

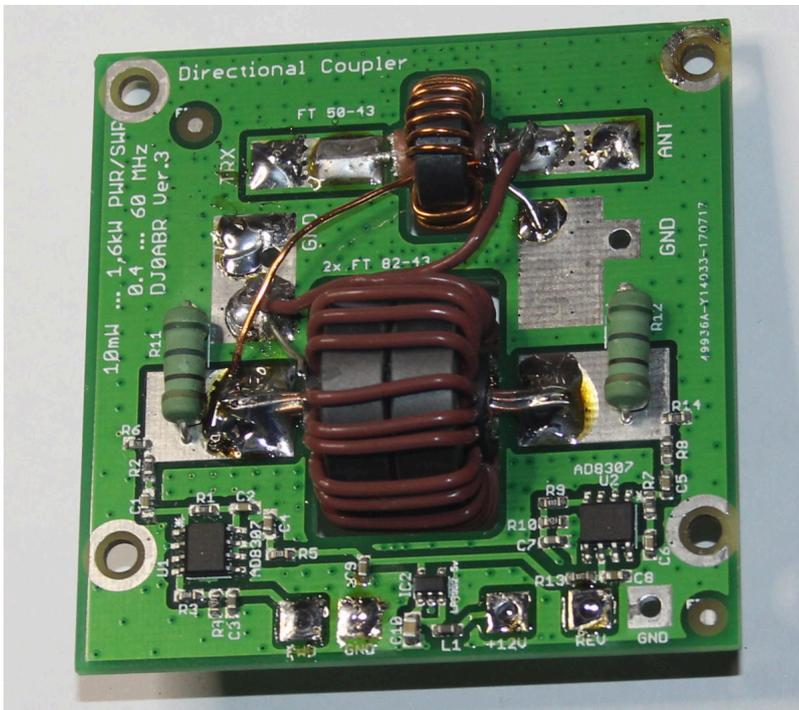
# Leistungs- / SWR Präzisions-Messkoppler

0,4 ... 70 MHz

100mW ... 2kW

Diese zweite Version eines Sontheimer/Frederik-Kopplers wurde im Rahmen unseres 1kW-LDMOS-PA Projektes entwickelt. Der Schwerpunkt dieses Kopplers liegt in einem weiten Leistungsbereich und einem weiten Frequenzbereich. Auf Messungen von 1mW wurde verzichtet, dafür ist der Koppler bis über 2kW optimiert, also bestens für Leistungsendstufen gerüstet.

Sehr wichtig war auch der einfache Aufbau. Die lästigen mechanischen Arbeiten zur Fertigung von Weißblechgehäusen mussten unbedingt entfallen.



## Technische Daten dieses Kurzwellen-Leistungs/SWR-Kopplers:

- Leistungsbereich: 100 mW bis 2 kW
- Frequenzbereich: 0,4 MHz bis 60 MHz (630m bis 6m Band), mit verringerter Genauigkeit auch im 4m Band brauchbar
- Richtschärfe auf allen Bändern > 30dB (auf 70 MHz >20dB)
- Aufbau auf einer einzelnen Platine welche auch die beiden Ringkerne enthält
- es werden zwei AD8307 eingesetzt, einer für die vorlaufende und einer für die rücklaufende Leistung
- die Schaltung arbeitet völlig abgleichfrei und ist daher leicht aufzubauen

die Schaltung der ersten Version hat sich als optimal herausgestellt, daher wurde sie unverändert übernommen. Geändert wurde vor allem der mechanische Aufbau sowie die Dimensionierung der Ringkerne. Durch ein speziell berechnetes Platinenlayout konnte eine gute Anpassung auch ohne Gehäuse erreicht werden.

Die Richtschärfe und damit die Auflösung der SWR Messung ist so genau, dass sogar der Einfluss von Adaptersteckern (PL-N usw) deutlich messbar ist. Auch kann die Qualität von Koaxkabeln gemessen werden. Natürlich ist dazu eine präzise Dummyload (mit genau 50 Ohm) erforderlich.

## Ringkerne, Größe:

dieser Koppler benutzt 2 Ringkerne und ist damit abgleichfrei.

**Ringkern-1:** dieser sitzt direkt über der Verbindung Transceiver ↔ Antenne. Diese Leitung wird durch den Kern einmal hindurchgeführt (bedeutet also 1 Windung). Dieser Kern misst den Strom welcher vom Transceiver zur Antenne fließt. In diesem Kern wird so gut wie keine Leistung umgesetzt. Durch die eine Windung wird eine winzige Leistung eingekoppelt und durch die 24 Sekundärwindungen wieder ausgekoppelt. Da keine Leistung umgesetzt wird kann dieser Kern sehr klein bleiben. Wir haben uns für den FT50-43 von Amidon entschieden.

**Ringkern-2:** dieser ist mit seinen 24 Windungen direkt am Antennenausgang des Kopplers angeschlossen. Je nach Induktivität und Sendeleistung fließt hier ein erheblicher Strom welcher durch Kupfer- und Eisenverluste zu einer Erwärmung dieses Ringkerns führt. Da der Koppler bis über 2 kW funktionieren soll werden 2 Stück Amidon FT82-43 übereinander geklebt und gemeinsam bewickelt.

Für die Symmetrie des Kopplers ist nur die Windungszahl entscheidend (hier sind es je 24 Wdg.) die Kerngröße hat keinen Einfluss weshalb man mit einem FT50 und zwei FT82 arbeiten kann.

## Ringkerne, Material:

einen so weiten Bereich von 0,4 MHz bis 60 MHz abzudecken ist immer ein Kompromiss. Es gibt einfach keinen Ringkern der über diesen Bereich gleichmäßige Eigenschaften hat.

Wir haben unzählige Kerne getestet und uns schließlich für das Amidon Material 43 entschieden. Dieses hat auf 400 kHz einen nur leichten Abfall, auf 52 MHz etwas mehr Abfall, bietet aber im interessanten Bereich von 160m bis 10m einen hervorragend schönen geraden Frequenzgang.

Wer vor allem Wert auf die unteren Bänder legt, kann das Material 77 benutzen, dieses geht von 0,1 MHz bis 21 MHz gut, darüber bricht es ein.

Das 6m Band nimmt eine Sonderstellung ein. Man könnte zwar mit dem Material 61 noch etwas mehr herausholen, jedoch wirkt auf 50 MHz der mechanische Aufbau bereits extrem mit. Die Annäherung der Hand zu den Ringkernen hat bereits Einfluss auf die Messung. Trotzdem haben wir mit dem Material 43 immer noch Messgenauigkeiten beim SWR die besser sind als die meisten kommerziellen SWR Meter.

## Windungszahlen:

grundsätzlich sollte man so viele Windungen wie möglich benutzen, aus 2 Gründen: zum einen steigt mit der Anzahl der Windungen die Präzision des Kopplers und zweitens brauchen wir für Ringkern-2 eine möglichst hohe Induktivität damit dessen Strom sinkt und er weniger heiß wird.

Die andere Seite der Medaille ist jedoch, dass mit steigender Windungszahl die obere Grenzfrequenz

des Kopplers sinkt. Außerdem gibt es Resonanzen zwischen der Ringkerninduktivität und den parasitären Kapazitäten des Aufbaus, welche im Bereich zwischen 30 und 100 MHz liegen. Macht man zu viele Windungen, so kommt diese Resonanz herunter und stört die Messung im 6m Band. In vielen Versuchen hat sich herausgestellt, dass 24 Windungen optimal funktionieren.

## Messverstärker:

es wird der sehr bewährte Analog Devices AD8307 eingesetzt. Der damit erzielbare Messbereich von unter 10mW bis hinauf zu über 2kW ist unschlagbar. Leider ist dieser IC sehr teuer und wird zwischen 10 und 13 Eur pro Stück gehandelt. Da ich den Fernost-Fakes nicht traue, hat Ernst, DL1EV, in einer Sammelbestellung eine große Menge zu einem recht guten Preis erworben, ihr könnt diese ICs bei dl1ev@gmx.de recht günstig bekommen.

## Beschaltung der Ringkerne:



oben befindet sich Ringkern-1 direkt zwischen Sender und Antenne, der misst den Strom durch das Antennenkabel. Der untere Kern ist Ringkern-2, er misst die Spannung am Antennenanschluss.

Zusammen mit den 50 Ohm Widerständen bilden sie die Messbrücke. An den beide Auskoppelleitungen wird der AD8307 angeschlossen.

Es sind 56 Ohm Widerstände eingesetzt. Zusammen mit dem Eingangswiderstand der AD8307 Schaltung erhält man die benötigten 50 Ohm. Ein Abgleich auf 50 Ohm wäre zwar möglich, in der Praxis aber nicht durchführbar da die Genauigkeit der üblichen Messgeräte dafür nicht ausreicht. Eine Richtschärfe von besser als 30dB lässt sich auch ohne jeden Abgleich immer erreichen und damit eine SWR Auflösung von ein paar Hunderstel !

## Wickelschema im Detail:

es gibt nicht verwirrenderes als das richtige Wickelschema. Aber das muss stimmen. Das Layout ist auf dieses Wickelschema eingestellt, macht man es falsch dann verliert man schnell 10dB Richtschärfe.

Damit wir den Überblick behalten, hier eine Fotostrecke mit Detailaufnahmen. Es geht hier nur darum zu zeigen, in welcher Richtung die Kerne bewickelt werden. Bei genauem Hinsehen erkennt man, dass die Kerne FT50 und FT82 entgegengesetzte Wickelrichtung haben.

**Windungszahl:** 24 (bei beiden Kernen)

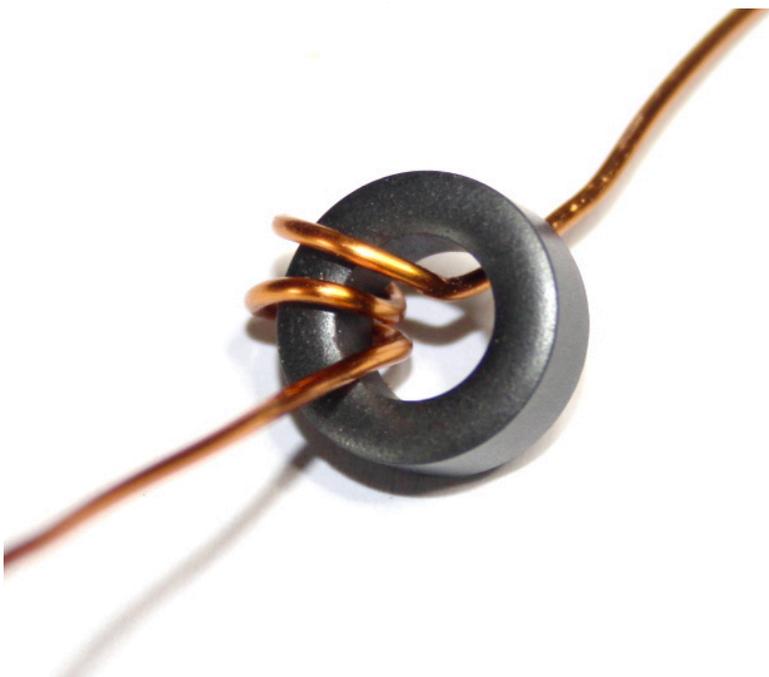
### Draht:

Der FT50-43 wird mit CuL 0,63mm Durchmesser bewickelt (jeder Draht zwischen 0,35 und 0,65mm kann benutzt werden)

Die beiden zusammengeklebten FT82-43 werden mit CuL 1,0mm Durchmesser bewickelt (jeder Draht zwischen 0,60 und 1,2mm kann benutzt werden)

In den Bildern ist das FT82-43 Pärchen mit Teflondraht 0,34qmm (1mm Außendurchmesser) bewickelt. Das ist einfacher als mit CuL Draht, da keine Gefahr besteht den Lack des Drahtes zu zerkratzen (erhältlich hier).

erst der kleine FT50-43:

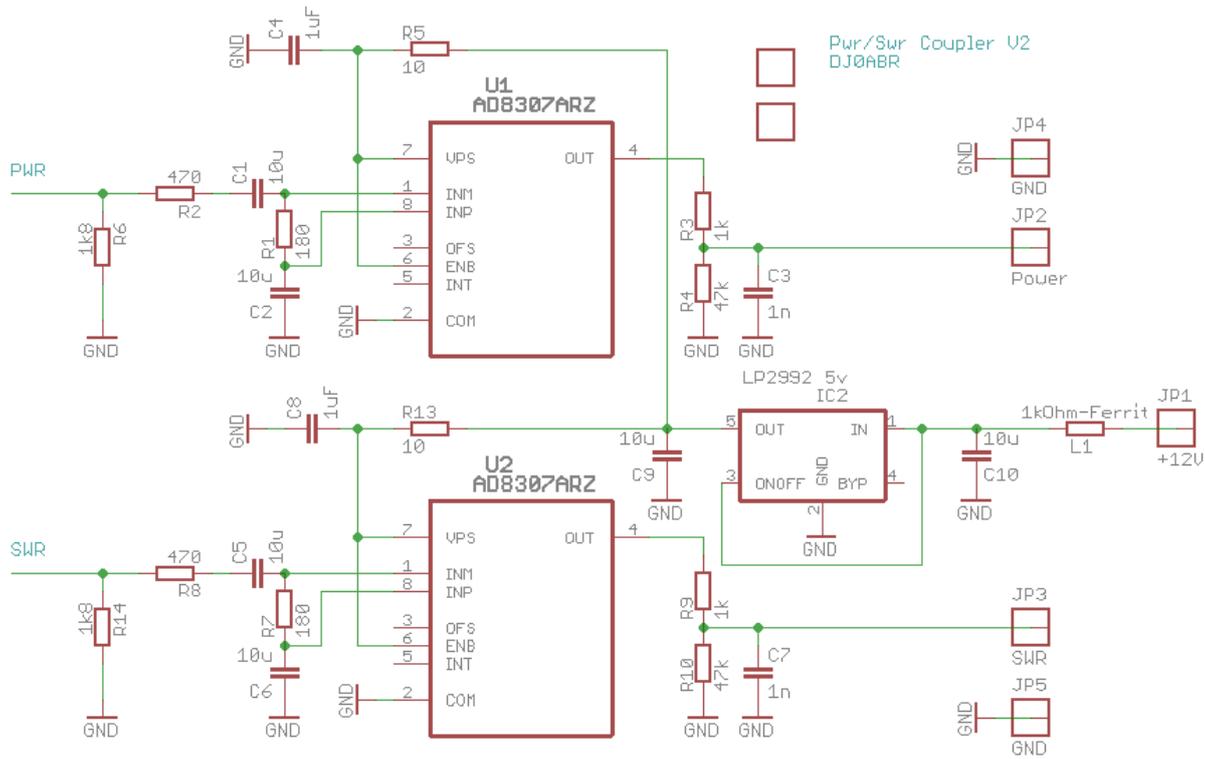


dann das Schema für das Pärchen FT82-43:

bewickelt wird natürlich ein FT82-43 Doppelpack, hier zur besseren Übersicht das Wickelschema an einem einzelnen Kern.



**AD8307 Messschaltung:**



der 1,8kOhm Widerstand liegt dem 56 Ohm Widerstand (Schaltbild oben) parallel, zusammen mit R8 und dem Eingangswiderstand des AD8307 kommt man auf 50 Ohm.

An den Lötanschlüssen JP2 und JP3 wird eine Spannung ausgegeben welche der vorlaufenden und der rücklaufenden Leistung entspricht. Diese Spannung liegt im Bereich von 0,5 bis 2 Volt und passt daher zu den verschiedenen Anzeigeplatine.

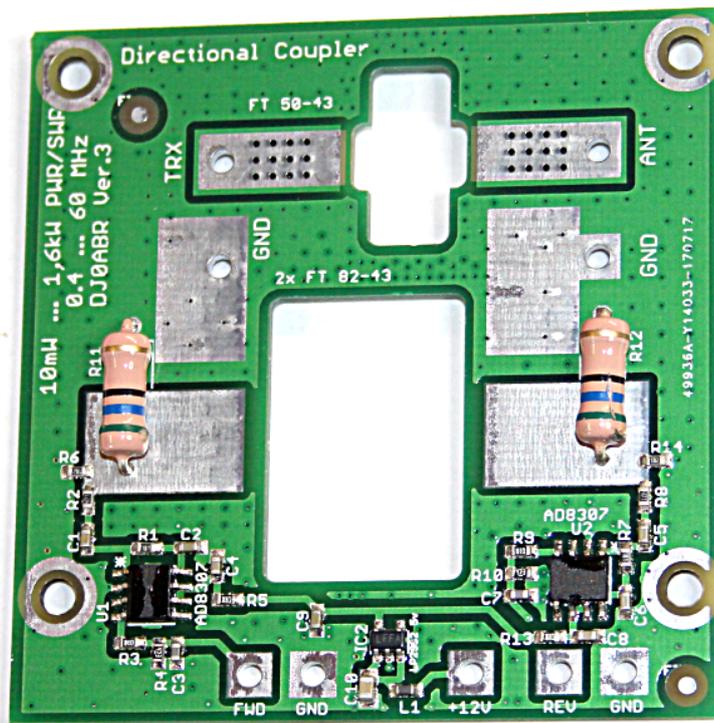
### Platine und Bestückungsplan:



die beiden Ausschnitte dienen zur Aufnahme der Ringkerne.

### Aufbauanleitung:

so sieht die fertig bestückte Platine aus, noch ohne Ringkerne:



### Vorbereitung der Ringkerne:

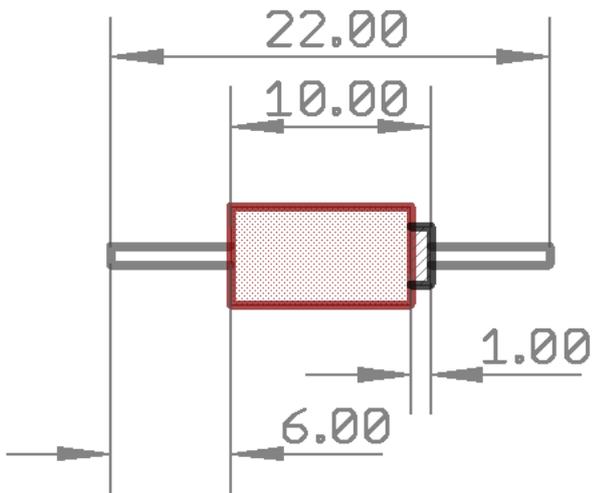
auf den FT50-43 werden 24 Windungen CuL (ca.) DM 0,35 mm gewickelt. Man kann Drahtdurchmesser von 0,3 bis 0,65mm verwenden.

Man klebt zwei FT82-43 zusammen und bewickelt sie dann mit 24 Wdg. CuL (ca.) DM 0,63 mm, hier passen Drahtdurchmesser von 0,6 bis 1,0mm.

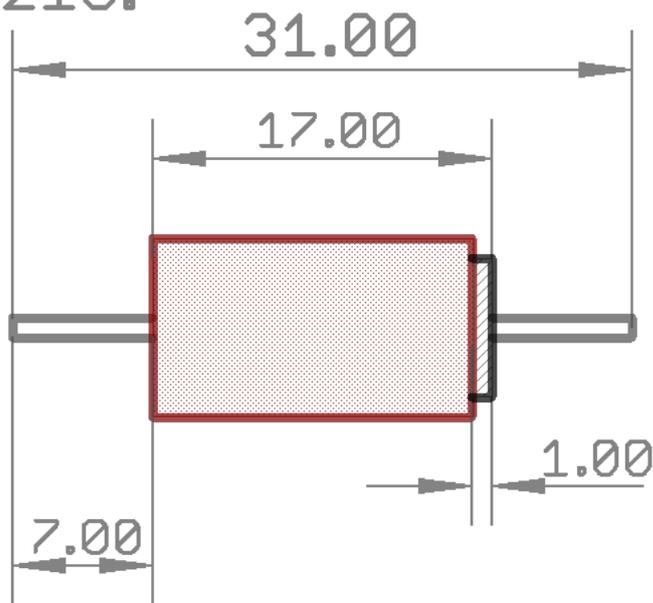
Zur besseren Schirmung (nur damit ist der Koppler auf 6m und 4m benutzbar) müssen die Leitungen durch die Ringkerne aus Koaxkabel bestehen. Damit man die zu messende Spannung aber nicht kurzschließt darf der Schirm dieses Koaxkabelstücks nur einseitig mit Masse verbunden sein.

Man bereitet folgende kleine Kabelstücke vor:

## RG-142:



## RG-213:

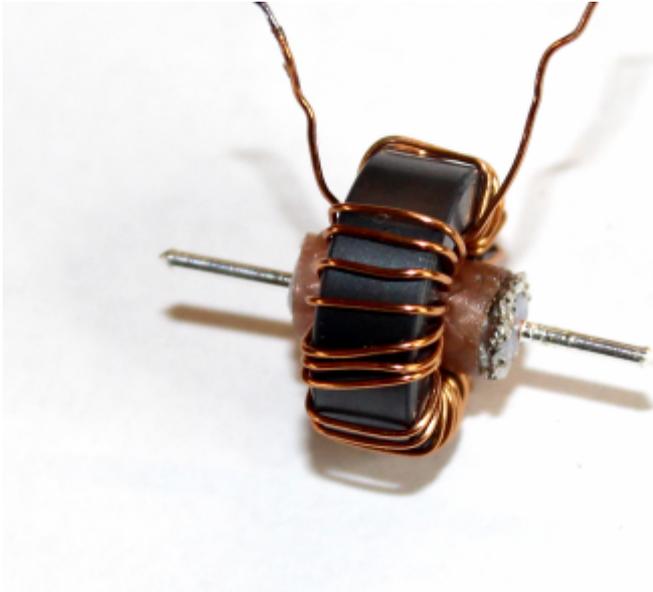


links ist das Kabel bündig bis zum Innenleiter abgeschnitten. Rechts bleibt noch 1mm des Schirms stehen, hier wird dann die Masse angeschlossen.

So sieht das RG-142 (alternativ RG-316) Kabelstück aus:



und hier wird es durch den FT50-43 geschoben:



und das RG-213 (alternativ Aircell-7) Kabelstück:



### **Detailfotos vom Einbau der Kerne und deren Anschluss:**

am Schluss dieses Beitrags befinden sich mehrere Detailfotos. Bitte die Kerne genau danach anschließen.

### **Prüfen des Kopplers:**

dieser Koppler braucht keinen Abgleich, da die Messung von den AD8307 durchgeführt werden welche sehr genau sind. Natürlich hat der Koppler ein bestimmtes Teilungsverhältnis, welches durch die gewählten Widerstände vorgegeben wird. Diese Verhältnis sowie immer vorhandene Bauteiletoleranzen werden von den Anzeigeplatinen per Software durchgeführt.

Was wir zur Prüfung der Platine noch machen ist die Richtschärfe zu messen denn wir wollen besser als 30dB sein:

Dazu wird angeschlossen

1. eine 12V Stromversorgung
2. ein Voltmeter an den Ausgang FWD

3. ein Voltmeter an den Ausgang REV
4. ein KW Funkgerät an den TRX Anschluss
5. eine möglichst genaue 50 Ohm Dummyload an den ANT Anschluss

die Anforderungen an die Dummyload sind hoch, sie sollte im Bereich 49,5 bis 50,5 Ohm liegen. Meistens sind Dummyloads nicht so genau weswegen wir eine schlechtere Richtschärfe messen werden als der Koppler tatsächlich bietet. Wer es genau wissen will muss sich 50 Ohm Widerstände präzise herausmessen und dabei auch die Genauigkeit des Ohmmeters kennen.

Um die Richtschärfe zu messen gehen wir so vor:

1. Funkgerät auf 7MHz stellen und mit 5 Watt in FM (Dauerträger) senden.
2. Die Spannung an FWD messen (in Millivolt)
3. Funkgerät auf 7MHz stellen und mit 100 Watt in FM (Dauerträger) senden.
4. Die Spannung an FWD messen (in Millivolt)
5. Die Spannung an REV messen (in Millivolt)

Wenn man die drei Spannungen gemessen hat, trägt man sie in dieses Excel-Blatt ein und kann die Richtschärfe ablesen. Gelbe Zeilen sind einzugeben, die anderen werden berechnet.

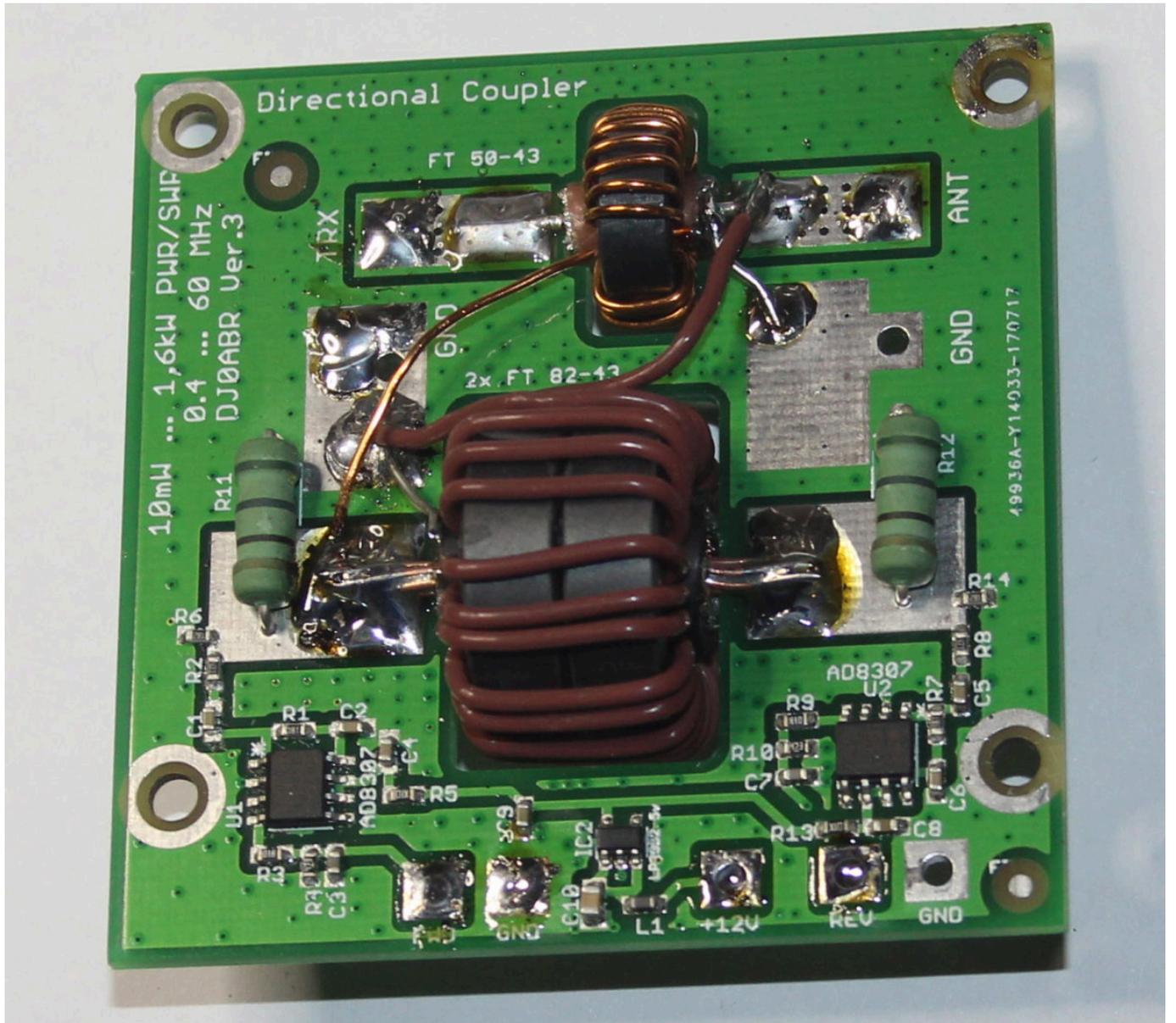
7 MHz benutzen wir deshalb, weil KW-Dummyloads bei höheren Frequenzen immer ungenauer werden. Wer einen 50 Ohm HF-Widerstand benutzt ist besser dran, aber auch hier die Genauigkeit messen. Weiters muss die Dummyload kurz angeschlossen werden, mit einem guten Koaxkabel und es dürfen keine Adapterstecker benutzt werden weil all das die Richtschärfe schlechter aussehen lässt als sie ist.

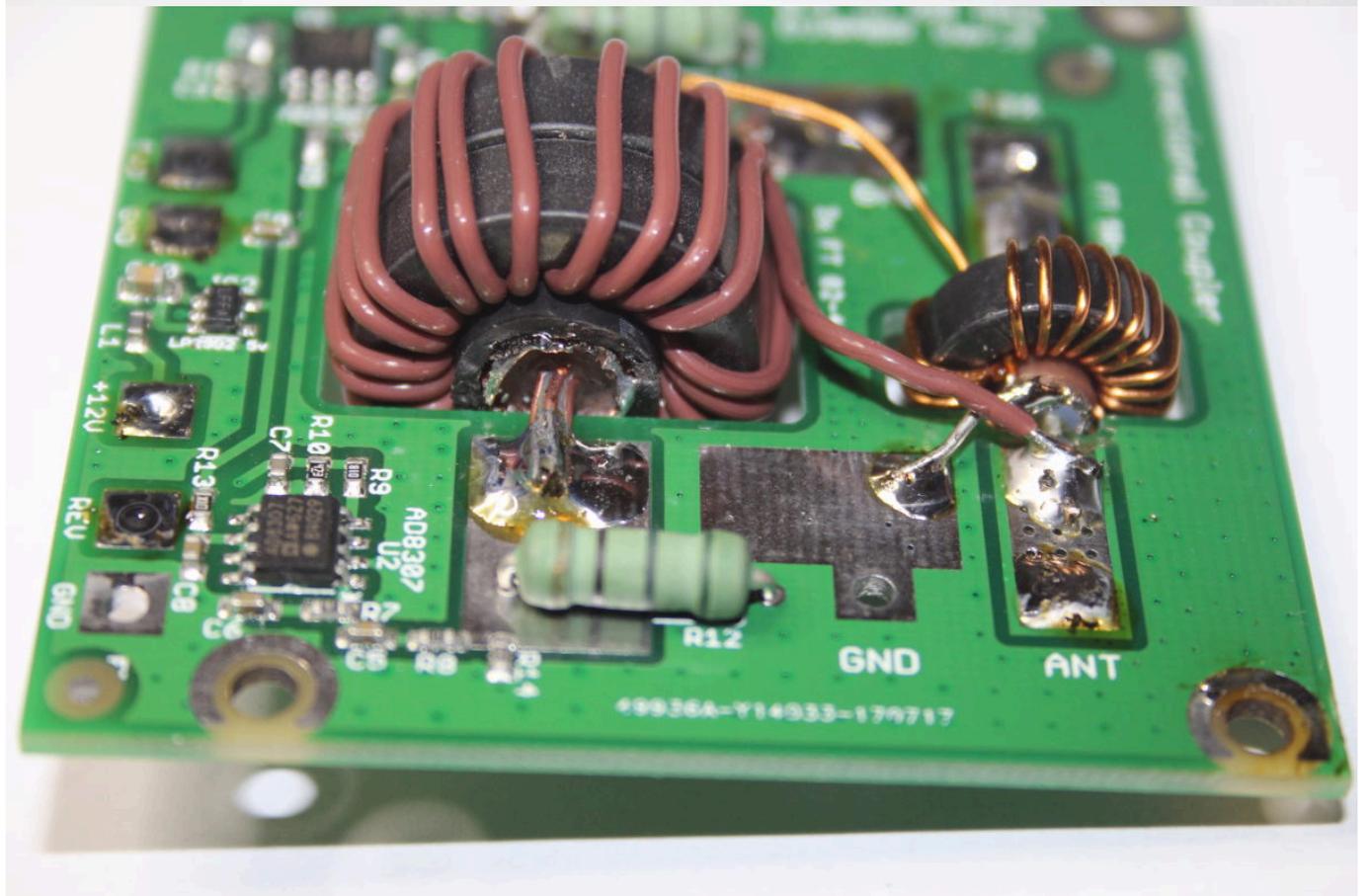
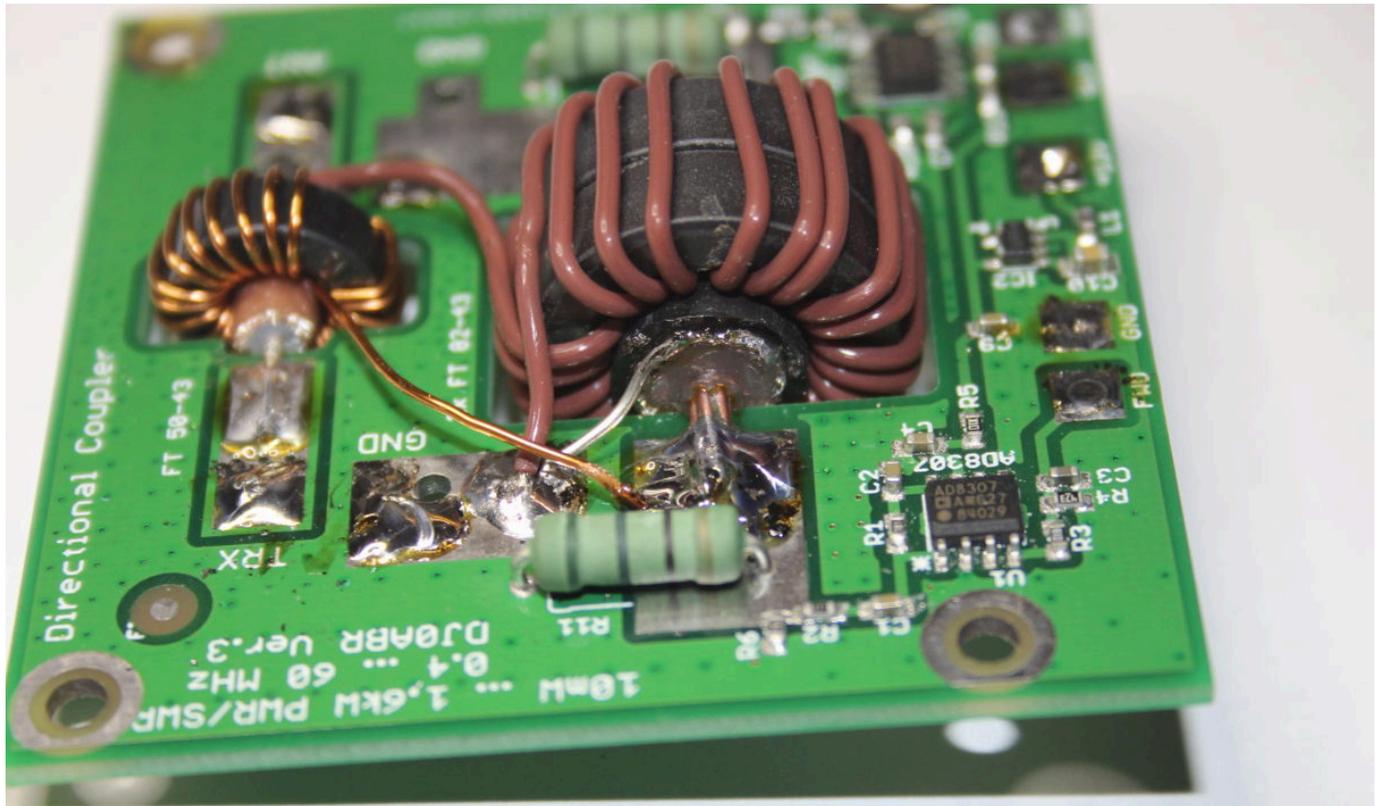
## Hinweis zum Messaufbau:

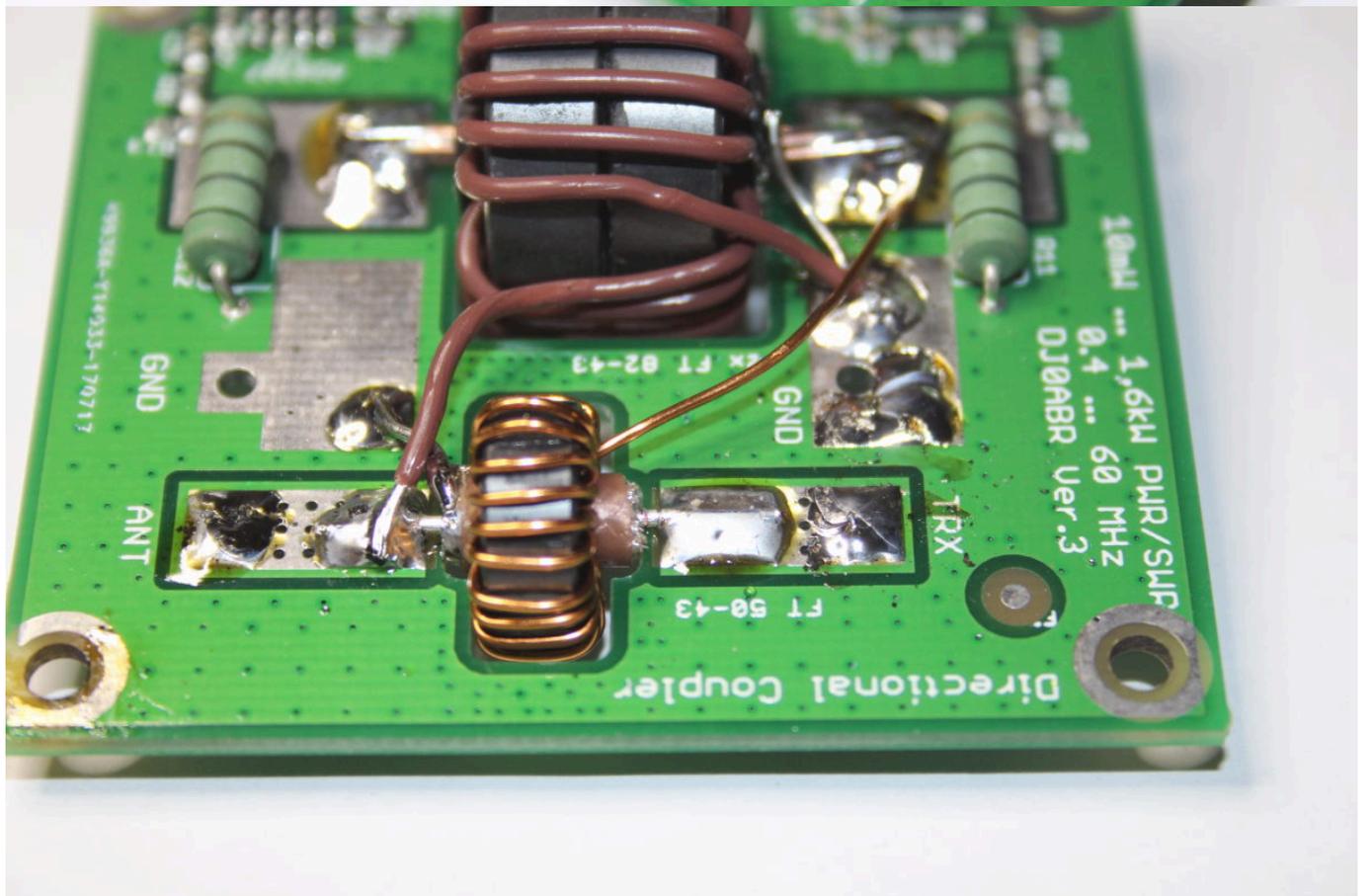
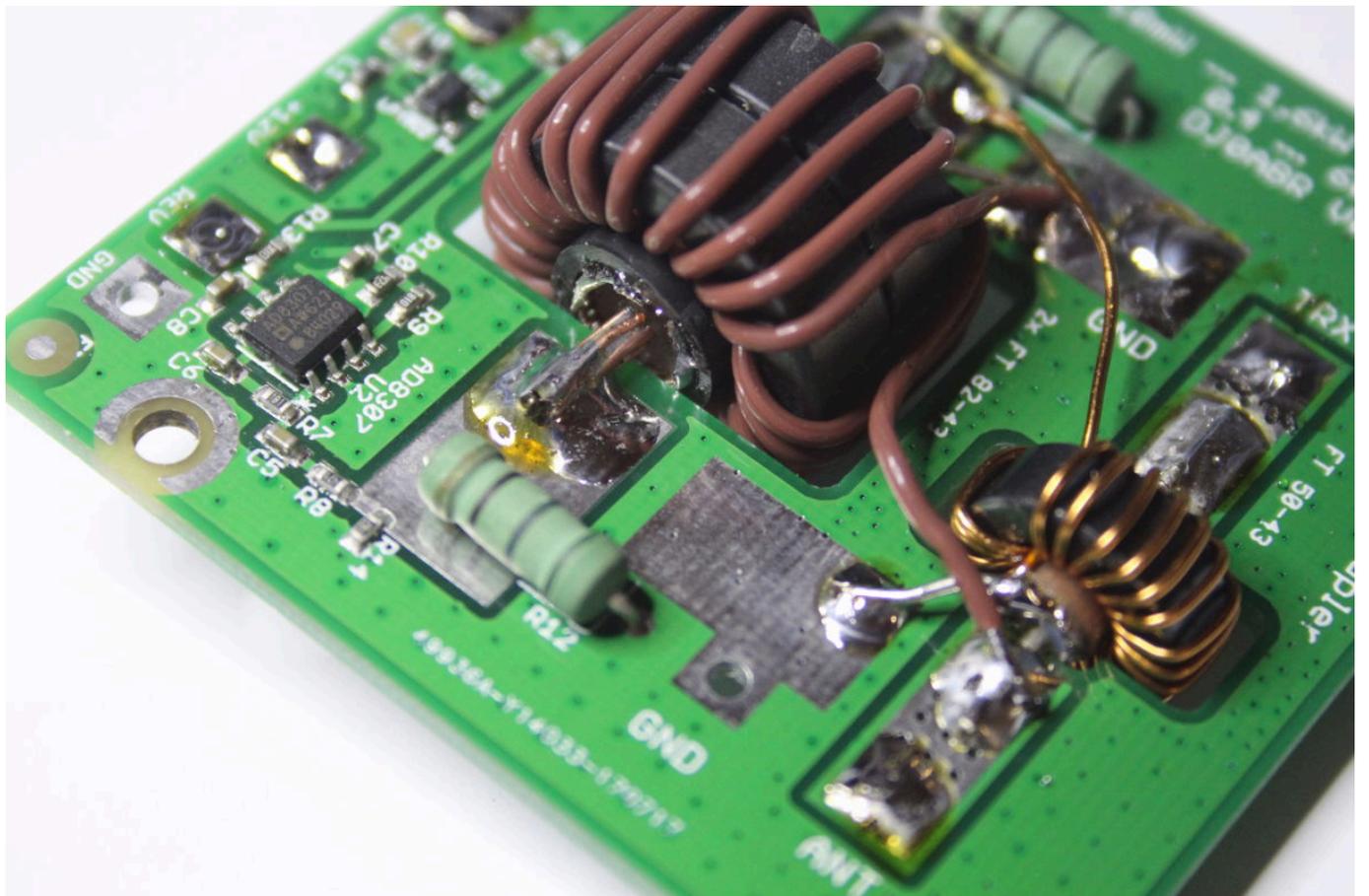
will man die Richtschärfe eines Kopplers exakt bestimmen, so muss man folgende Voraussetzungen einhalten:

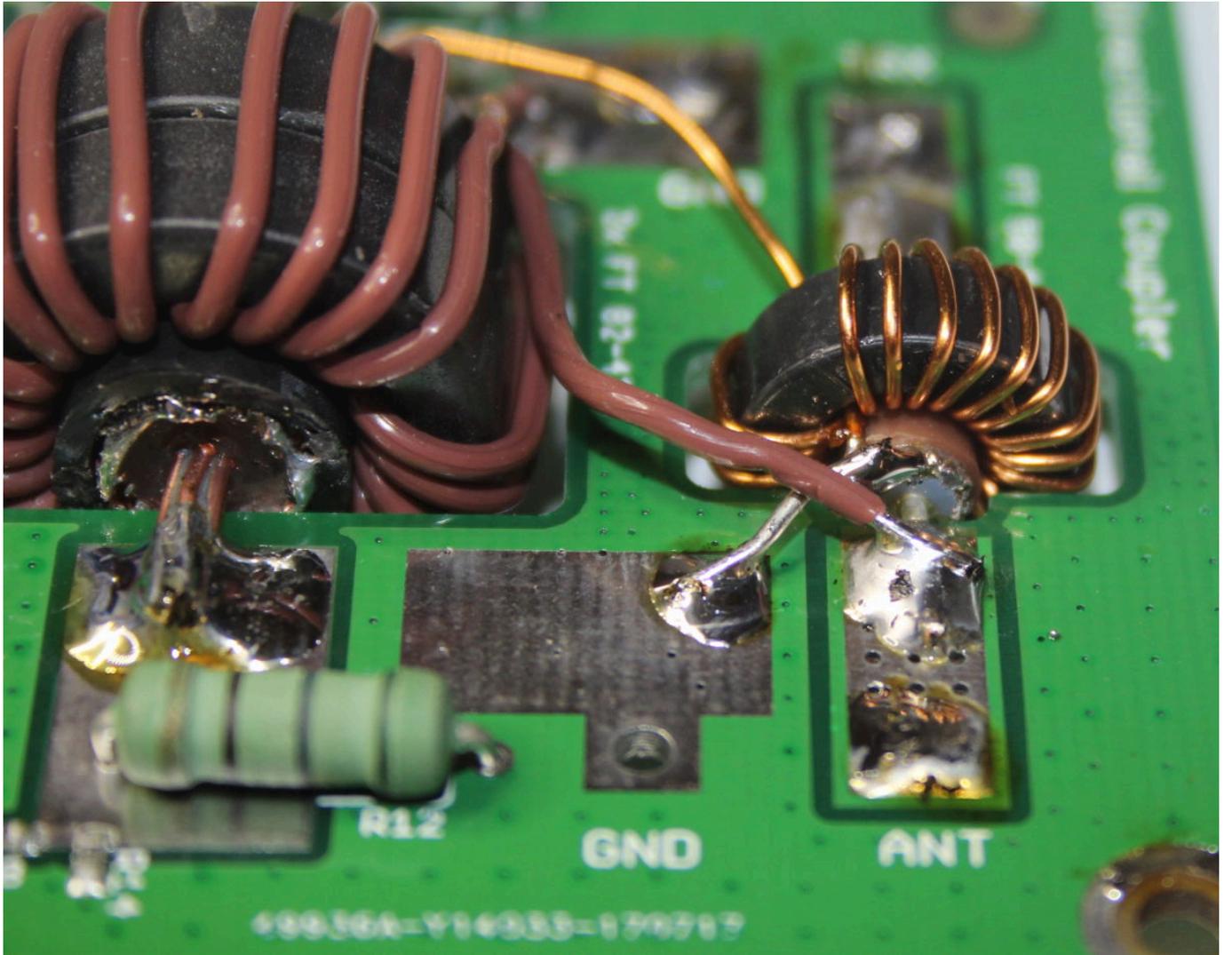
- einen 50 Ohm HF Widerstand direkt und ohne Kabel an die Ausgangspins der Platine löten (Kabel und Stecker hätten bereits ein SWR von  $>1,05$  und würden daher den Messwert verfälschen)
- den 50 Ohm HF-Widerstand messen (es gibt viele Widerstände die hohe Toleranzen haben), er sollte maximal 0,5 Ohm abweichen, aber schon dadurch wird die Richtschärfe auf keiner 40dB gedrückt. Dabei die Toleranz des Widerstandsmessgerätes beachten.
- keine Tastköpfe oder sonstigen Messmittel hinhalten, da deren Kapazität die Messung der Richtschärfe verschlechtert
- will man gleichzeitig die Leistung messen, so baut man eine angepasste Auskopplung wie in folgendem Link beschrieben

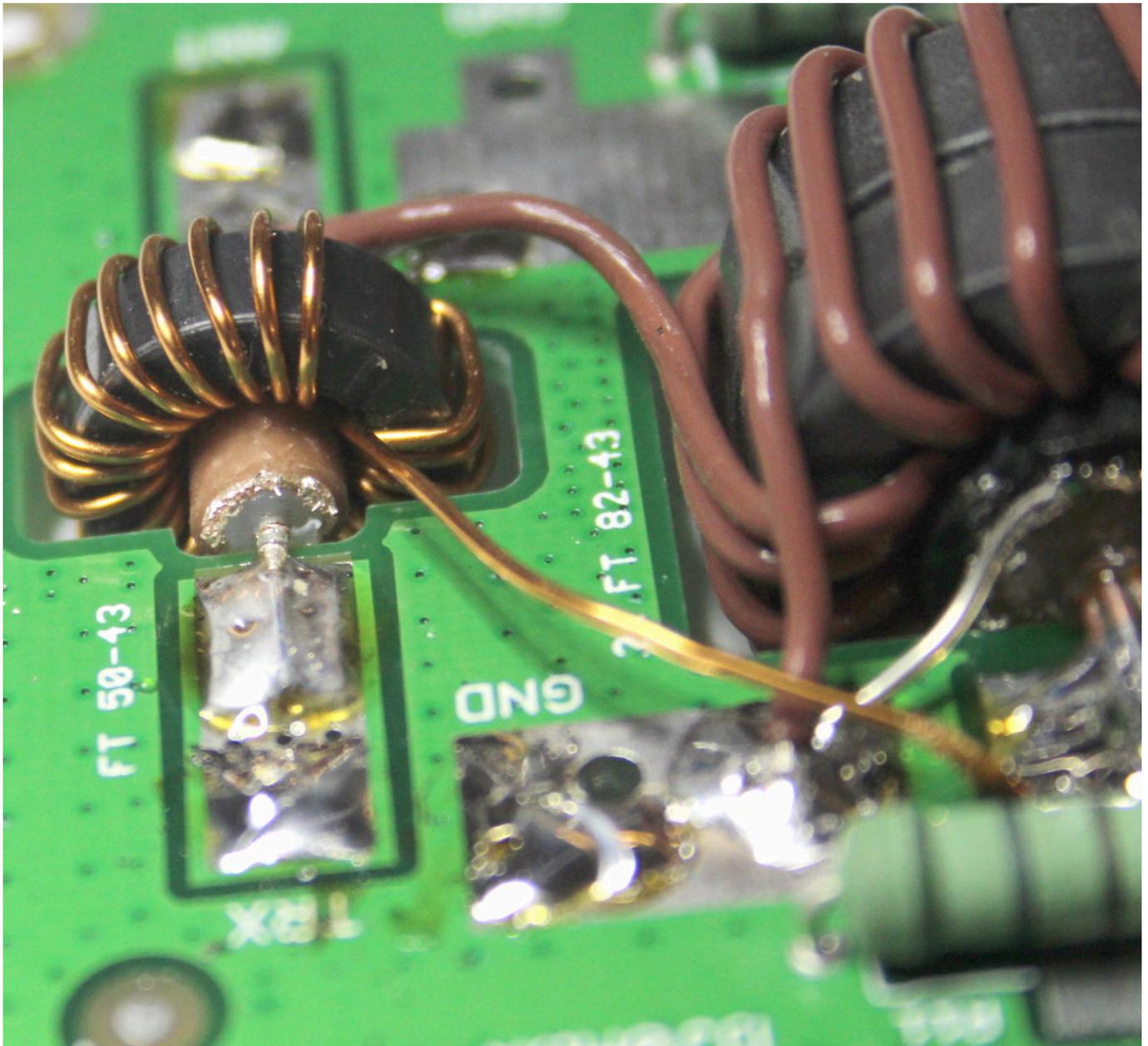
## Detailbilder:











From:  
<http://projects.dj0abr.de/> - **DJ0ABR Projects**

Permanent link:  
[http://projects.dj0abr.de/doku.php?id=de:pwrswr:pwrswr\\_overview](http://projects.dj0abr.de/doku.php?id=de:pwrswr:pwrswr_overview)



Last update: **2021/12/06 16:02**