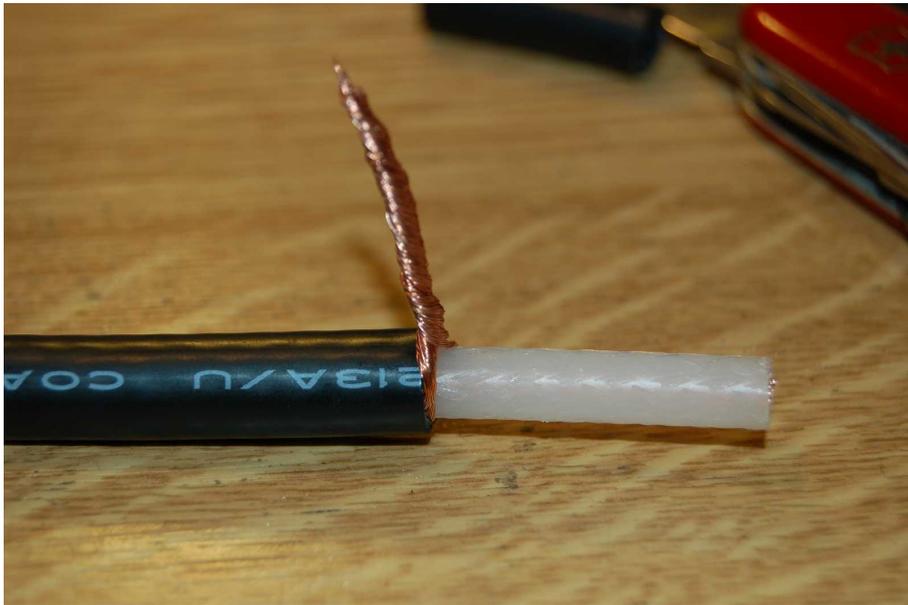
Das Schaltbild des Richtkopplers.



Das Schaltbild eines Richtkopplers mit Auskopplung -38dB, für die Pre-Distortion mit der Hermes-BG und „Power SDR“.



Das Kabel RG213 wird lang abgemantelt. Wir müssen aufpassen dass keine Fasern des Schirmes abstehen und eine Schluss verursachen.



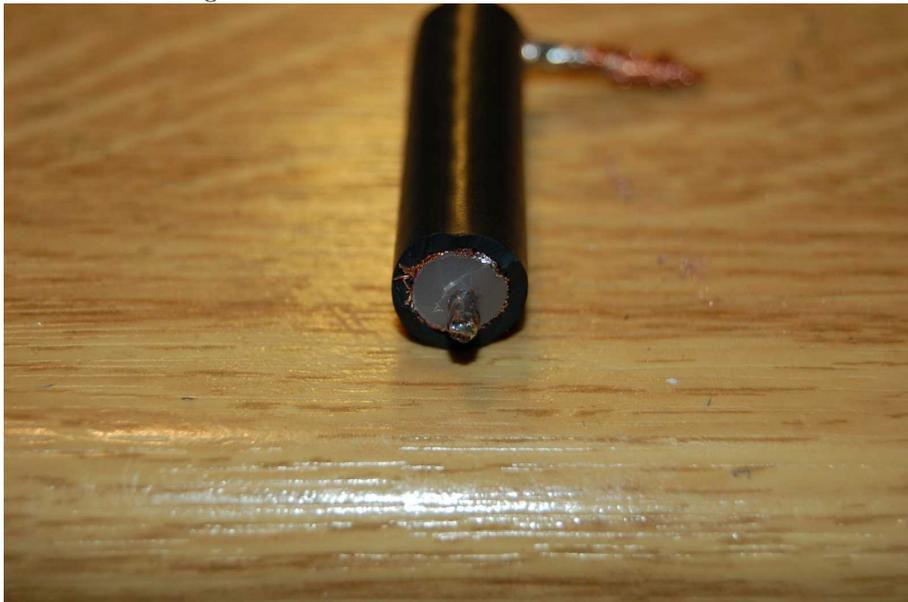
Deshalb wird die Masse lang verdreht damit keine Ader frei herumhängt.



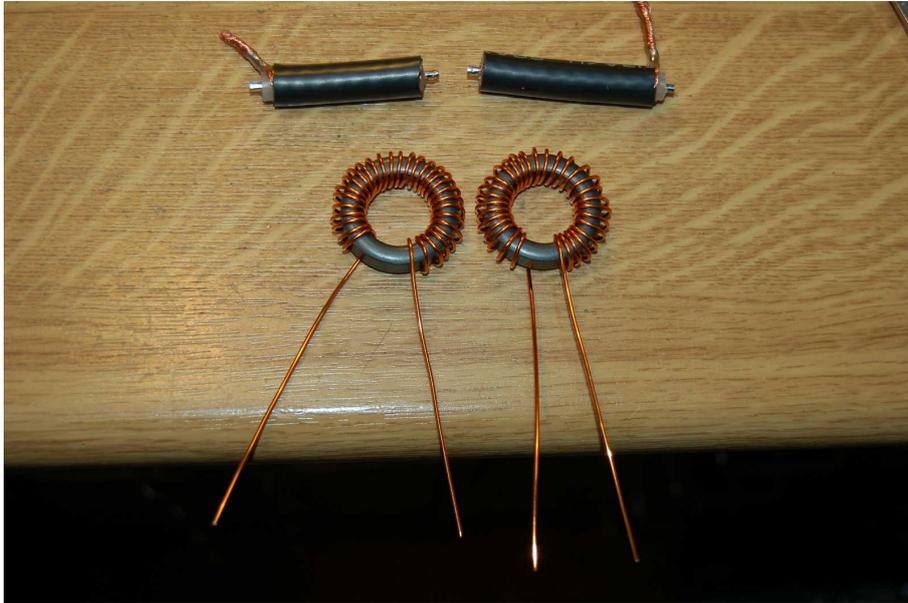
Die Seele wird ganz kurz abgesetzt um eine maximale Schirmung zu erreichen.



Masse und Seele gut verzinnen.



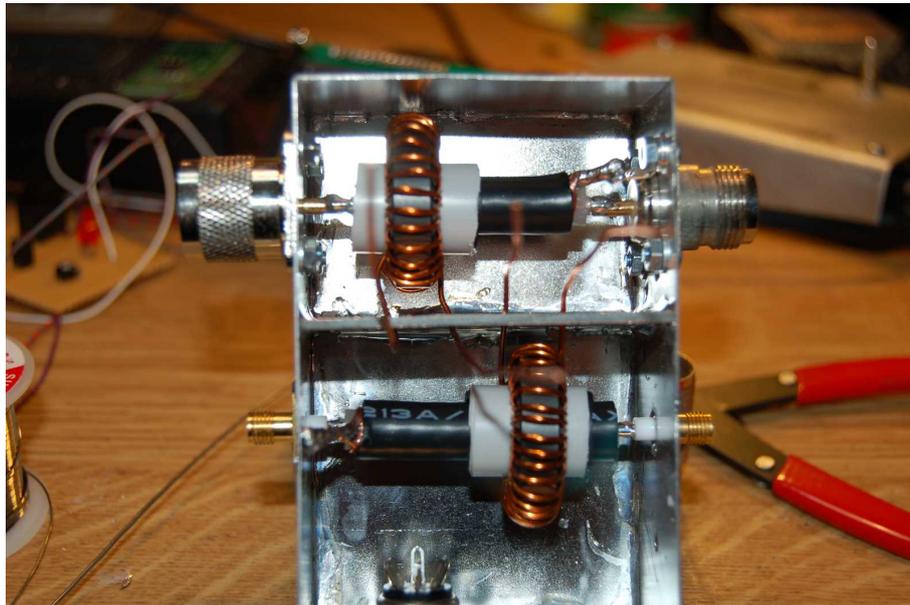
Die  
2 Seite auch kurz absetzen und verzinnen. Achtung der Schirm wird hier abgeschnitten und darauf achten dass keine Fasern in Richtung Seele zeigen!!



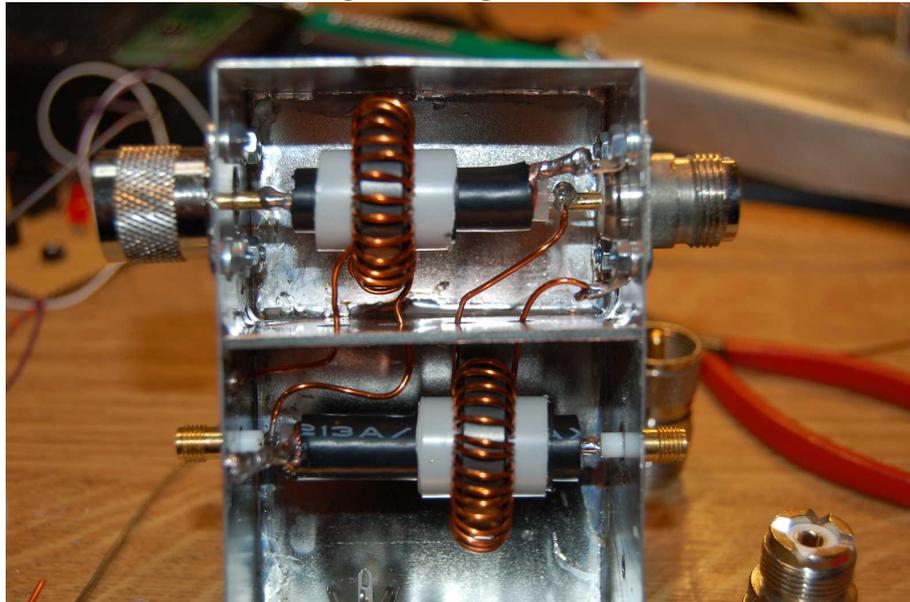
Wir sehen die fertigen Kabel und die bewickelten Ringkerne. Die Ringkerne bekommen 30 Windungen mit Kupferdraht 1mm Stärke. Es ist gut für beide Kerne die gleichen Wickelrichtung zu verwenden. Beachtet man das nicht, kehrt sich die Auskopplung der Reflexion und Transmission um. Das ist nicht so schlimm, aber verwirrt etwas.



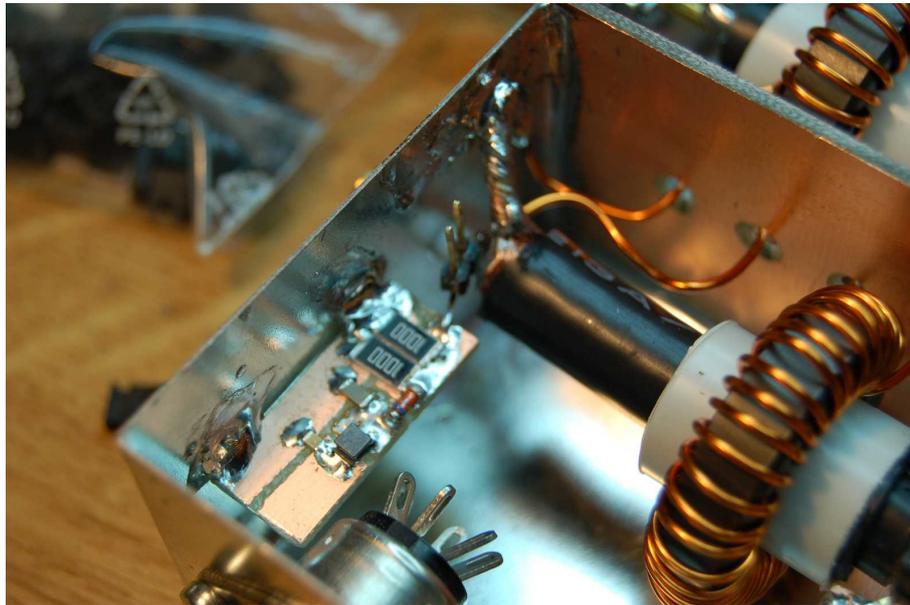
Die Ringkerne werden auf kurze Plasterrohrstücke geschoben. Das Plasterrohr habe ich aus dem Baumarkt. Der Außendurchmesser beträgt 16mm. Zwischen dem Plasterrohr und dem RG213 ist noch Luft. Ich habe den Zwischenraum mit Kabelmantel vom RG213 gefüllt.



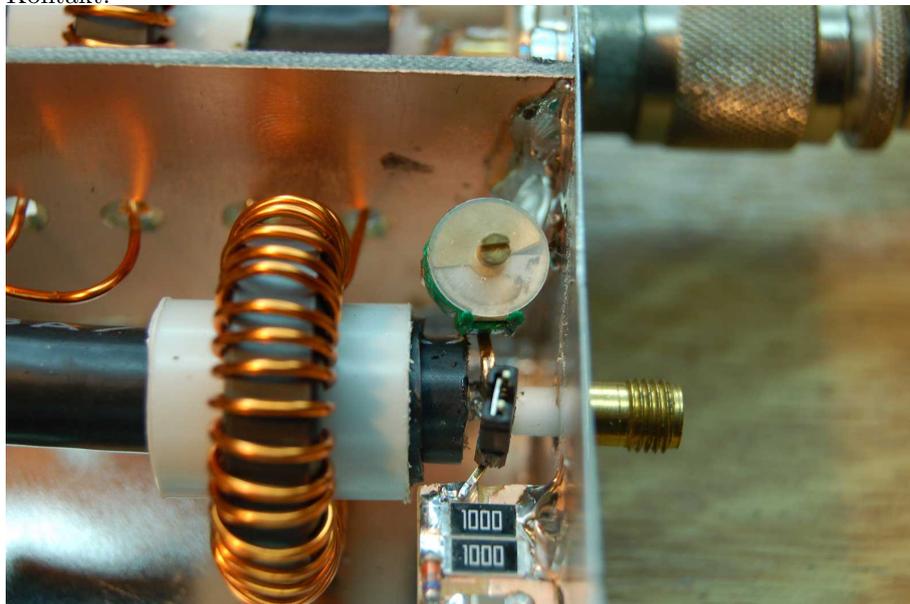
Sind diese Arbeiten erledigt werden die Kabel eingelötet. Die Drahtenden der Wicklungen durch die Zwischenwandlöcher stecken und die Seelen anlöten. Die verdrehte Masse wird einseitig an Masse gelötet. So wie es im Bild zu sehen ist.



Jetzt werden noch die Drahtenden der Ringkernwicklungen angelötet. Wie, erkennt man im Bild.



Wir sehen die eingelötete kleine Leiterplatte mit der Trennbrücke zum Abtrennen der 50Ohm für Messzwecke. Ich habe für die Steckbrücke abgewinkelte Lötleisten verwendet und die Vierkantstift herausgezogen und um 90 Grad versetzt wieder hineingesteckt. Die Lötleisten sind vergoldet und geben guten Kontakt.



Hier wird der Trimmer für die Kompensation der Reflexion eingelötet. Der Trimmer hat 3 Anschlüsse. 2 Anschlüssen werden mit einem Draht an Masse gelötet und da „heiße“ Ende an die Seele des Koaxialkabels.

## Berechnungen zum Messkopf

Als erstes betrachten wir die Parameter, die wir messen wollen. Bei einer erlaubten Sendeleistung von 750 Watt ist der maximale Messbereich auf etwa 1000 Watt festzulegen. Nun Rechnen wir einmal die entstehende Spitzenspannung aus, die an der Seele des Koaxialkabels anliegt.

$$\text{Spitzenspannung} = \sqrt{\text{Leistung} * \text{Impedanz} * 2}$$

Setzen wir die 1000 Watt ein bekommen wir als Ergebnis 316,22 Volt. Das ist der Idealfall bei einer Impedanz von 50 Ohm. Das SWR beträgt in diesem Fall 1,0.

$$316,22\text{Volt} = \sqrt{1000\text{Watt} * 50\text{Ohm} * 2}$$

Ist die Antenne fehl angepasst, sieht das wieder ganz anders aus. Nehmen wir mal an, die Antenne hat nicht 50 Ohm sondern durch Fehlanpassung 100 Ohm. Die LCD zeigt ein SWR von 2,0 an. An der Seele des Koaxialkabels steigt die Spannung.

$$447,21\text{Volt} = \sqrt{1000\text{Watt} * 100\text{Ohm} * 2}$$

Es entsteht also durch diese Fehlanpassung eine Spitzenspannung von 447,21 Volt. Das Messgerät würde jetzt durch die Fehlanpassung folgende Leistung anzeigen. In der Software wird die Leistung immer mit 50 Ohm realer Impedanz berechnet, da die Richtung der Fehlanpassung nicht bekannt ist und deshalb auch nicht mit eingerechnet werden kann. Folgende Berechnung verdeutlicht das. Setzen wir die Spitzenspannung in die folgende Formel ein (das ist die Formel für die Leistungsberechnung in der LCD-Anzeige), dann bekommen wir als Ergebnis etwa 2000 Watt!!!

$$\text{Leistung} = \frac{\text{Spitzenspannung} * \text{Spitzenspannung}}{\text{Impedanz} * 2}$$

$$1999,9\text{Watt} = \frac{447,21 * 447,21}{50 * 2}$$

Das Rechenergebnis erstaunt einen natürlich etwas, aber bei einer Fehlanpassung der Impedanz ist ja nicht bekannt in welche Richtung die Impedanz abweicht. Eine Impedanz von 100 Ohm entspricht einem SWR von 2,0. Aber ein SWR von 2,0 wird auch bei einer Impedanz 25 Ohm angezeigt. Die LCD-Anzeige würde in diesem Fall aber nur etwa 500 Watt anzeigen. Bei dieser Zahlenspielerei betrachten wir aber nur den realen Anteil der Impedanz, kommt der imaginäre Anteil der Impedanz noch hinzu werden die Messergebnisse in der LCD-Anzeige weiter verfälscht. Diese Berechnungen bringen mir Klarheit bei der Gesamtkonzeption der LCD-Anzeige. Es ist also erforderlich die Leistungsanzeige bis etwa **2000 Watt** auszulegen.

## Funktion des Messkopfes

Als Messmethode im Messkopf verwende ich die Transformatorauskopplung für die Spannung und den Strom. Einmal ist der Abgleich einfach und damit der Nachbau sicher. Bei einem Richtkoppler brauchen wir eine Stromauskopplung und eine Spannungsauskopplung. Bei diesem Messverfahren werden beide Auskopplungen mit je einem Ringkern praktiziert. Betrachten wir zuerst die

Stromauskopplung. Im Kapitel auf Seite 1 sehen wir den Übertrager ganz oben in der Abbildung. Links wird der Sender angeschlossen und rechts die Antenne oder eine Dummyload. Als Verbindung zwischen den beiden Punkten benutze ich RG213 Kabel. Wobei die Seele des Kabels als 1 Windung durch den Ringkern geführt wird. Der Schirm des Koaxkabels wird nur auf einer Seite an das Gehäuse angelötet. Durch den Schirm darf kein Strom zurück fließen. Der Schirm dient nur als Abschirmung. Der Schirm verhindert eine kapazitive Kopplung zur sekundären Wicklung (30 Windungen) des Ringkernes. Fließt durch die Seele des RG213 Strom wird  $\frac{1}{30}$  des Stromes zum unteren Teil des Kopplers übertragen. Dieser Ringkern wird nicht so schnell überlastet. Der zweite Ringkern auf dem unteren Koaxialkabel dient zur Spannungsauskopplung. Dieser Ringkern muss die ganze Spannung vertragen, da er mit einem Bein der Wicklung mit der Seele des Koaxialkabels vom TX verbunden ist. Die primäre Wicklung sind in diesem Fall die 30 Windungen und die Seele des unteren Koaxialkabels ist die sekundäre Wicklung mit einer Windung als Auskopplung. Hier gilt auch  $\frac{1}{30}$  der Spannung wird auf dem unteren Teil des Messkopfes übertragen. Der Spannungsanteil aus dem Stromkoppler wird auf der Seele des unteren Koaxialkabels eingespeist und liegt phasengleich an den Abschlusswiderständen der Reflexion und Transmission an. Die Spannungsauskopplung dagegen induziert an der Seele des unteren Koaxialkabels eine Spannung von links nach rechts betrachtet genau um 180 Grad verschoben ist. Das führt dazu, dass auf der linken Seite im Bild unten sich beide Spannungen im Anpassungsfall subtrahieren. Es entsteht die Spannung der Reflexion. Auf der rechten Seite des Bildes addieren sich beide Spannungen im Anpassungsfall und es entsteht die Spannung der Transmission. Sobald sich der Widerstand an der Antenne ändert wird an der Reflexion eine Spannung entstehen, da das Ganze aus dem Gleichgewicht kommt. Ich hoffe mit dieser einfachen Erklärung etwas „Licht ins Dunkel“ gebracht zu haben.

## Messungen und Abgleich mit NWT01 Netzwerktester

Im einem der vorherigen Abschnitte haben wir festgelegt, das etwa 2000 Watt als Maximum angezeigt werden sollen. Im Messkopf legen wir ein Übersetzungsverhältnis der Spannungen und des Stromes von 1 zu 30 fest. Dieses Übersetzungsverhältnis erreichen wir durch 30 Windungen auf den Ringkernen. Mit einem Netzwerktester könne wir die Auskoppeldämpfung der Vorlaufspannung gut messen. Zuerst rechnen wir aus welche Dämpfung in dB mit einer Auskopplung von  $\frac{1}{30}$  zu erwarten sind.

$$\begin{aligned} \text{Daempfung}(dB) &= 20 * \log \frac{U_2}{U_1} \\ -29,54dB &= 20 * \log \frac{1}{30} \end{aligned}$$

Wir errechnen -29,54 dB Auskoppeldämpfung für die Vorlaufspannung (Transmission). Dieses Messergebnis erreichen wir, wenn alle Ausgänge mit 50 Ohm Impedanz abgeschlossen werden. Die Rücklaufspannung (Reflexion) würde in diesem Fall 0 Volt betragen oder in dB betrachtet ist die Dämpfung unendlich hoch. Das ist reines Wunsdenken, aber meine Messungen haben gezeigt, dass mit einem Kompensationskondensator der ideale Dämpfungswert von > 40dB erreichbar ist. Das entspricht einer Messgenauigkeit bis etwa SWR 1,02. Ich habe einen Trimmer 1,8p – 22p eingesetzt. Mit diesem Trimmer gleichen wir das ganze „Gebilde“ auf ein Reflexionsminimum im Frequenzbereich 1,8 MHz – 30



Abbildung 1: Messung der Reflexion und Transmission

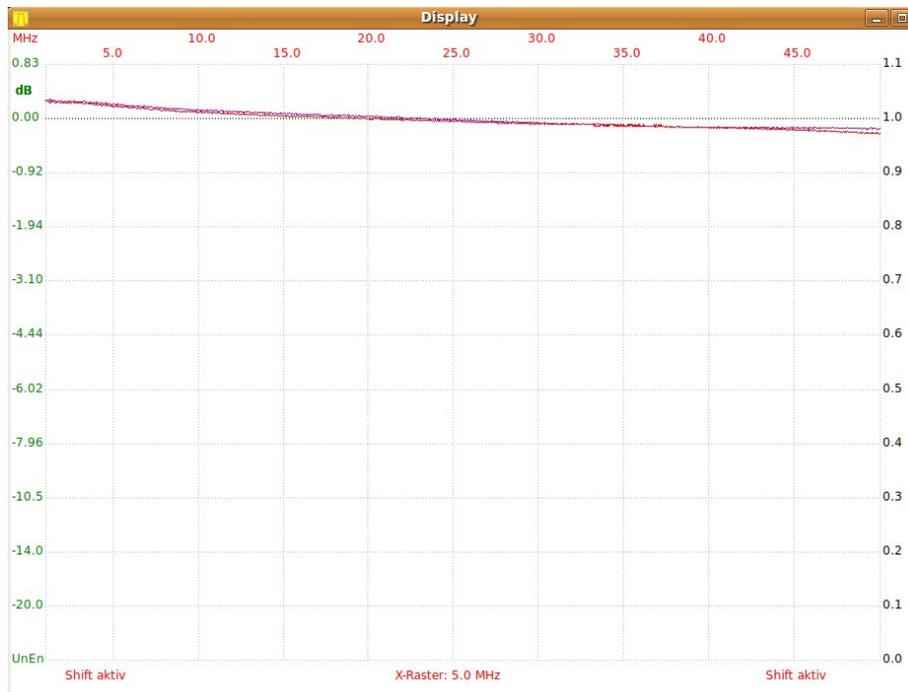


Abbildung 2: Durchgangsdämpfung Messkopf

MHz ab. Beide Messergebnisse sind in der Abbildung 1 auf Seite 11 zu sehen. Ich habe die Displayanzeige um 30dB mit „Displayshift“ verschoben um bei der Reflexionsdämpfung nicht rechnen zu müssen. Die Transmission im Bild ist über den ganzen Frequenzbereich linear. Die guten Werte der Reflexion erreicht man nur durch den Abgleich mit dem Kompensationstrimmer. Eine weitere interessante Messung ist die Dämpfung der Sendeleistung durch den Messkopf. Diese Messung habe ich mit dem linearen Messkopf des NWT01 durchgeführt. Wie zu erwarten, ist keine nennenswerte Dämpfung ersichtlich. In Abbildung 2 auf Seite 11 sieht man die beiden Kurven. Die violette Linie ist ohne Messkopf und die rote Linie ist mit Messkopf. Die beiden Linien sind fast deckungsgleich.

## Schlusswort

Ich hoffe das Prinzip des Aufbaus ist gut rüber gekommen. Viel Erfolg beim Nachbau.

vy 73 Andreas DL4JAL

✉ DL4JAL@dark.de

☎ 037291-68873