

# PicATU500 ferngesteuerter Automatiktuner

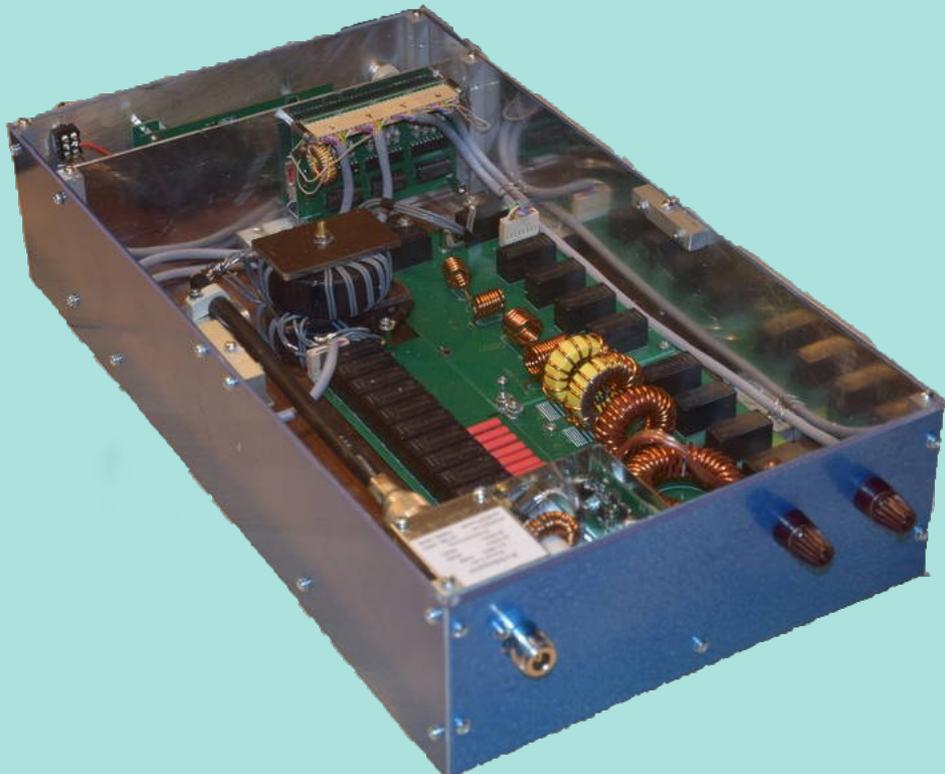
für symmetrische/unsymmetrische Antennen



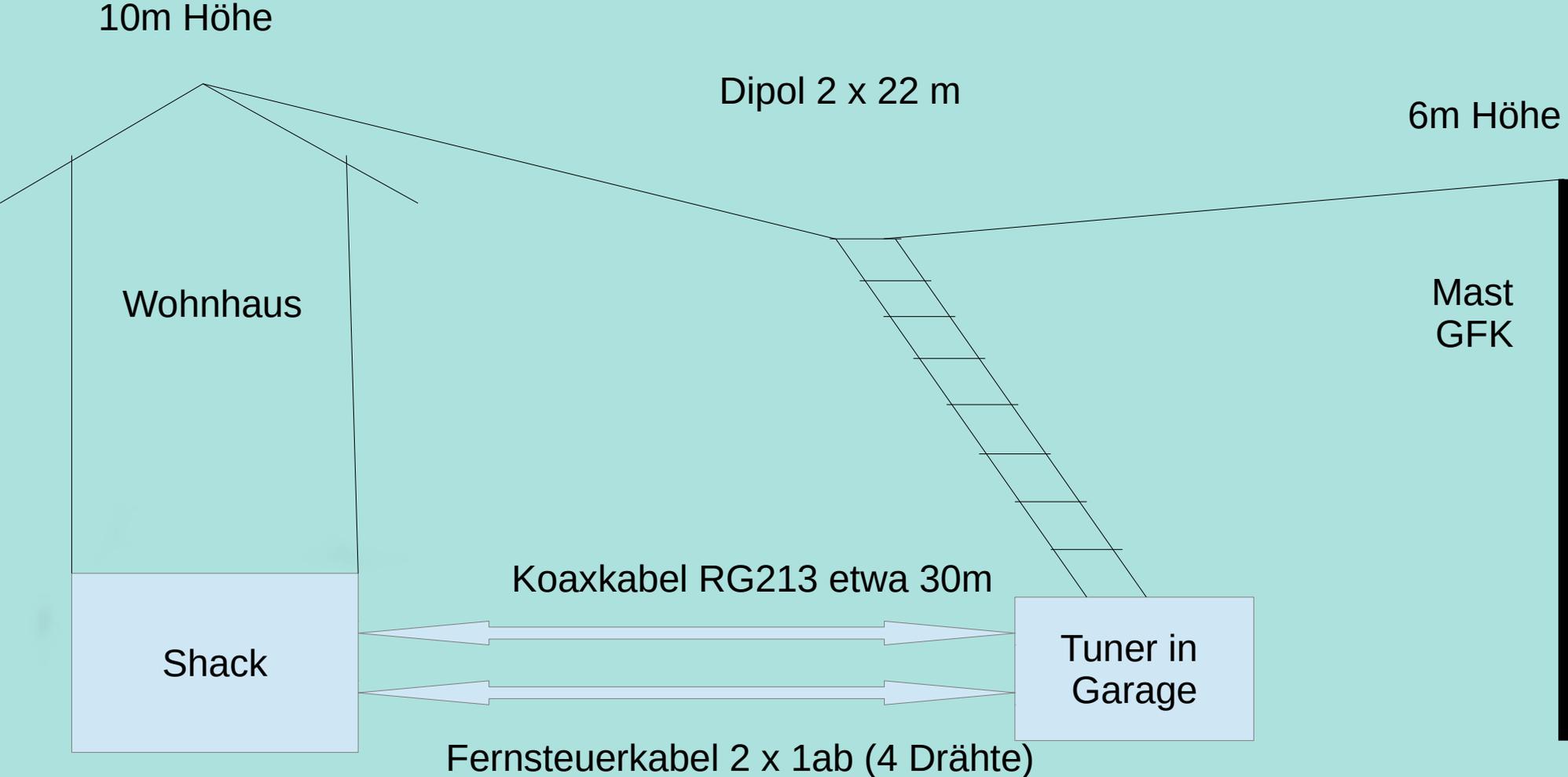
Andreas Lindenau  
DL4JAL DOK:S54

Loheweg 5  
09573 Schellenberg

E-Mail: [DL4JAL@t-online.de](mailto:DL4JAL@t-online.de)  
WWW: [www.dl4jal.de](http://www.dl4jal.de)



Ich möchte meinen Dipol auf allen KW-Bändern anpassen mit einem ferngesteuerten Antennentuner.





Dipol 2x 22m

Lecherleitung

# PicATU500 Automatiktuner

- Begonnen hat alles mit der Entwicklung des „PicATUne“ von „Peter, G3XJP“ aus dem Jahre 2000. Hier ein Blockschaltbild.

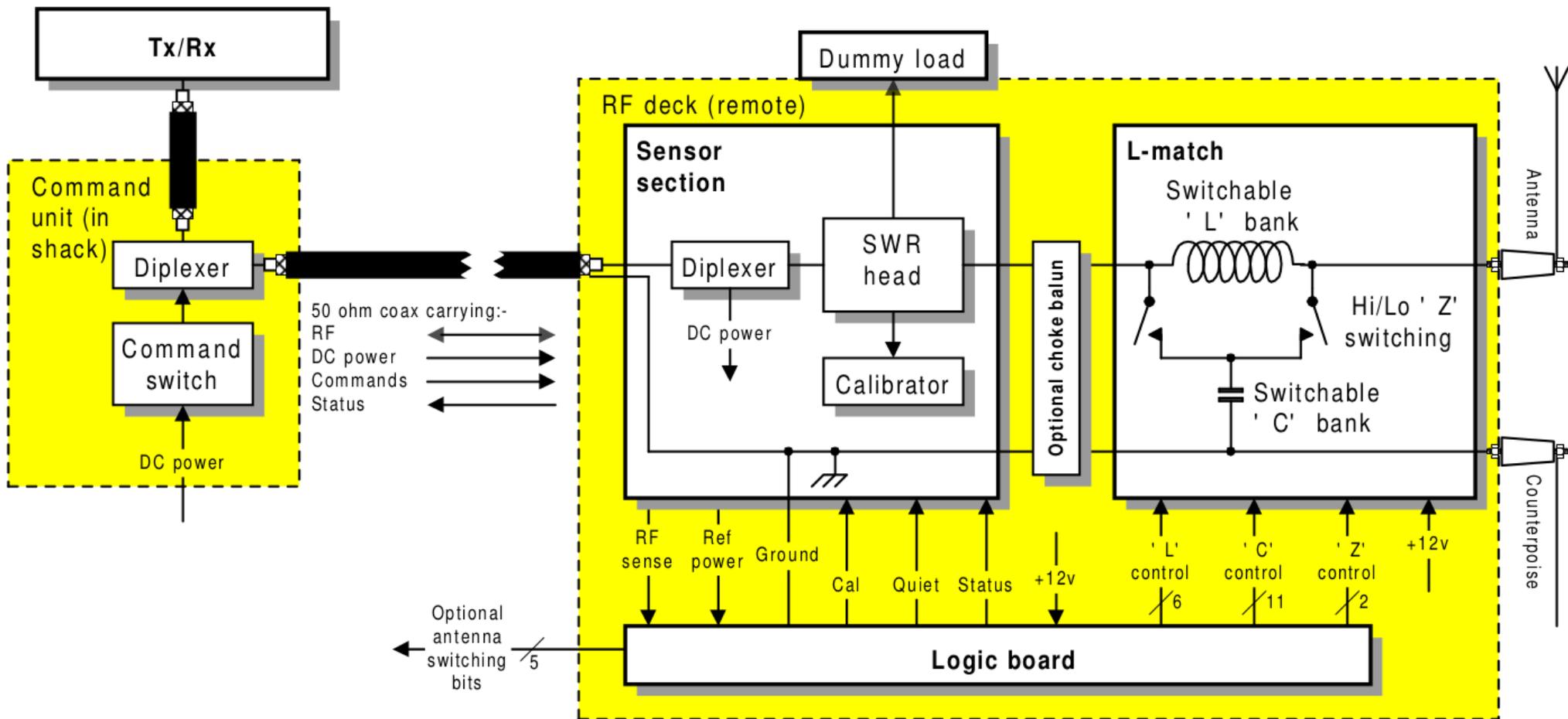


Fig 9: PicATUne block diagram. The optional choke balun may be omitted if only unbalanced antennas are contemplated.

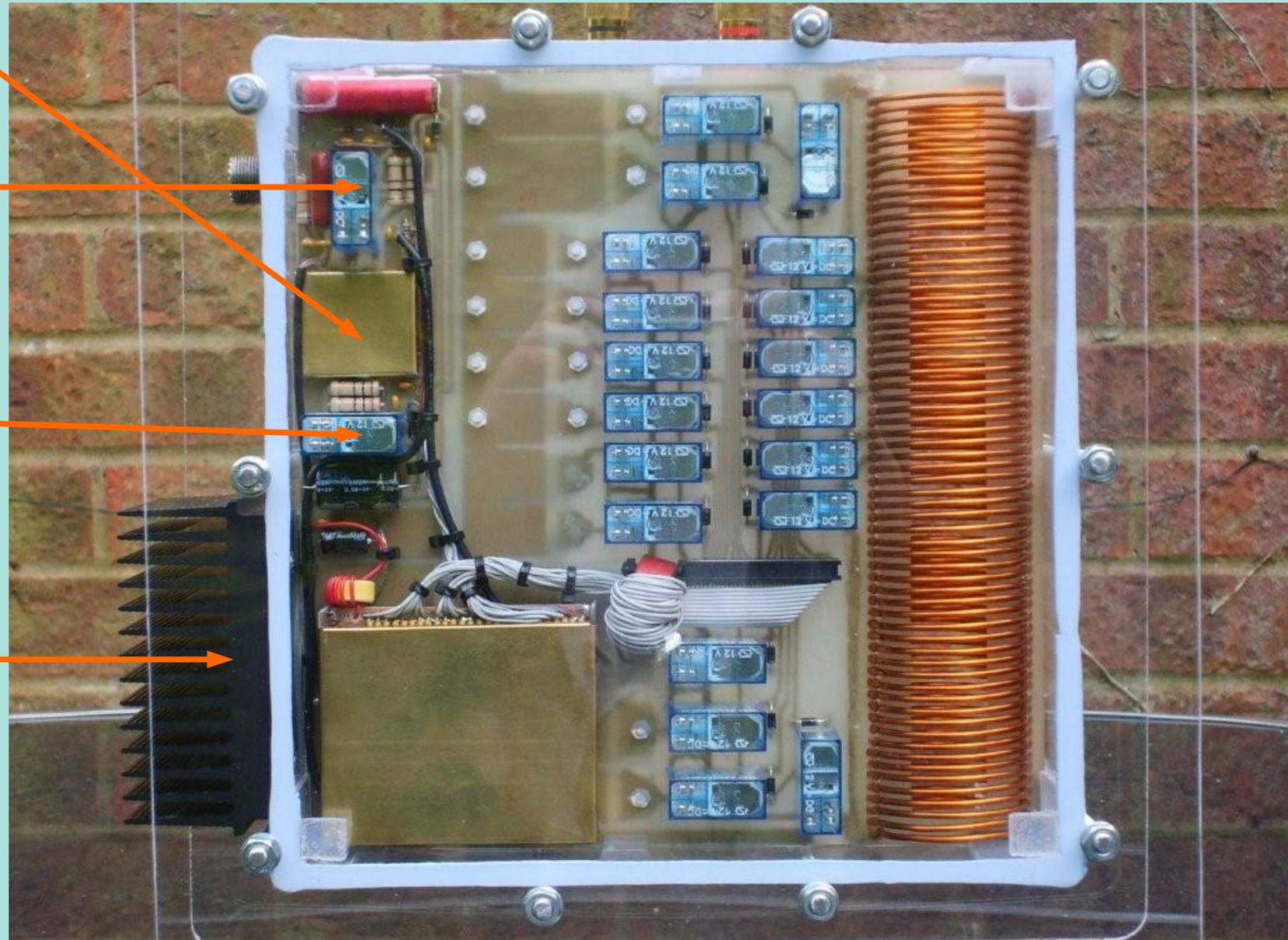
# PicATUne nach G3XJP

Fotos von Calvin, M1EPM

SWR  
Messbrücke

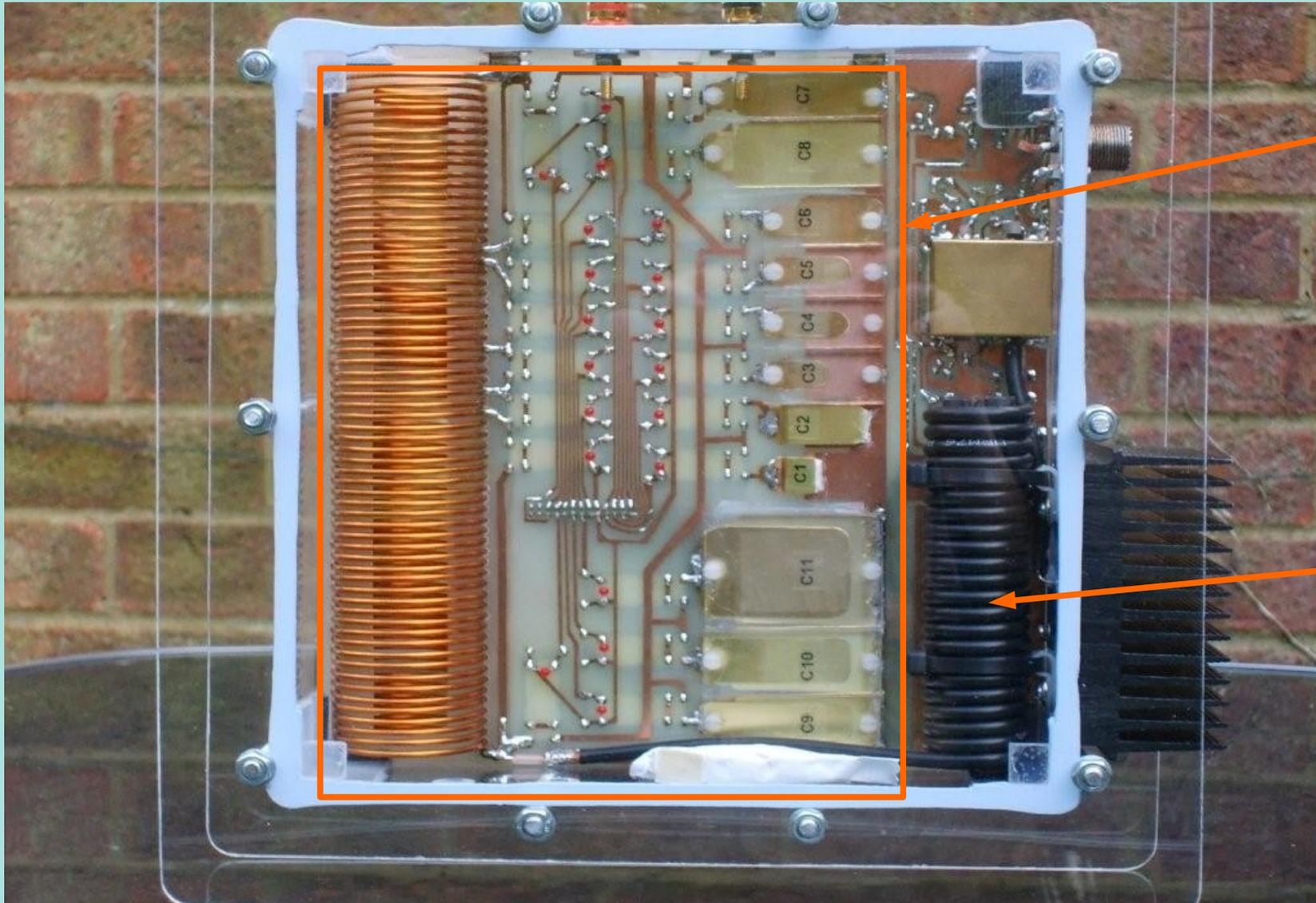
Relais zum  
vertauschen  
Der  
Eingänge  
und  
Ausgänge  
an der SWR  
Messbrücke

Die HF wird  
beim  
Abstimmen auf  
die Dummyload  
umgeleitet. Die  
Messbrücke ist  
ein 4 Pol. Die  
Ausgänge  
„Antenne“ und  
„Uvor“ lassen  
sich  
vertauschen.



# PicATUne nach G3XJP

Fotos von Calvin, M1EPM



L/C Glied wird HF schwimmend, durch die Mantellwellensperre von der Masse getrennt.

Mantellwellensperre, im Original nicht vorhanden. Aufgewickeltes RG58 auf mehreren Feritstäben

# Dipolantenne 2x 22m

Symmetrische HF-Ströme in der Antenne

Lecherleitung (fast verlustfreie Ableitung zum Anpassnetzwerk)

Impedanz je nach Frequenz unterschiedlich

**Wichtige Erkenntnis!**  
Die HF-Symmetrie der Antenne wird durch den räumlichen Aufbau bestimmt und nicht durch das Anpassnetzwerk.

Anpassnetzwerk, egal ob symmetrisch oder unsymmetrisch.

**Wenige Anpasselemente bedeutet wenig Verlust!**

**Ich setze nur ein L/C Glied ein**

Ein wichtigstes Bauelement ist der Balun oder noch besser

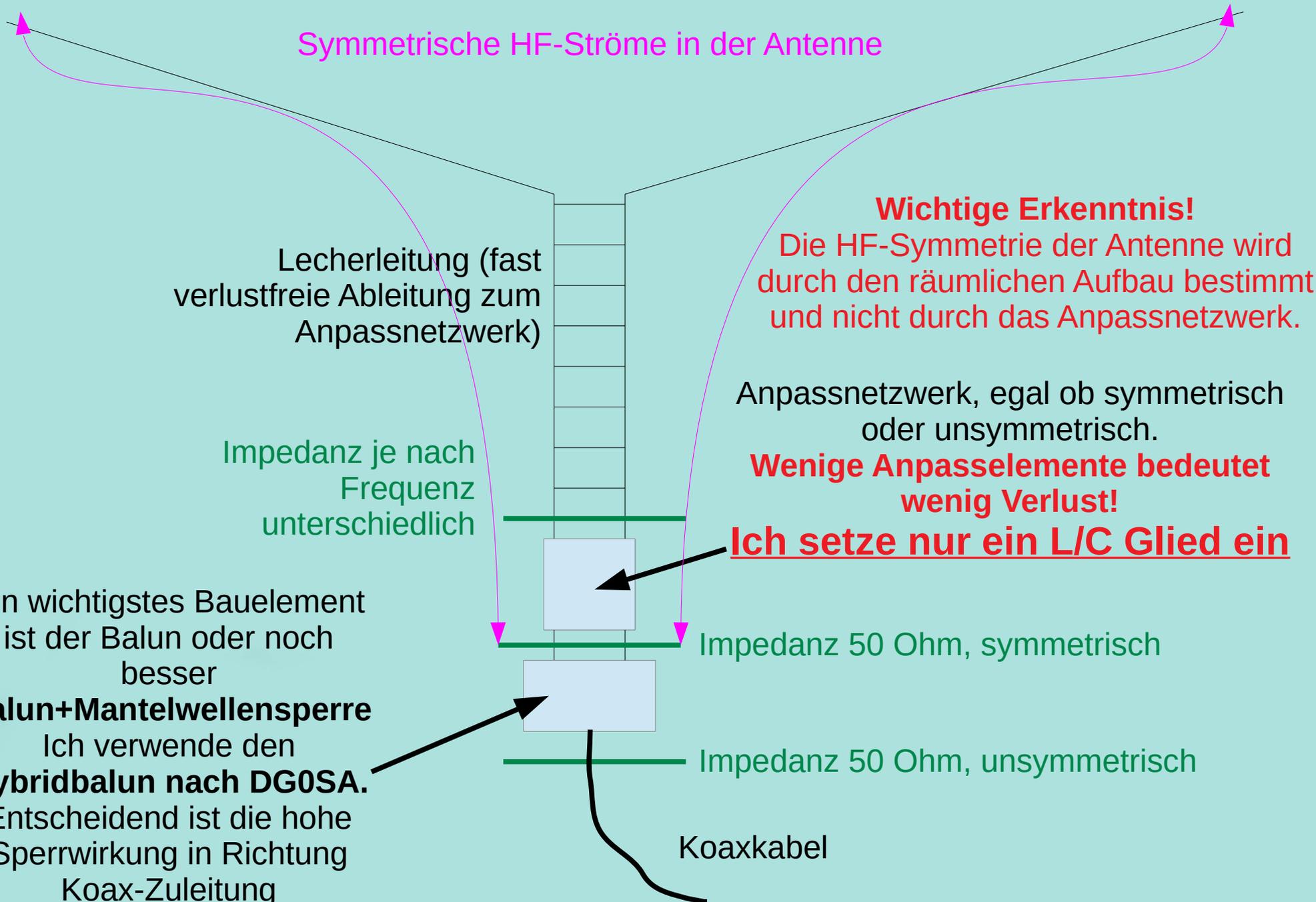
**Balun+Mantelwellensperre**  
Ich verwende den **Hybridbalun nach DG0SA.**

Entscheidend ist die hohe Sperrwirkung in Richtung Koax-Zuleitung

Impedanz 50 Ohm, symmetrisch

Impedanz 50 Ohm, unsymmetrisch

Koaxkabel

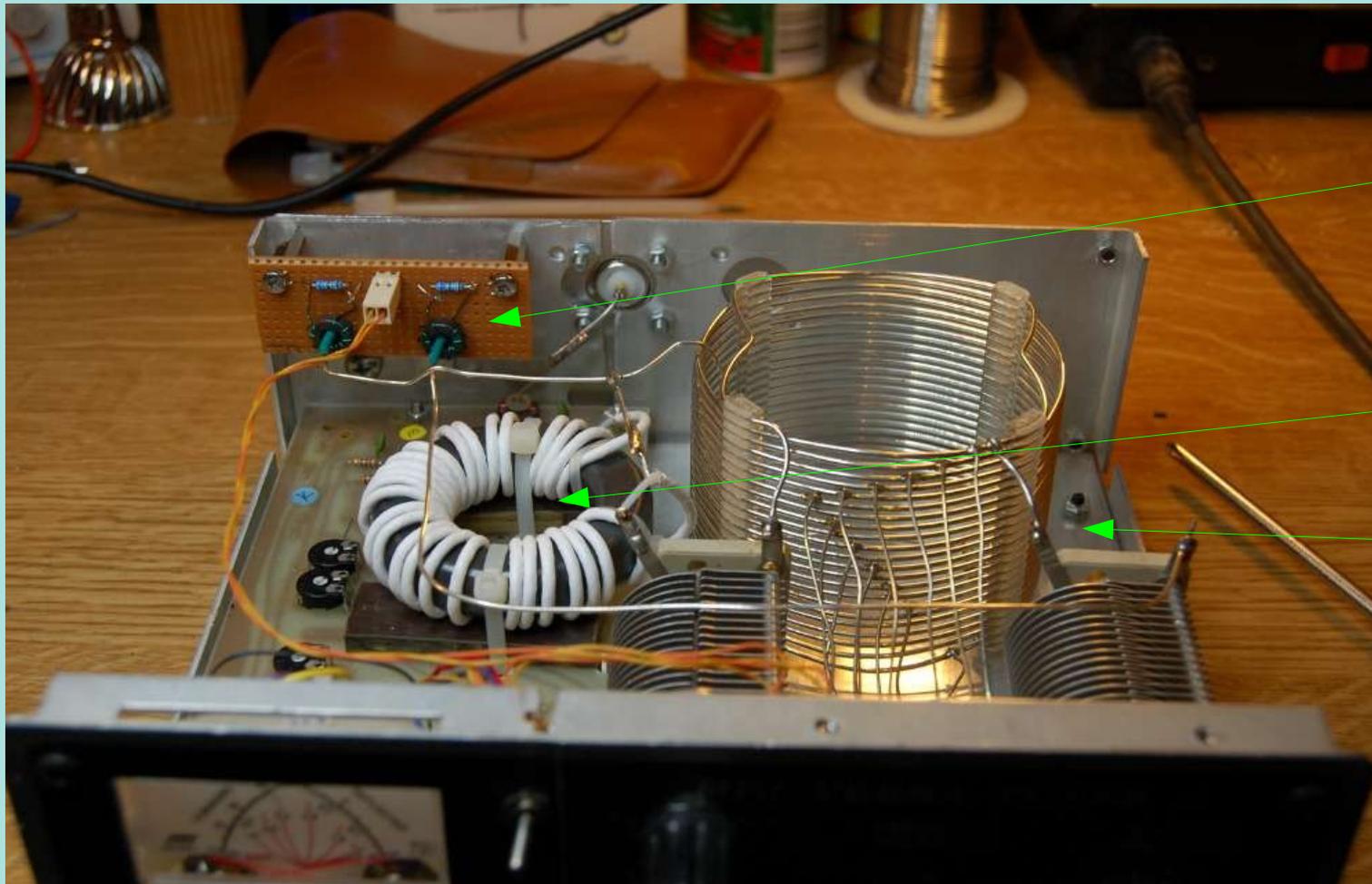


# Test ob ein unsymmetrisches Anpassglied an einer symmetrischen Antenne funktioniert

Jetzt galt es das Prinzip „Einfaches Anpassglied“ in der Praxis zu testen.

Ich habe einen MFJ-Tuner-941 umgebaut:

1. Eine Mantelwellensperre eingebaut
2. Das T-Glied von der Masse isoliert (HF-schwimmend)
3. Am Ausgang der Lecherleitung eine Strommessung eingebaut



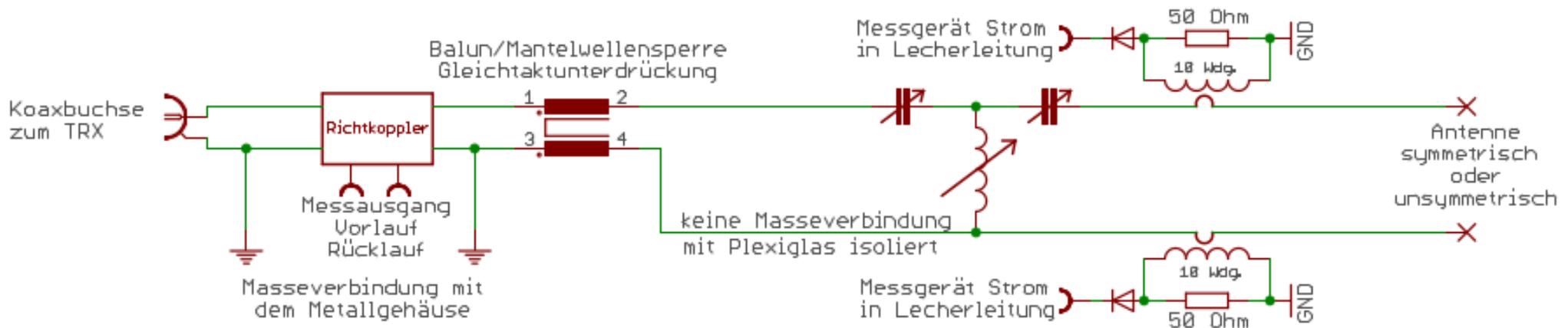
Strommessung  
an der Lecher-  
leitung

Mantelwellen  
sperre

Plexiglas  
Grundplatte  
L isoliert  
montiert

# Test ob ein unsymmetrisches Anpassglied an einer symmetrischen Antenne funktioniert

## MFJ-941 Antennentuner umgebaut

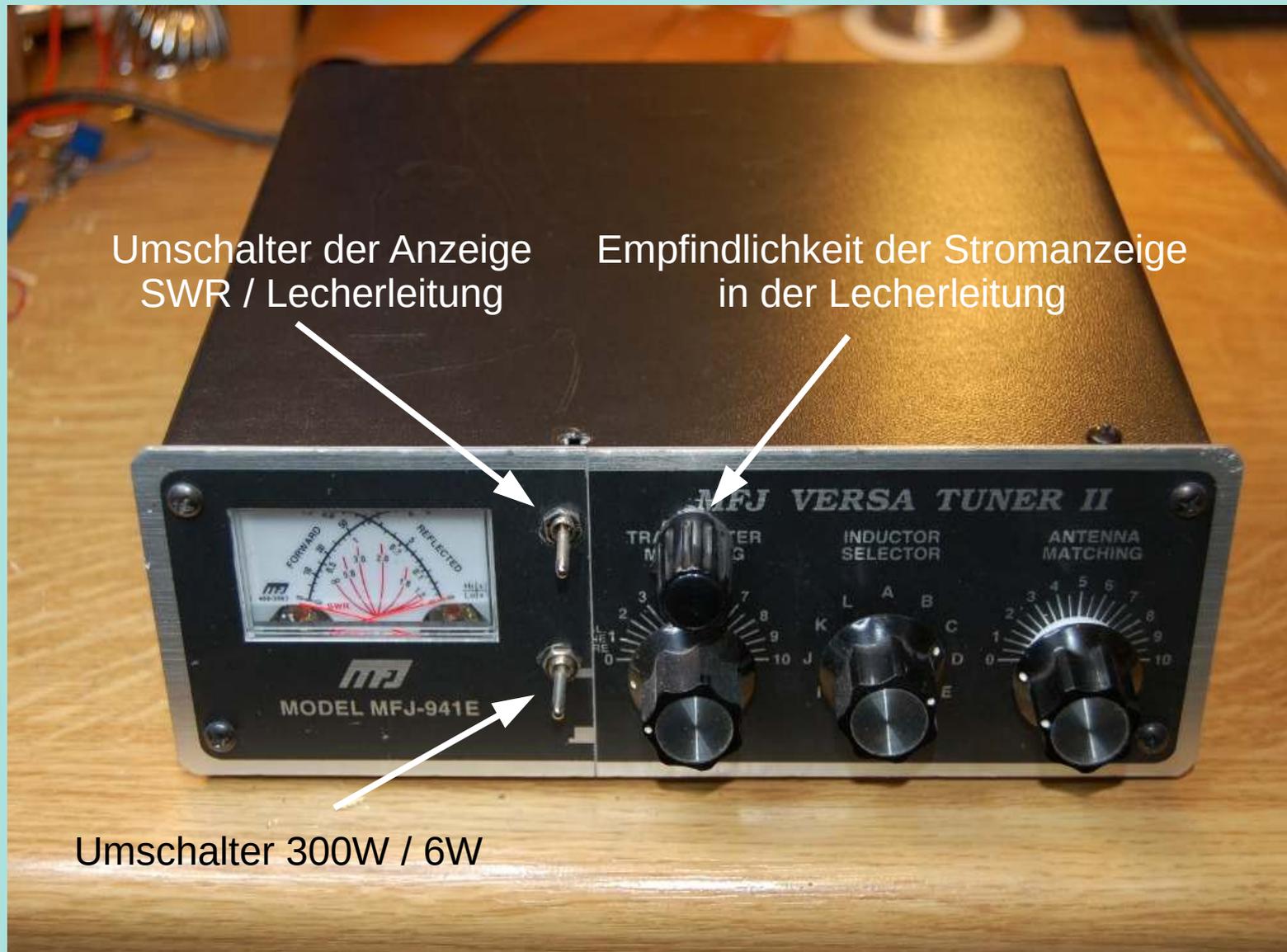


Der Antennenstrom in der Lecherleitung wird auf dem Kreuzzeigerinstrument angezeigt

- Nach der *Mantelwellensperre Pin4* ist die Leitung bis zum Antennenausgang vom GND (Gehäusemasse) HF-isoliert. Das T-Abstimmglied hat die Aufgabe die Impedanz der Antenne an die Impedanz 50 Ohm der Mantelwellensperre anzupassen. Und das möglichst ohne Verluste.
- Ist der HF-Strom in der Lecherleitung gleich groß, ist alles in Ordnung

# Test ob ein unsymmetrisches Anpassglied an einer symmetrischen Antenne funktioniert

Die Abstimmversuche an meinem Dipol waren alle positiv. Der Strom in den 2 Adern der Lecherleitung war immer gleich groß. Dieses Ergebnis hatte ich vermutet!



# PicATU500 Automatiktuner

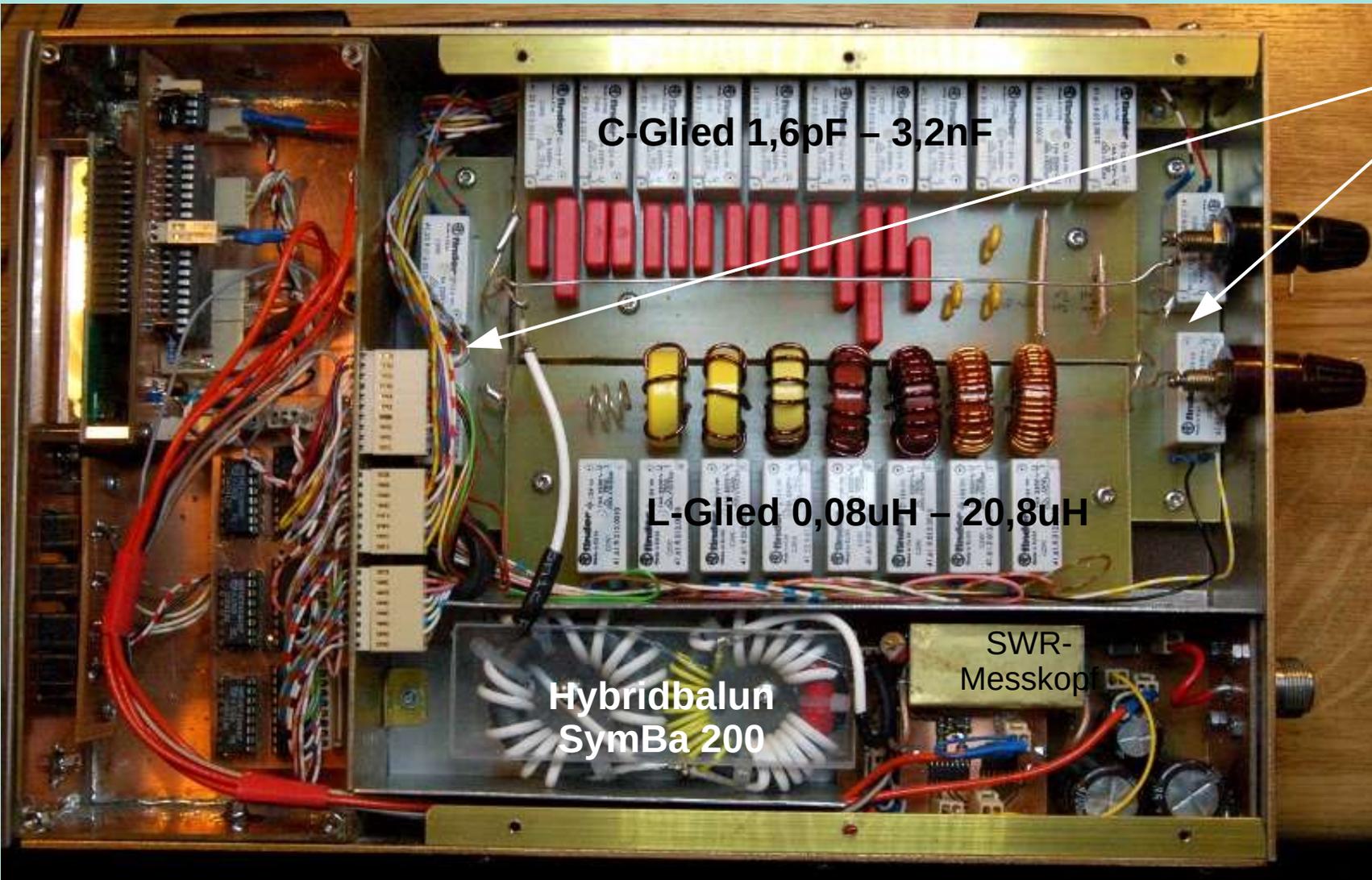
- Die Erkenntnis, nur ein L/C zu verwenden, habe ich in die Konstruktion meines PicATU100 (100W) und anschließend noch PicATU20 (ein QRP-Ausführung bis 20W) angewendet.
- Alle PicATU haben nur ein L/C-Glied und einen Balun bzw. eine Mantelwellensperre oder den HybridBalun von DG0SA
- Zusätzlich ist das L/C-Glied in 6 Varianten umschaltbar.
- Ich habe lange mit dem Anpass-Algorithmus experimentiert und bin nicht so richtig zufrieden gewesen. Die Tuner von Elecraft waren immer besser im Anpassen der Antennen. Da war ich schon etwas neidisch!
- Jetzt habe ich den richtigen Algorithmus gefunden und danach die Funktionen neu programmiert. Der Algorithmus ist sehr schnell und auch genau bei der Impedanzanpassung. Dazu kommen wir später noch.

# PicATU500 Automattktuner



**Das ist der Vorläufer des PicATU500**  
der PicATU100 #2 bis 100Watt Sendeleistung

# PicATU100 der Aufbau



Umschaltung  
L/C Varianten

Symmetrische  
oder  
unsymmetrische  
Antenne

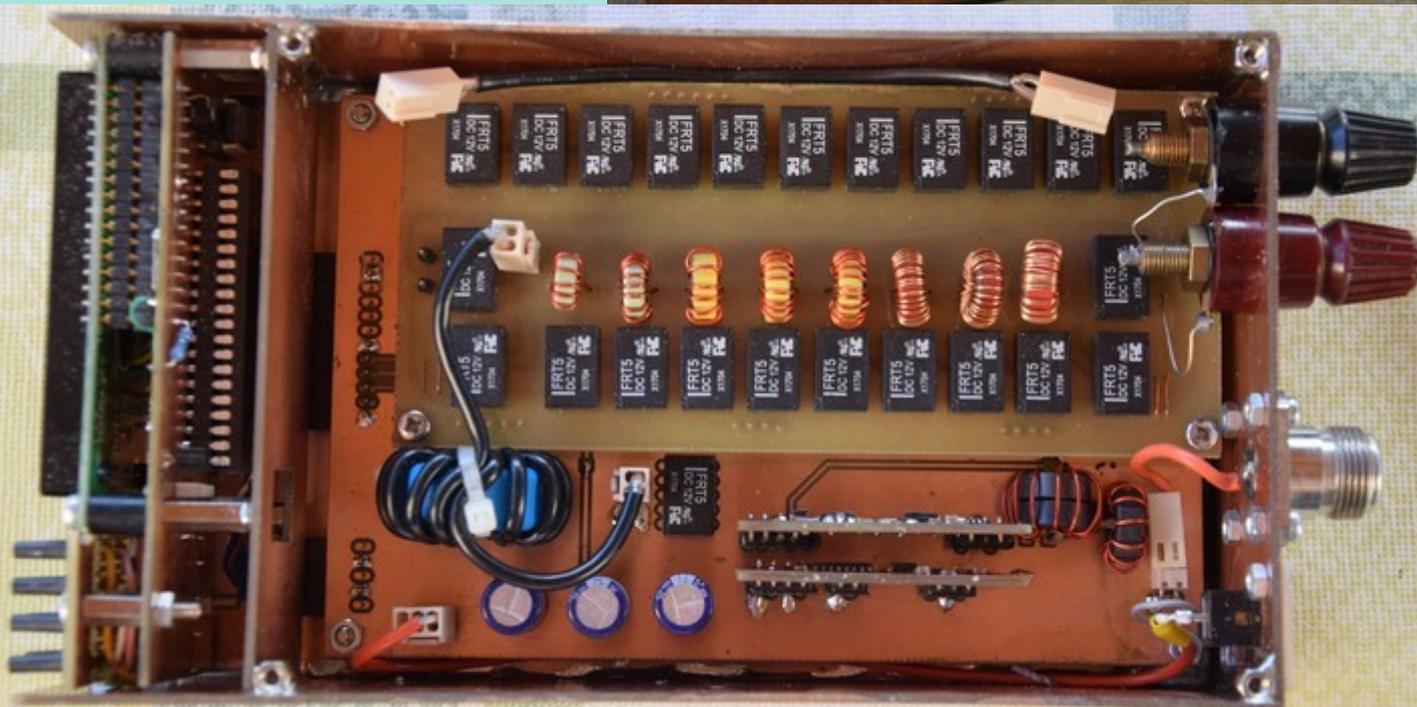
Hybridbalun  
SymBa 200

SWR-  
Messkopf

Koaxkabel vom  
Remoteteil/TRX  
HF vom TRX,  
Betriebsspannung  
12V und  
Fernsteuerung

Ein Bild vom „Innenleben“ des PicATU100 #1, meines ersten Musteraufbaus.

# PicATU500 Automatiktuner



**PicATU20**  
die QRP-Ausführung  
Für den Urlaub usw...

# PicATU500 Automatiktuner

- Die beiden PicATU100 und PicATU20 funktionierten jetzt so gut, dass ich unbedingt noch eine Version für größere Leistungen konstruieren wollte, den **PicATU500**.
- Die Fernsteuerung erfolgt über ein Fernmeldekabel (2 Leitungspaare). Zuerst habe ich es mit einer RS485-Schnittstelle versucht, aber das war nicht so erfolgreich. Bei 500W Sendeleistung wurde die Übertragung der Daten gestört und im Tuner kam die SW durcheinander (Das Fernsteuerkabel liegt parallel zum Koaxkabel). Die Entfernung Shack zum Tuner beträgt 30m.
- Ich habe mir eine **RS232 mit Stromschleife** ausgedacht. Diese Schnittstelle hat sich als sehr störsicher erwiesen. Dazu folgt später noch ein Blockschaltbild. Diese Technik wird schon lange in der Industrie als *TTY-Schnittstelle* verwendet (Fernschreiber, Maschinensteuerung usw...)

# PicATU500 Automatiktuner

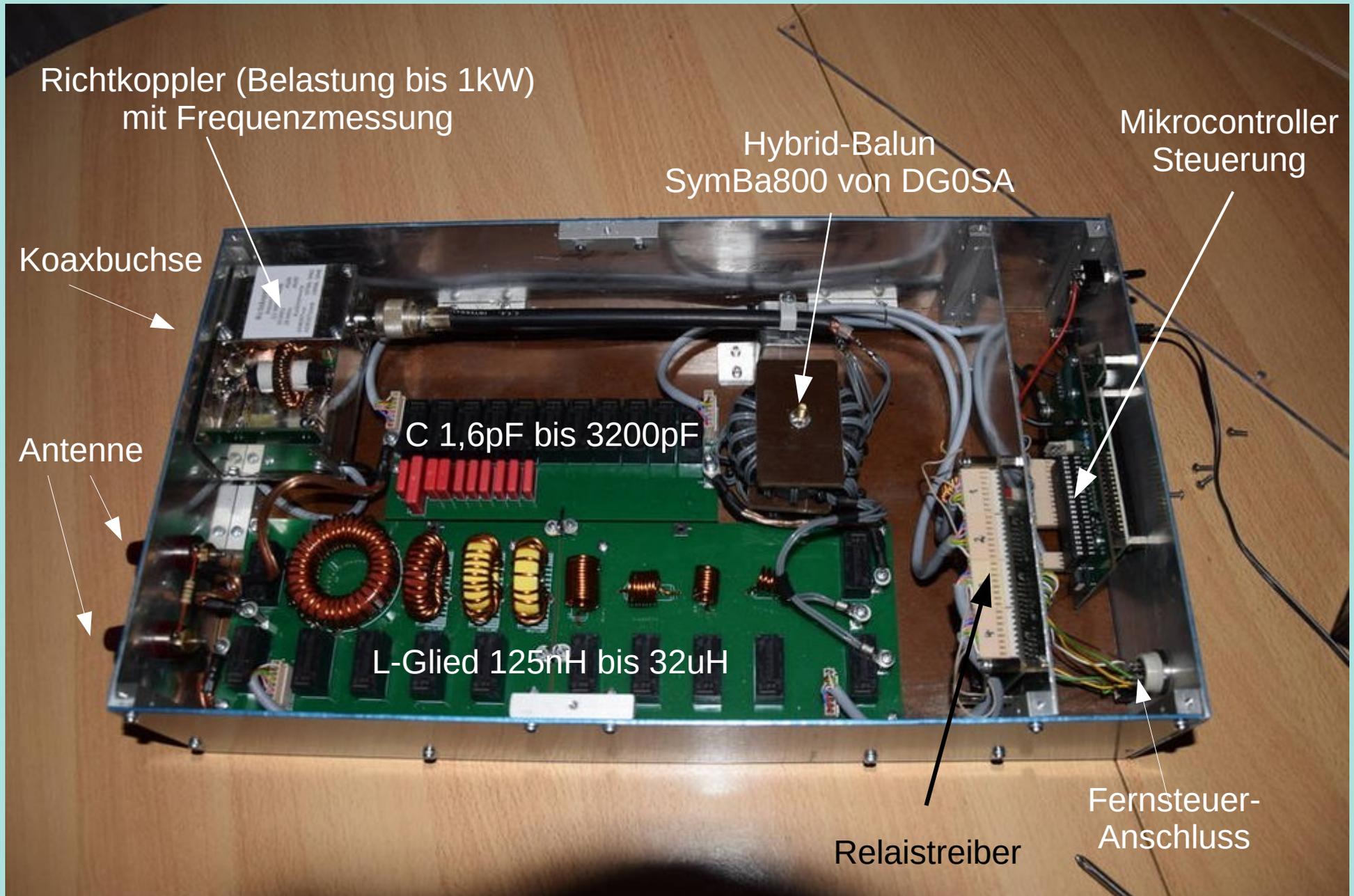
Anschluss der  
Fernsteuerung

Stromversorgung  
12V max 0,5A



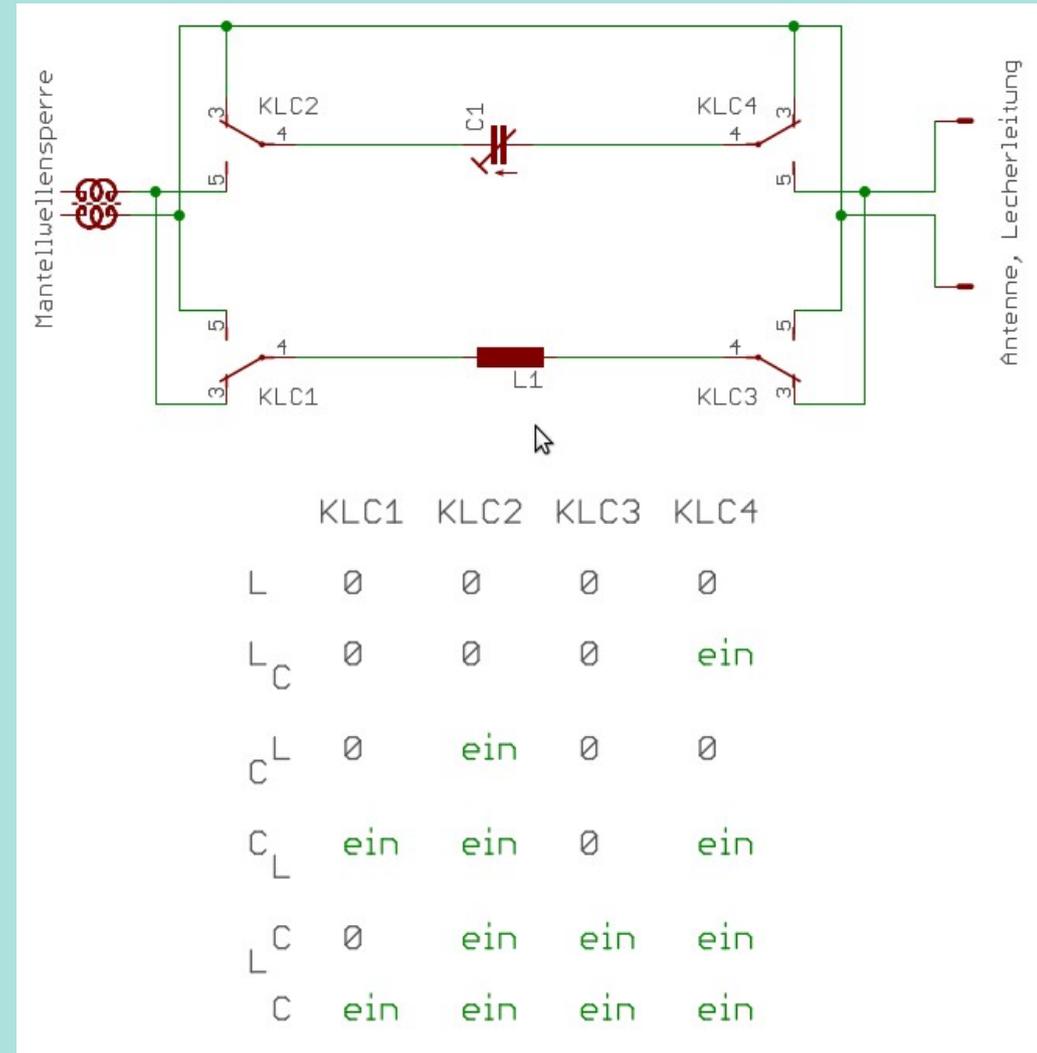
So sieht mein erster Musteraufbau aus.  
Der PicATU500 von vorn.

# PicATU500 Automattktuner

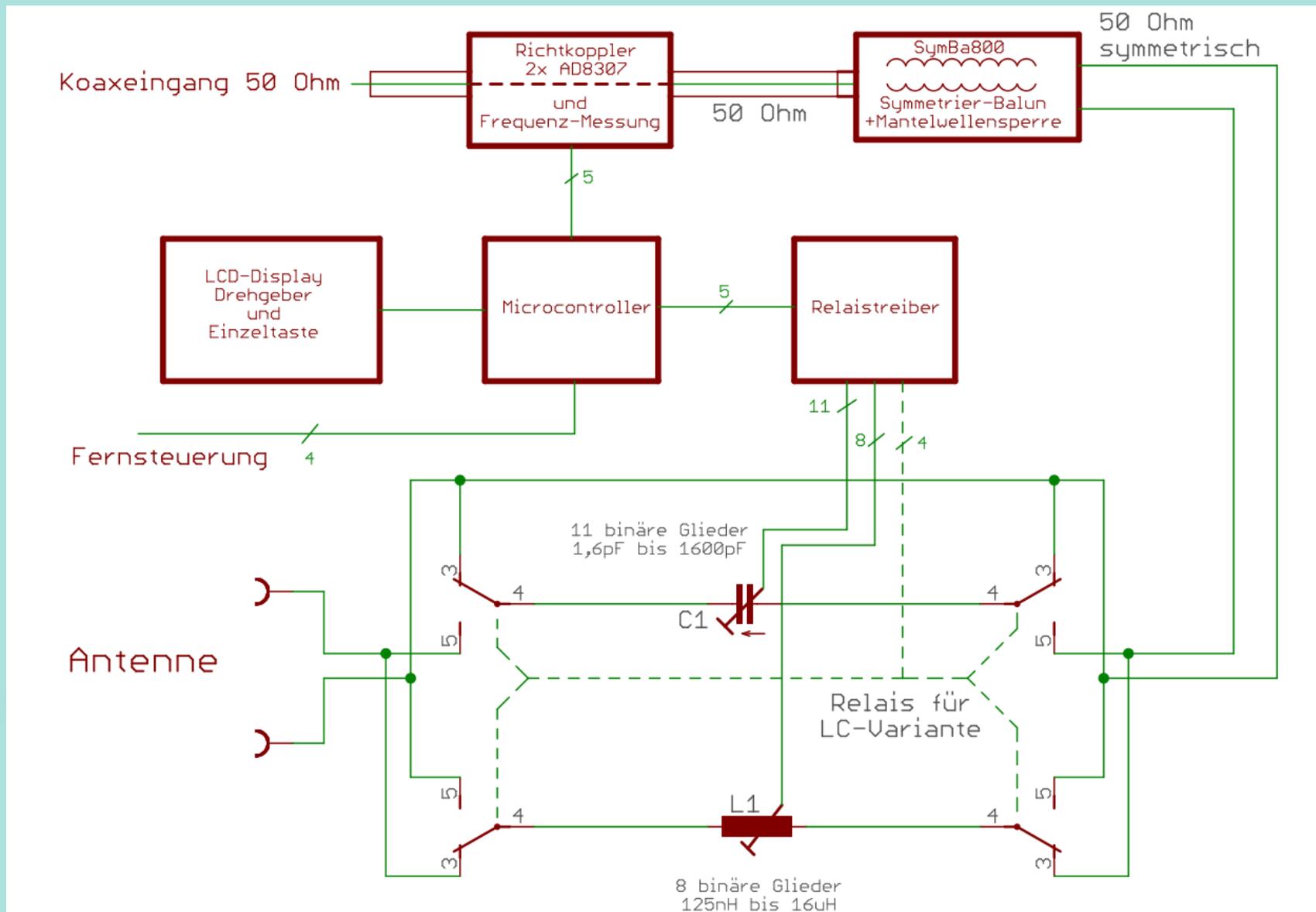


# PicATU500 Automattktuner

- Im PicATU ist nur ein L/C Glied
- Das L/C Glied ist in 6 Varianten umschaltbar, wenn man „nur L“ und „nur C“ mit dazu zählt.
- „nur L“
- $L/C > 50 \text{ Ohm}$  und  $< 50 \text{ Ohm}$
- $C/L > 50 \text{ Ohm}$  und  $< 50 \text{ Ohm}$
- „nur C“
- Das Vertauschen von L und C hat große Vorteile bei sehr kleinen oder sehr großen imaginären Widerständen der Antennenimpedanz.

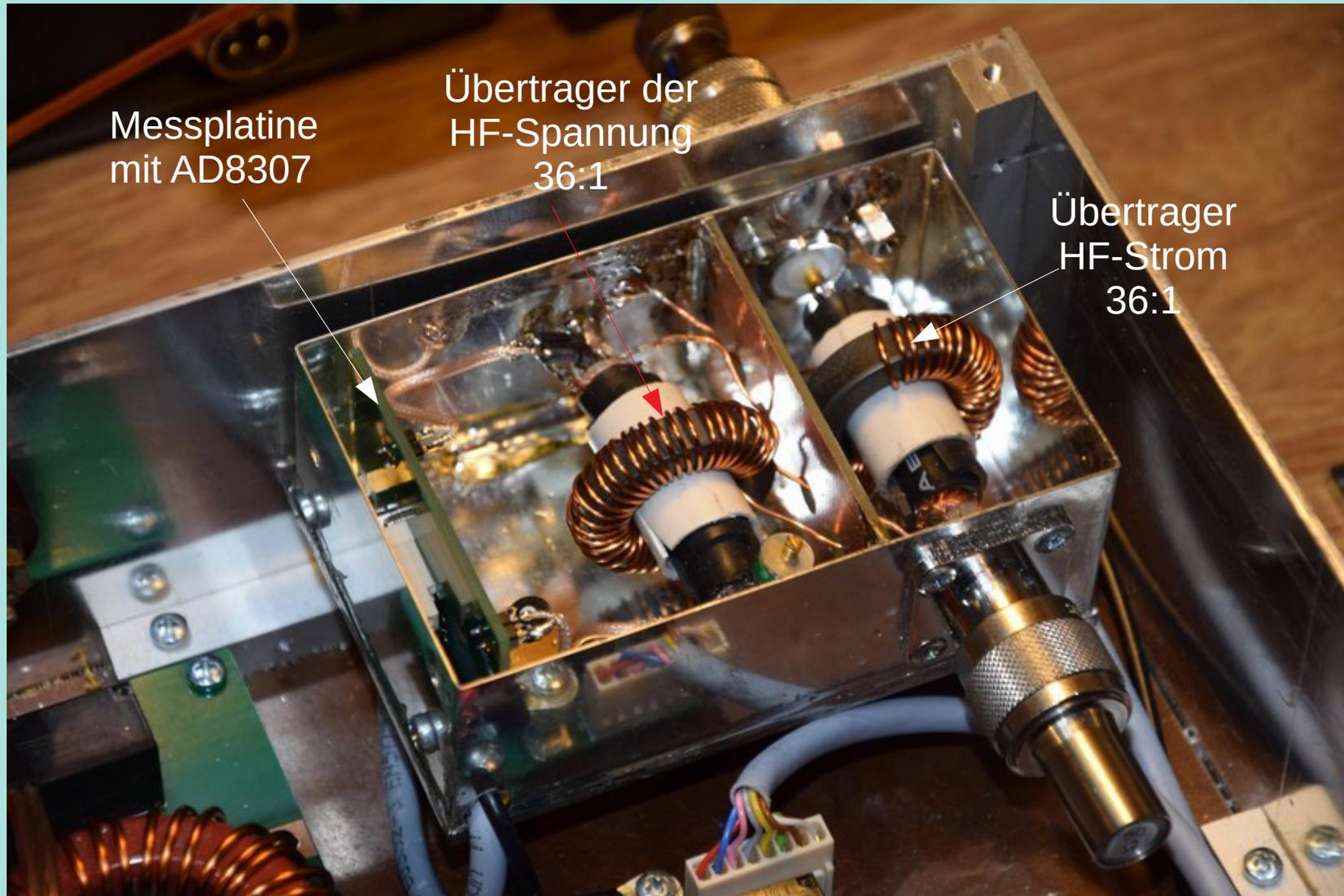


# PicATU500 Automatiktuner



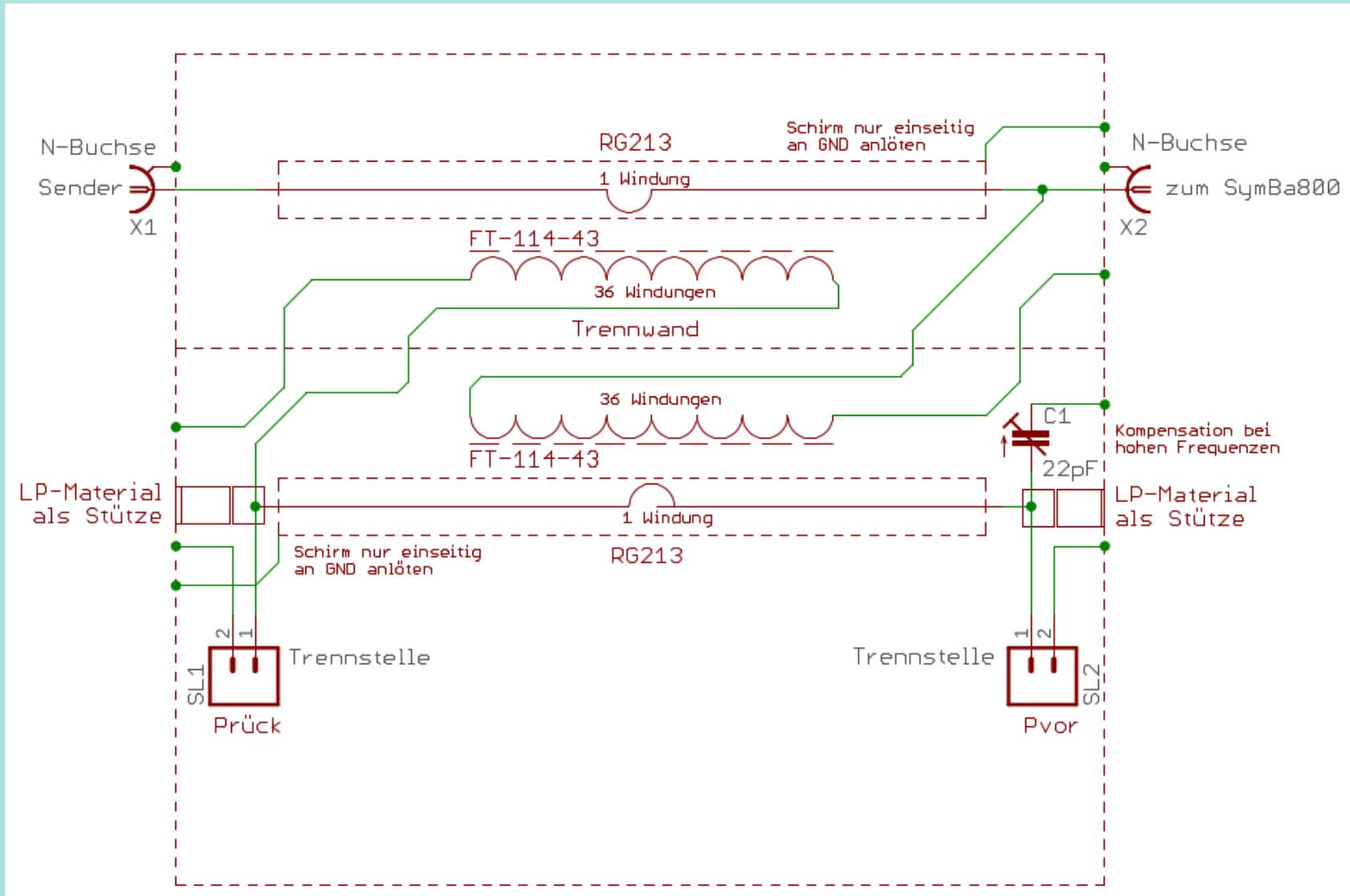
Das Blockschaltbild des PicATU500

# PicATU500 Automatiktuner



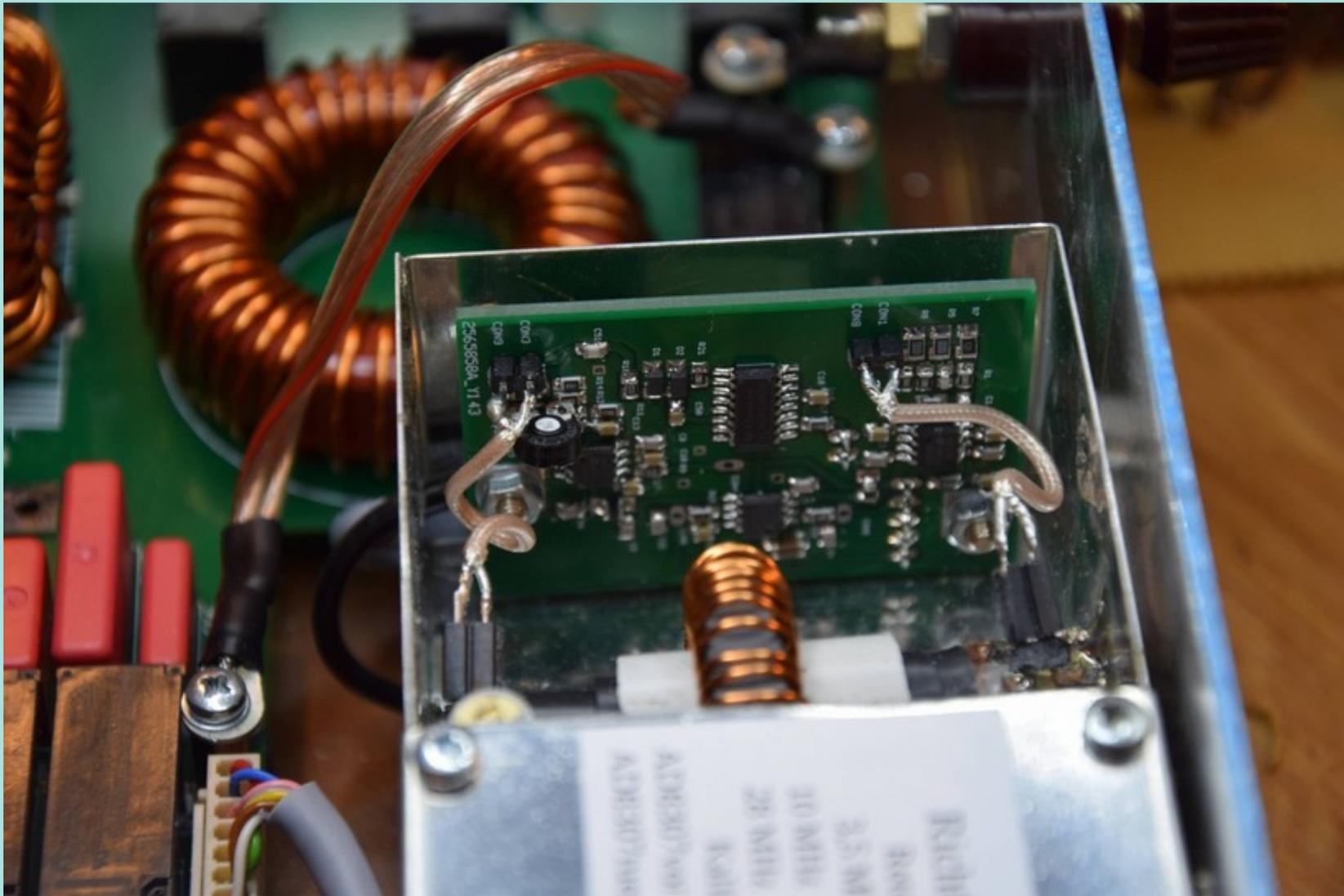
Der Richtkoppler für die Messung Vorlauf- und Rücklauf-Leistung und Frequenzmessung

# PicATU500 Automattktuner



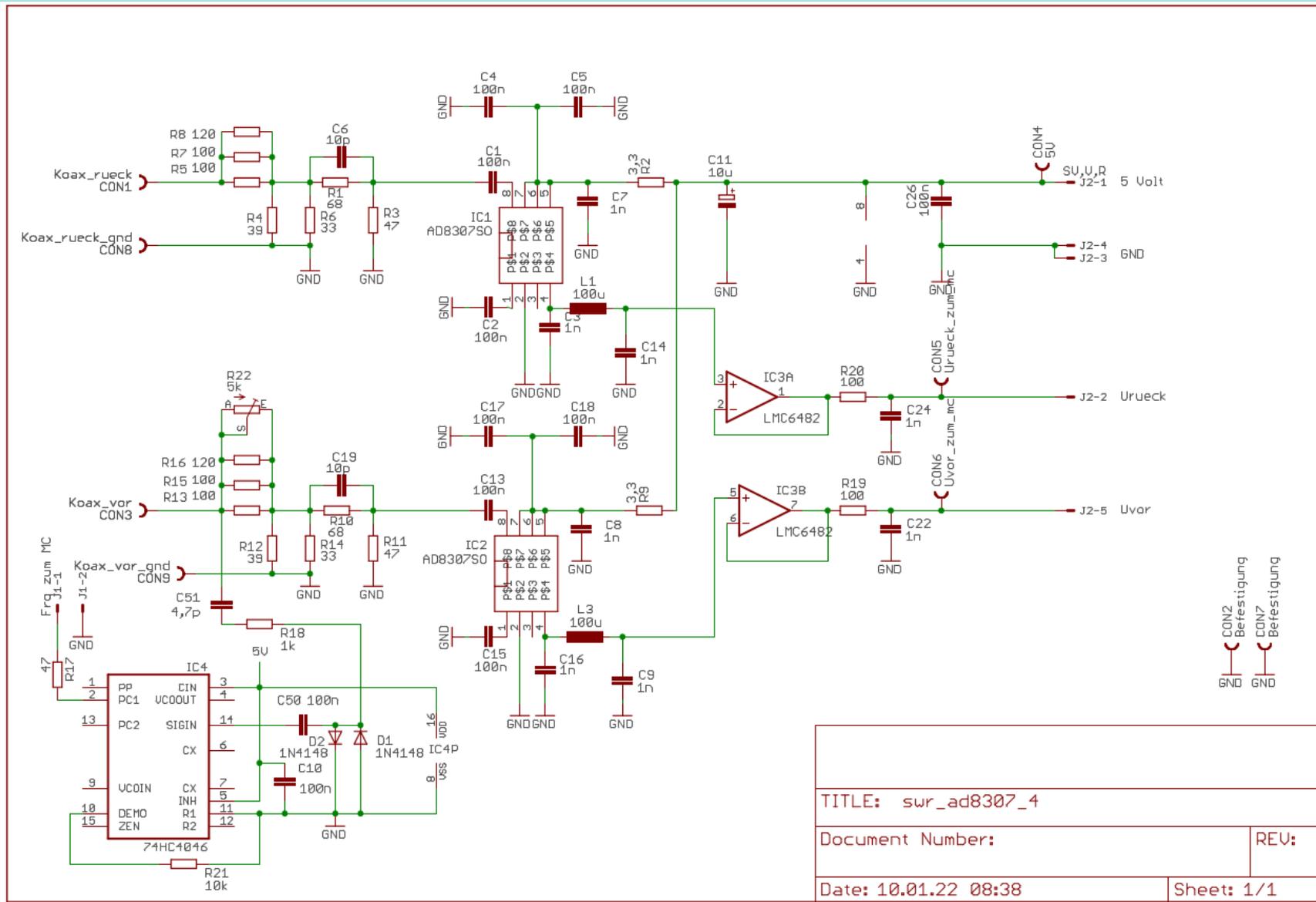
Der Richtkoppler für die Messung Vorlauf- und Rücklauf-Leistung

# PicATU500 Automatiktuner



Die Messplatine für die Auswertung der Vorlauf- und Rücklauf-Leistung  
und die Frequenzmessung

# PicATU500 Automatiktuner



Die Messplatine (Schaltbild) für die Messung Vorlauf-, Rücklauf-Leistung und der Frequenzmessung

# PicATU500 Automattktuner

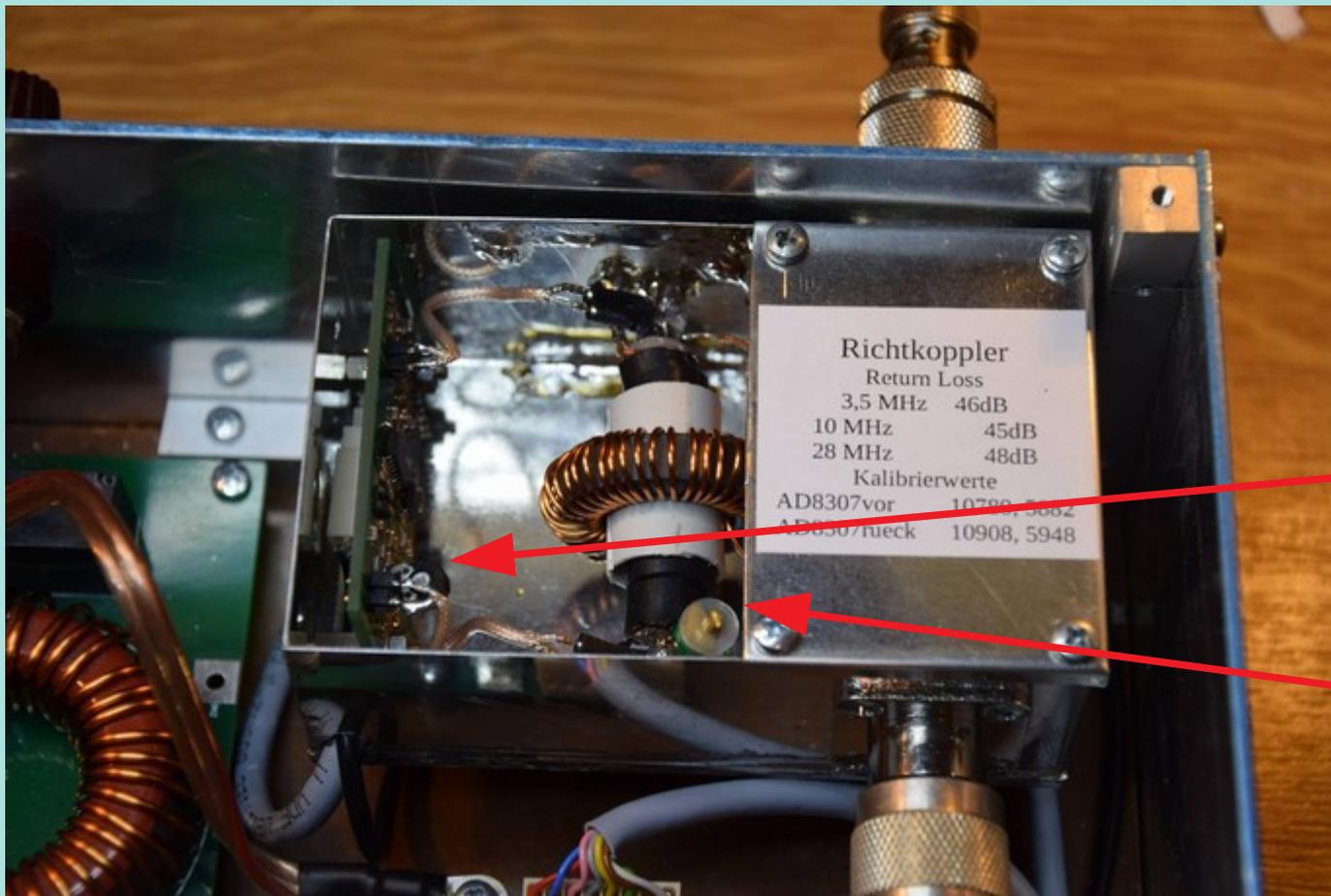
```
U+18,98 S 1,008  
R-28,52 RL47,51
```

Für den Abgleich des Richtkopplers habe ich eine Funktion im SETUP geschrieben.

Trimmer auf geringste Kapazität drehen.

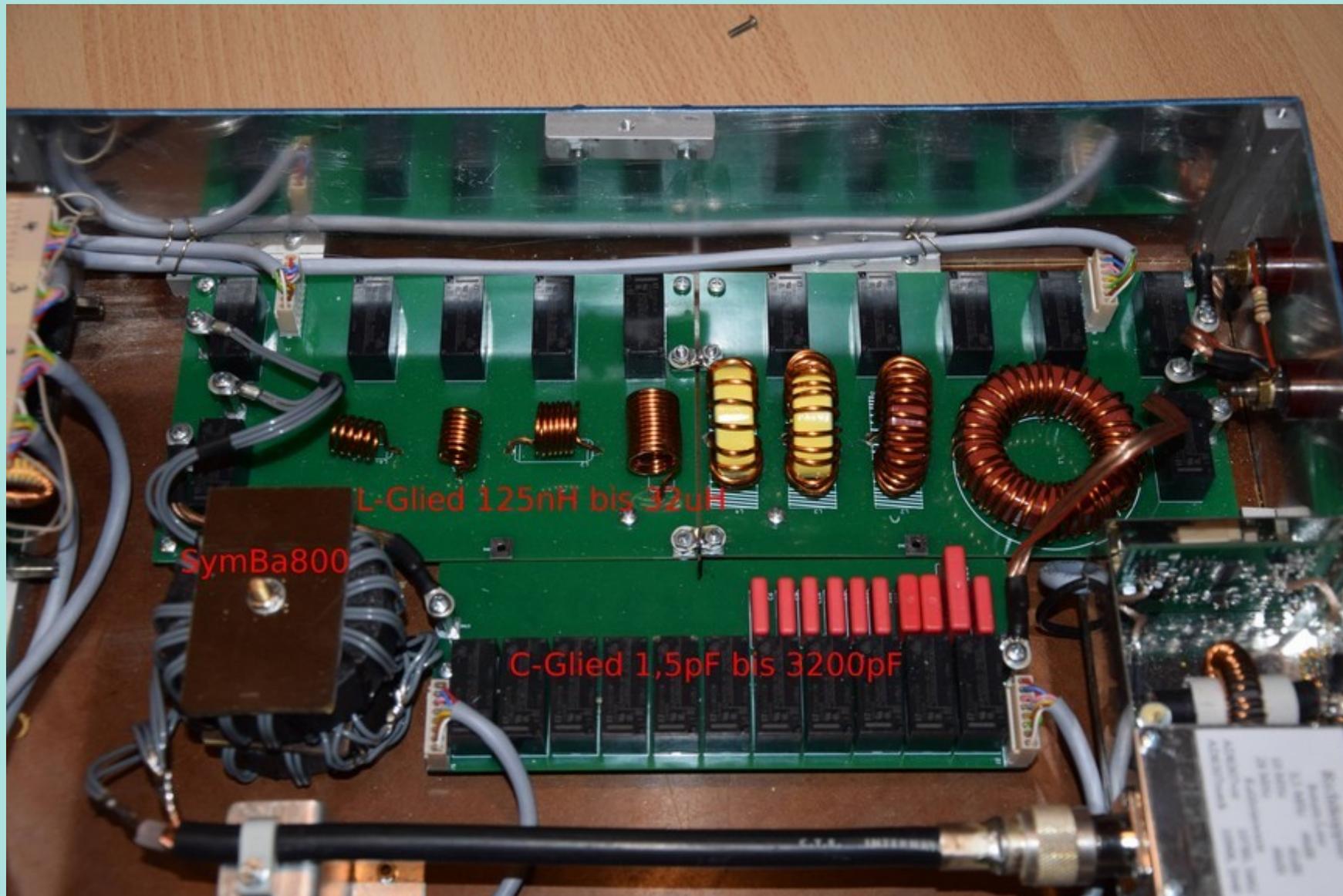
Bei 3,6MHz Sendefrequenz mit dem Einstellregler 5k auf der Messplatine die maximale Richtschärfe einstellen.

Anschließend bei 28MHz mit dem Trimmer auf maximale Richtschärfe einstellen.



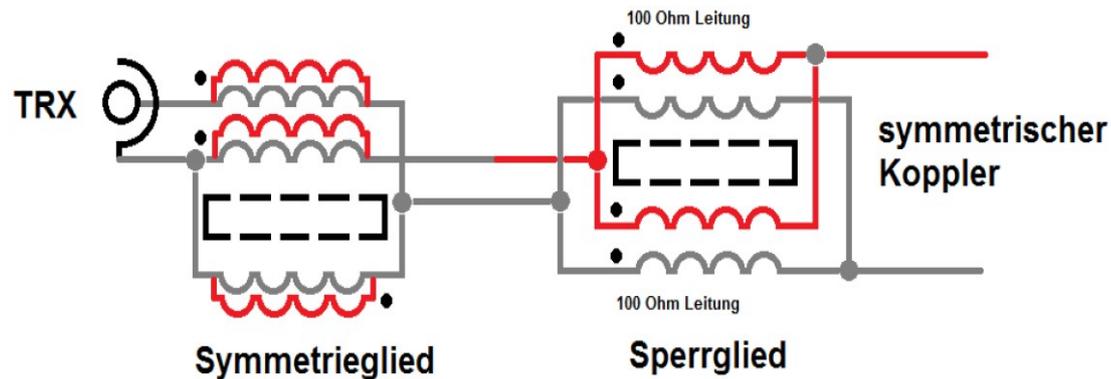
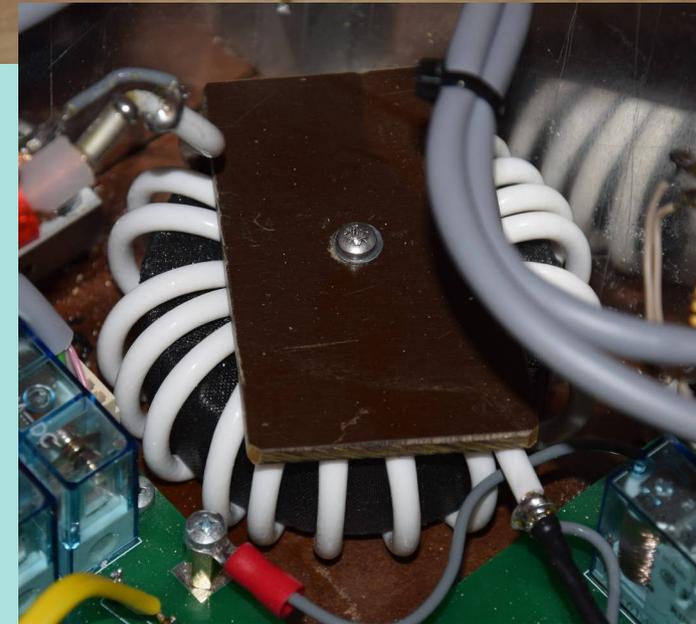
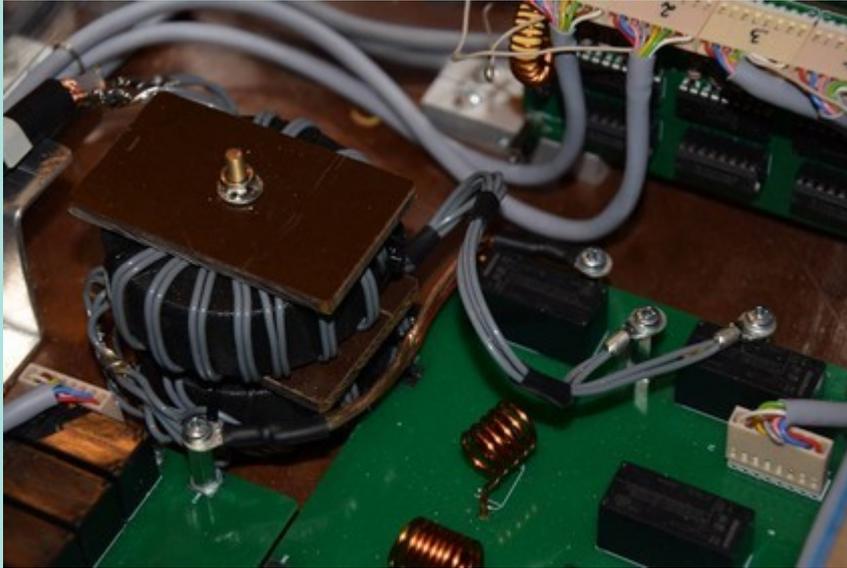
Abgleich des Richtkopplers auf maximale Richtschärfe

# PicATU500 Automatiktuner



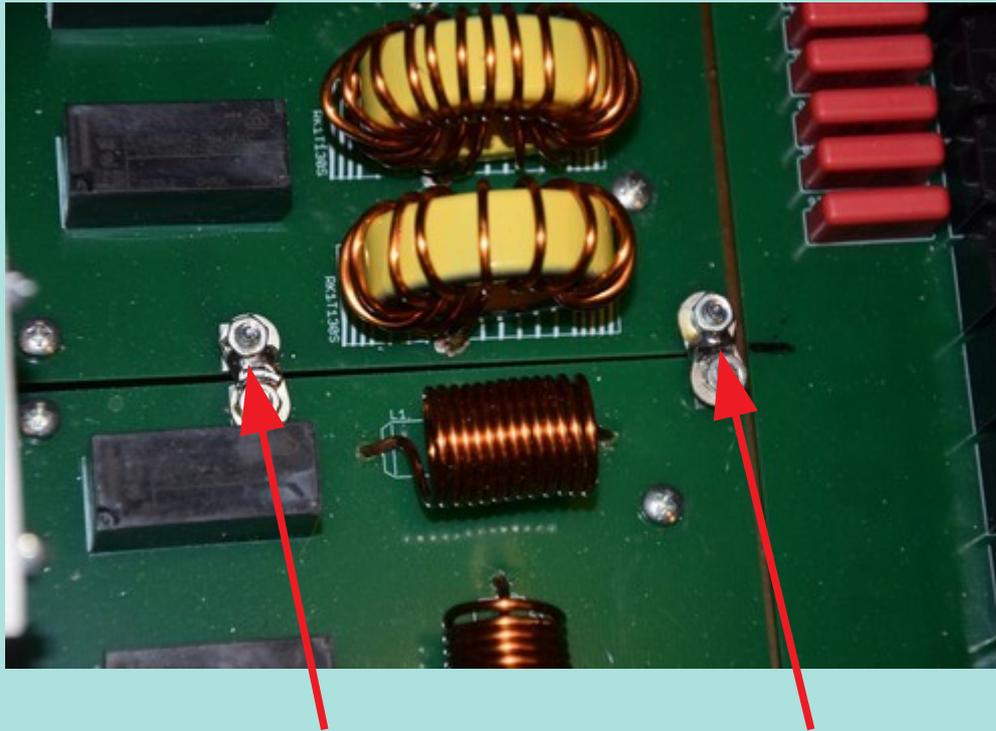
Links der Hybridbalun SymBa800. Mitte das L-Glied und C-Glied.  
Rechts der Antennenanschluss.

# PicATU500 Automattiktuner

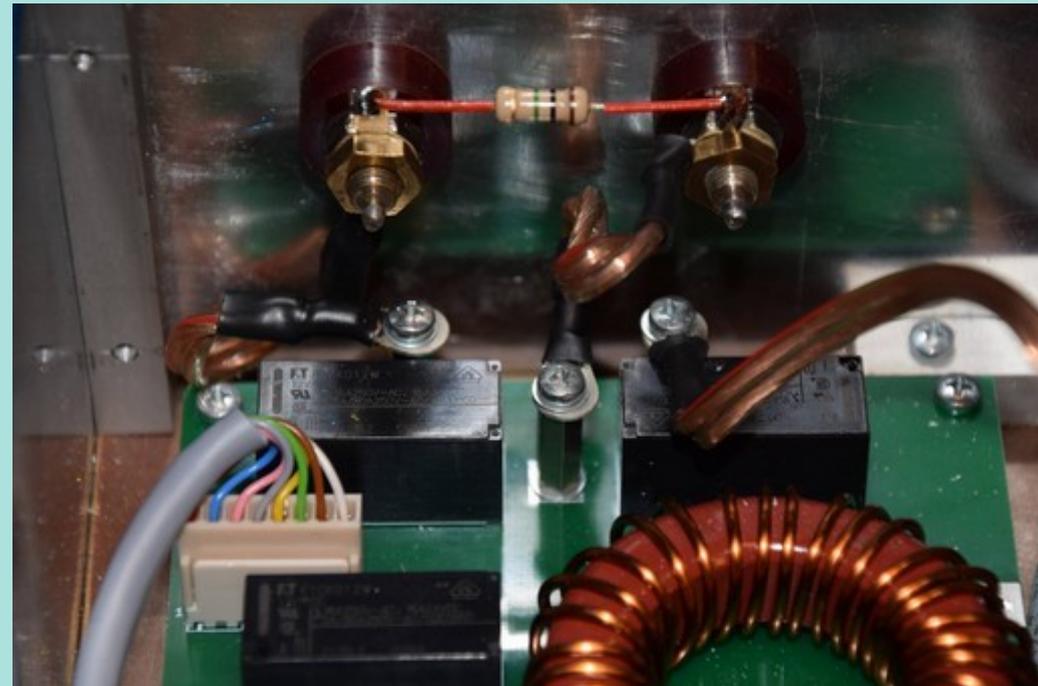


Der SymBa800 oder auch ausreichend eine einfache Mantelwellensperre 16 Windungen auf Ringkern, Würth 74270191 (RK4). Rechts unten 16 Wdg. mit DXW50 im Musteraufbau #2

# PicATU500 Automatiktuner

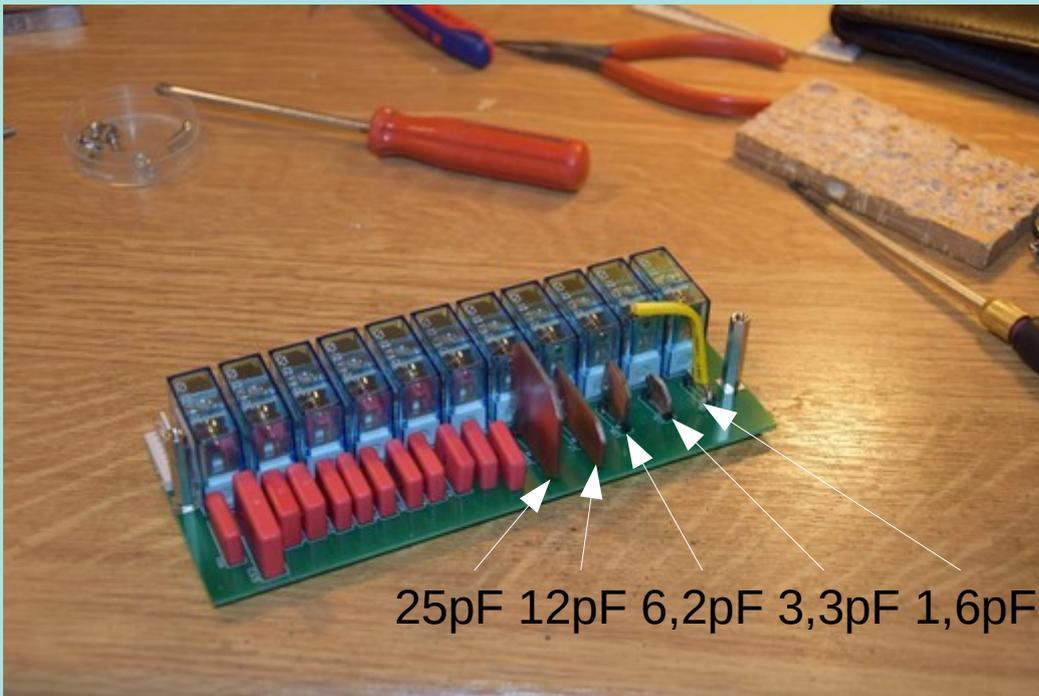


L-Glied mit 2 Platinen, da mein „Eagle“ nur Eurokarten-Größe kann.  
Verbunden wird mit 2 abgeschnittenen Kabelschuhen

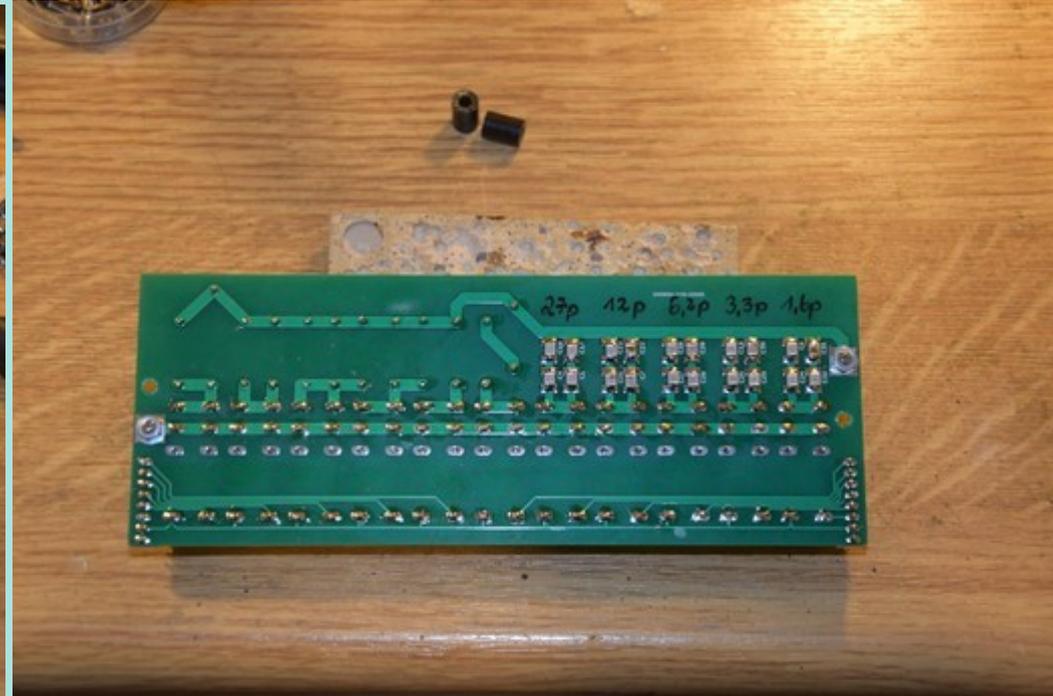


L-Glied am Antennenanschluss  
Am Rand die 2 Relais für die L/C-Varianten-Umschaltung.  
Die anderen 2 Relais für die L/C-Varianten-Umschaltung befinden sich vorn am SymBa800

# PicATU500 Automattktuner

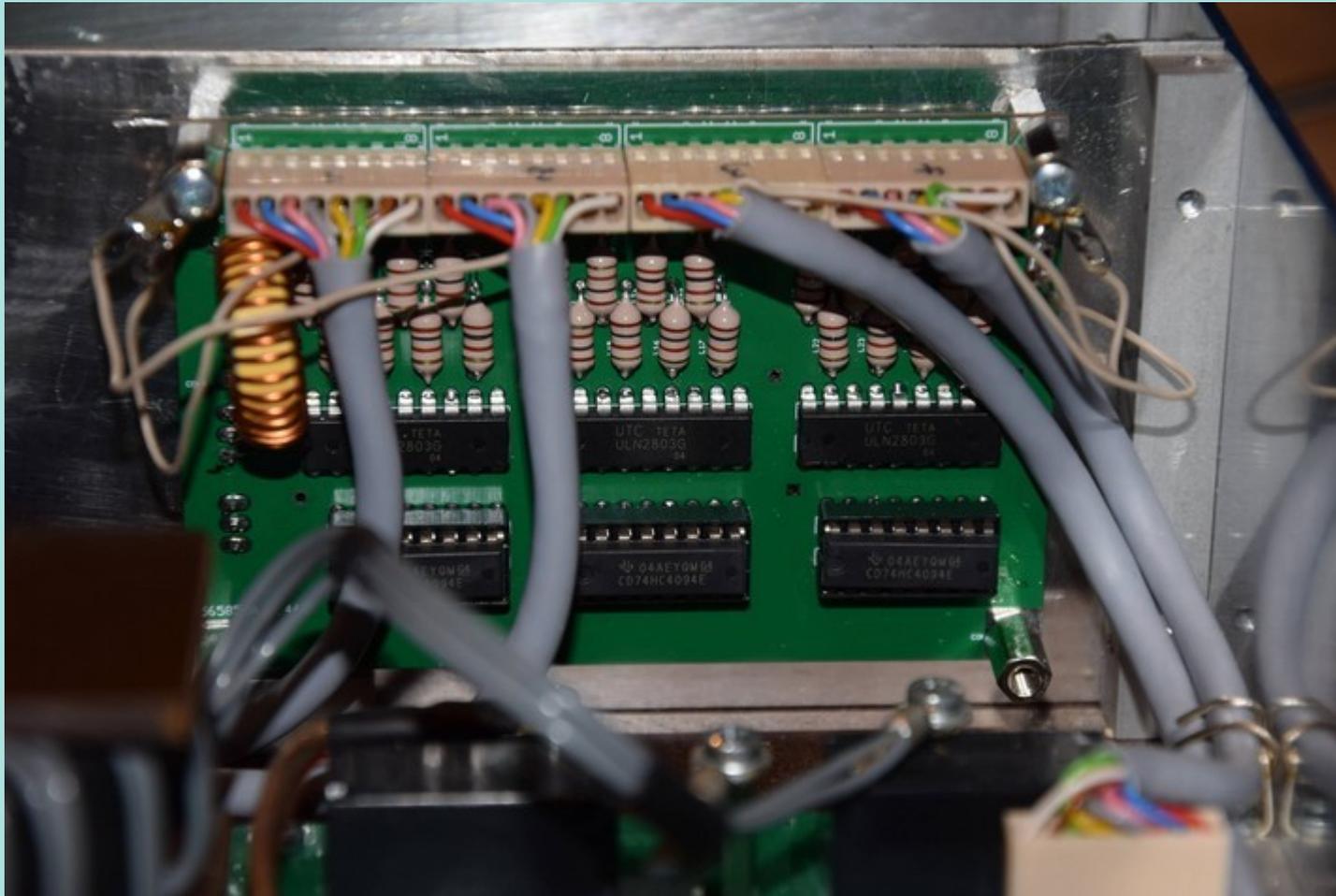


C-Glied mit LP-FR4 als  
Kondensatoren 3,3pF bis 25pF  
Die großen Kapazitäten sind alles  
FKP1-2000 Volt  
Der Kondensator 1,6pF besteht aus  
2 Teflondrahnten mit  
Schrumpfschlauch darüber



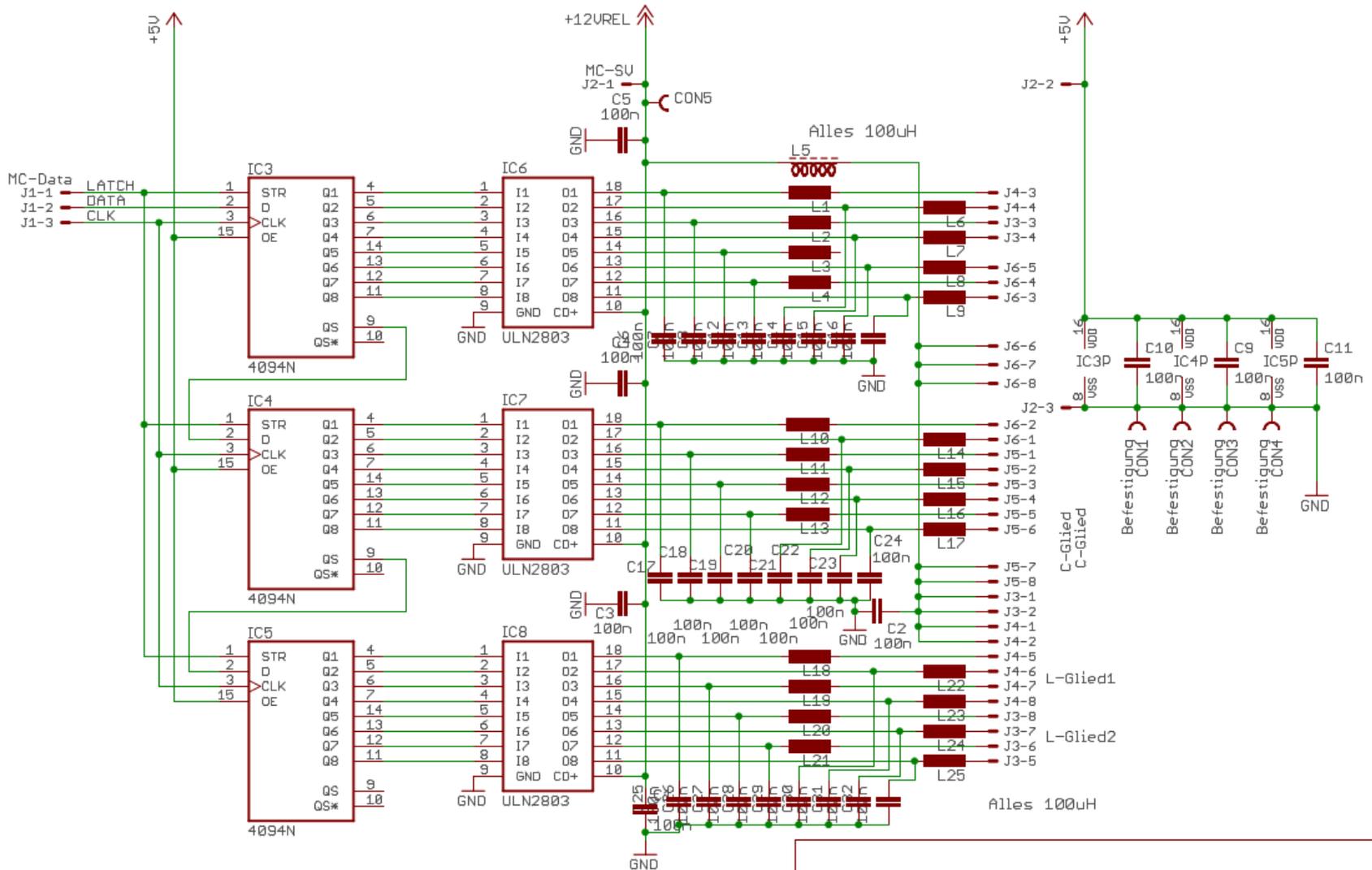
C-Glied mit SMD 2kV als  
Kondensatoren 1,6pF bis 25pF.  
Immer 4 Stück für einen Wert,  
um die Strombelastung zu  
verbessern.  
Die großen Kapazitäten sind alles  
FKP1-2000 Volt

# PicATU500 Automatiktuner



Relaistreiber mit HF-Entkopplung für 23 Relais.  
Oben sind die Steckerbuchsen für die Relais auf den Platinen.  
Links der gelbe Rinkern 47uH zur Abblockung der 12V.

# PicATU500 Automatiktuner



TITLE: relaisdriver

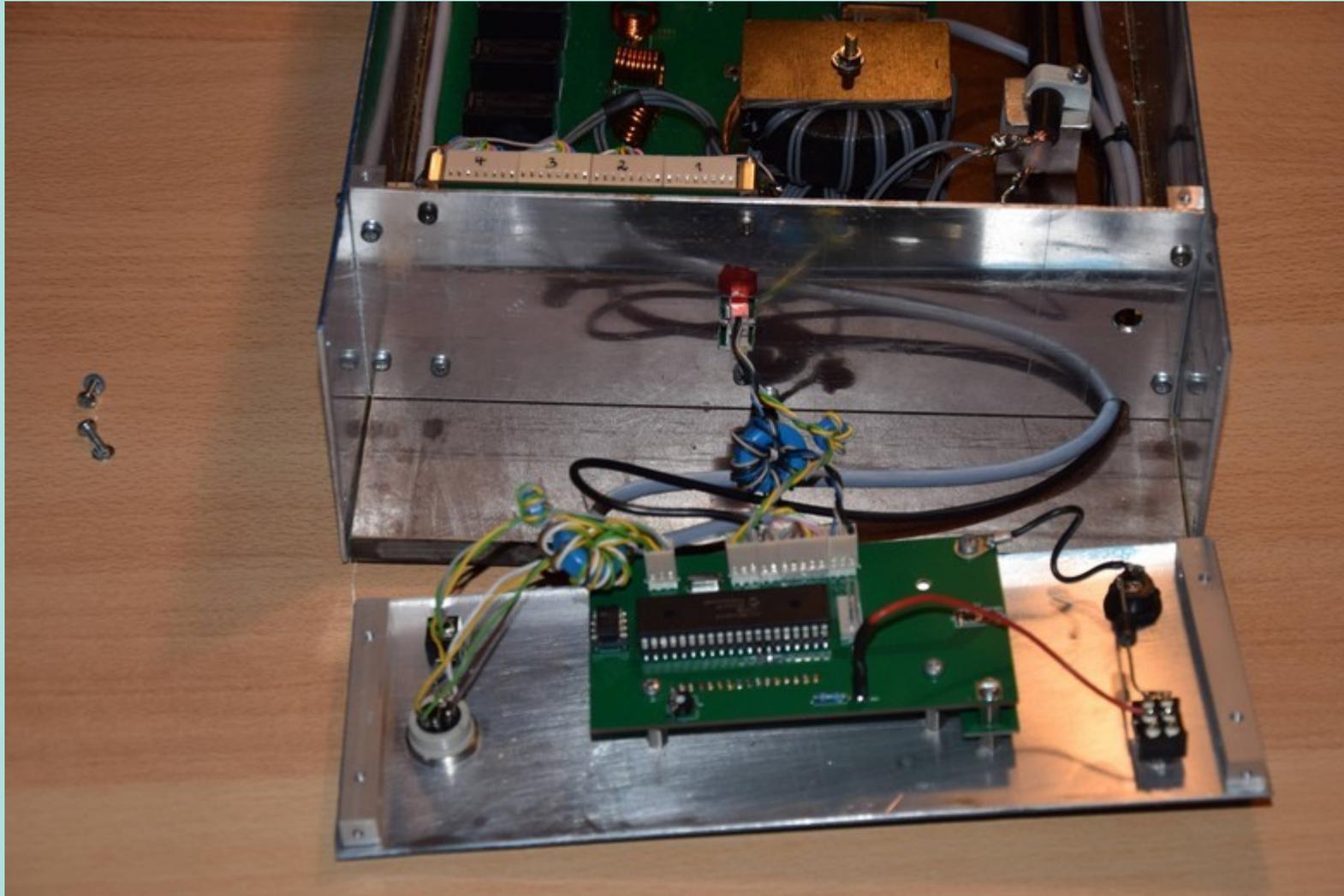
Document Number:

REV:

Date: 05.01.22 09:08

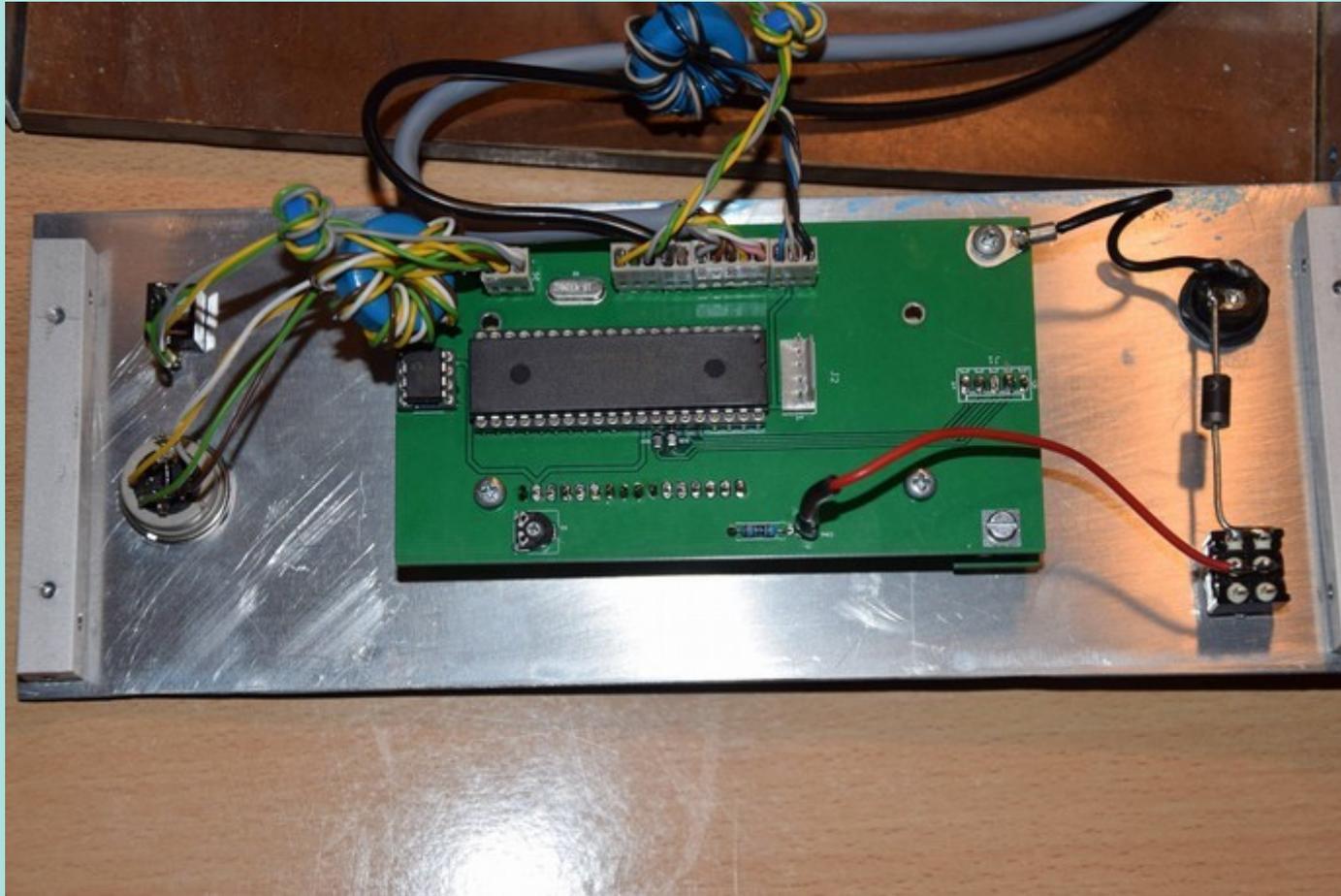
Sheet: 1/1

# PicATU500 Automatiktuner

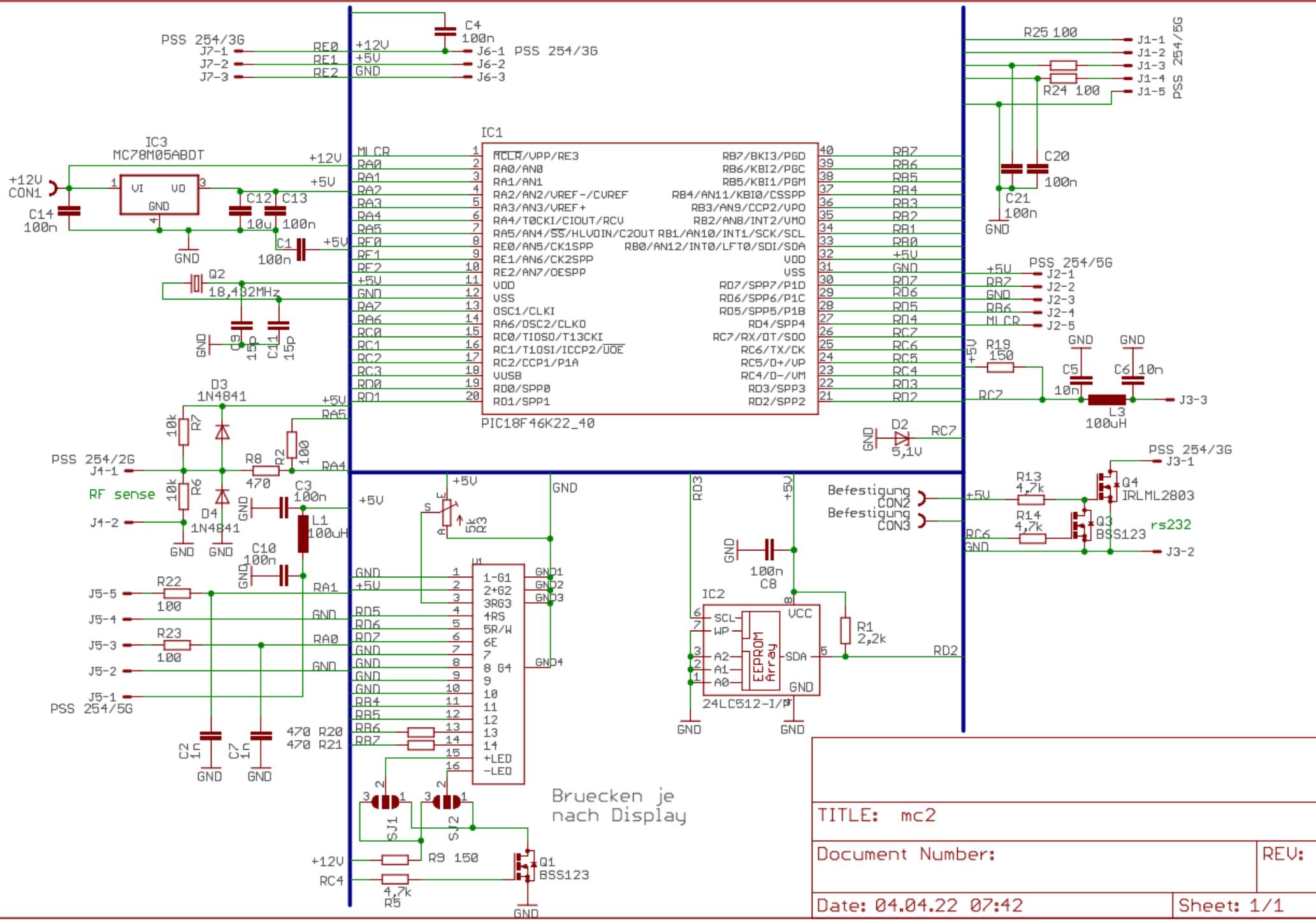


Mikrocontroller-Platine mit LCD-Anzeige und Bedienelementen.  
Links der Anschluss für das Fernsteuerkabel 2 Adernpaare.

# PicATU500 Automatiktuner

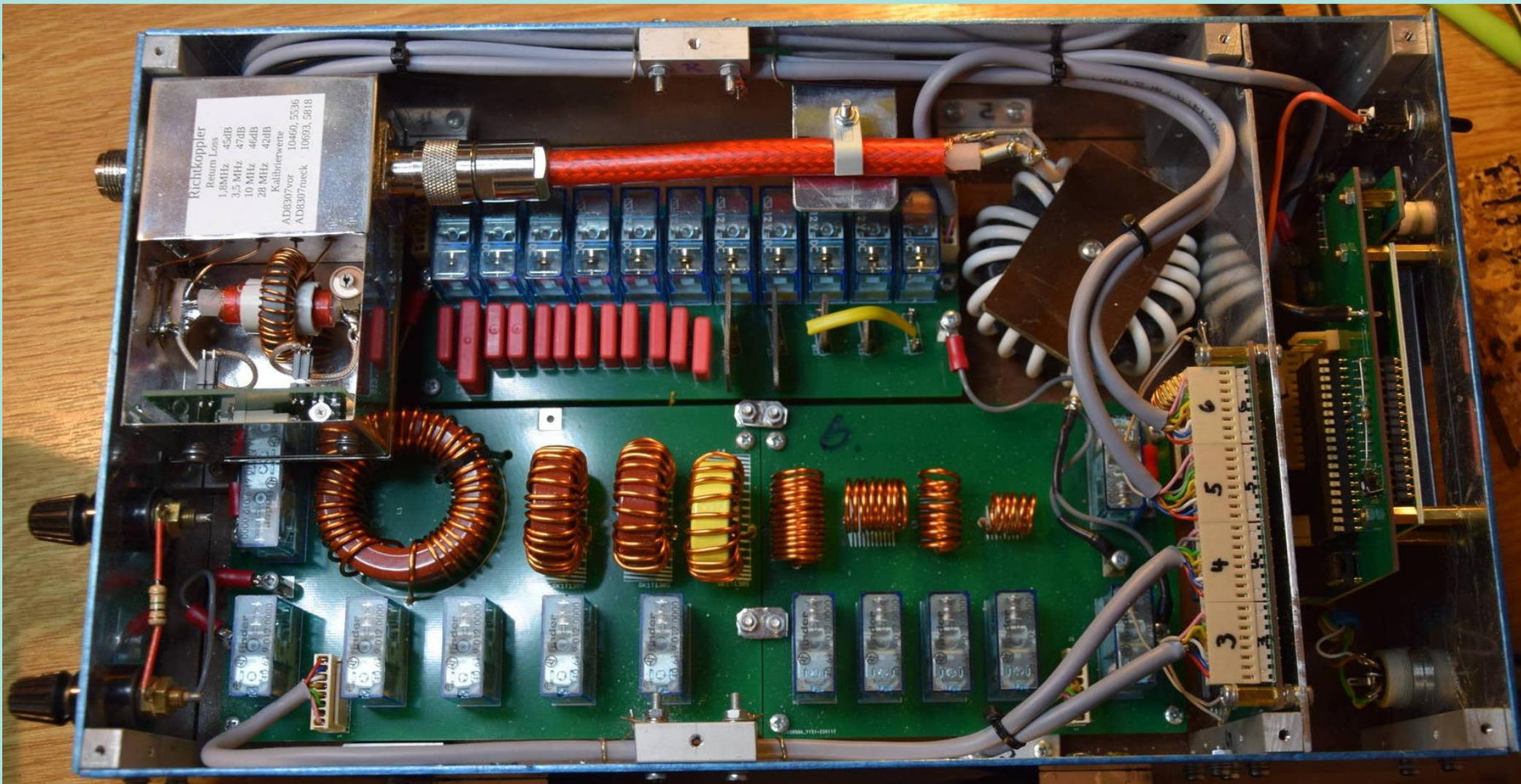


Mikrocontroller-Platine. Mitte Der PIC18F46K22, links der Eeprom 24LC512 für die Speicherung aller Match-Einstellungen im 10kHz Raster.



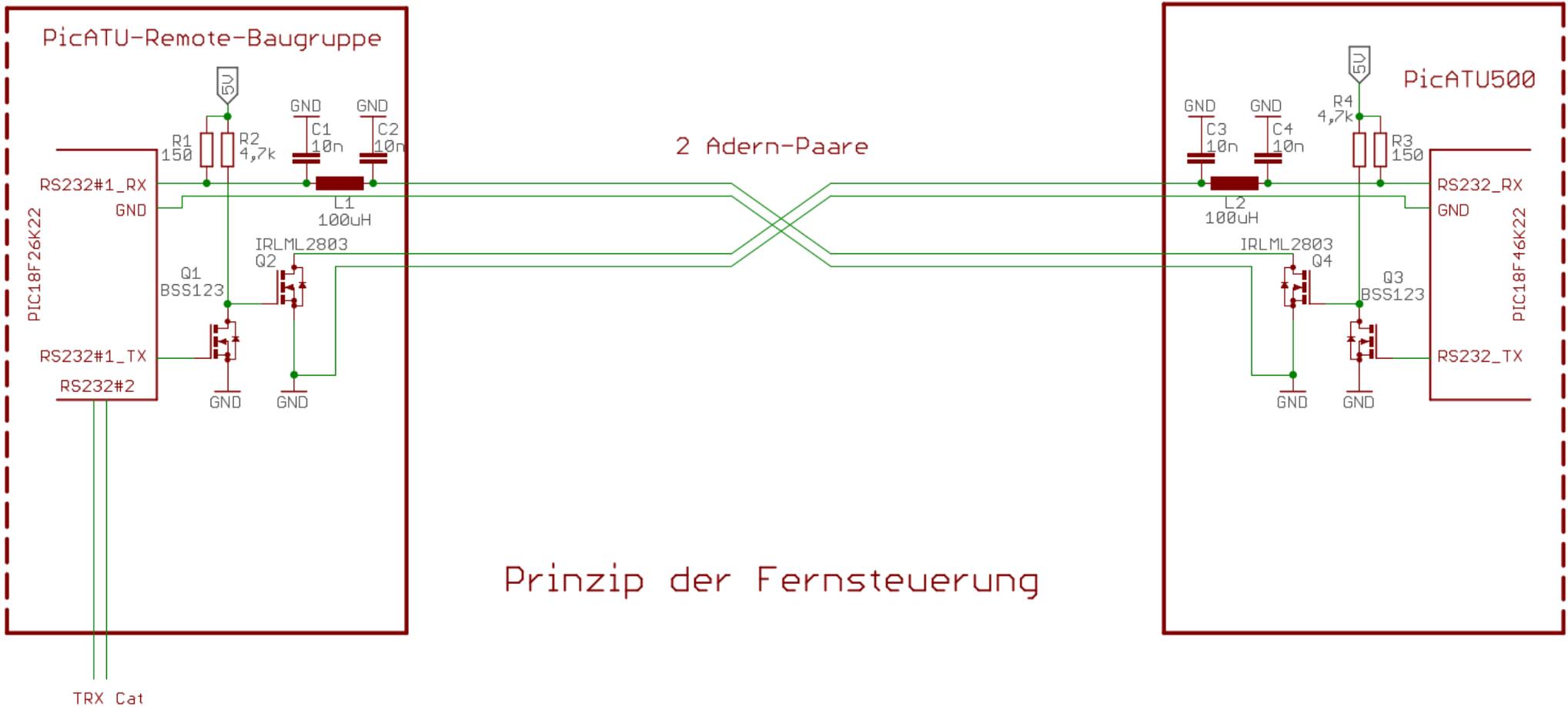
TITLE: mc2	
Document Number:	REV:
Date: 04.04.22 07:42	Sheet: 1/1

# PicATU500 Automattktuner



PicATU500 Muster #2. Breite 20cm Länge 36cm Höhe 10cm

# PicATU500 Fernsteuerung



Remote LOW an RS232#1\_TX steuert Q2 durch, über die Leitung fließen etwa 30mA über PicATU500 R3, an RS232\_liegt jetzt auch LOW an.  
Remote HIGH an RS232#1\_TX sperrt Q2, über die Leitung fließen kein Strom über PicATU500 R3, an RS232\_liegt jetzt HIGH an.  
Die TX vom PicATU500 zum Remote funktioniert in umgekehrte Richtung ebenfalls nach dem gleichen Prinzip.

Der PicATU500 wird nur über die Fernsteuerung gesteuert. Wir sehen das Prinzip meiner RS232 mit Stromschleife, LOW sind 35mA Stromfluss und HIGH ist 0mA

# PicATU500 Automatiktuner



Der PicATU500 wird über die Fernsteuerung gesteuert. Die LCD-Anzeige hat 4 Zeilen für die Anzeige aller Informationen.

# PicATU500 Fernsteuerung

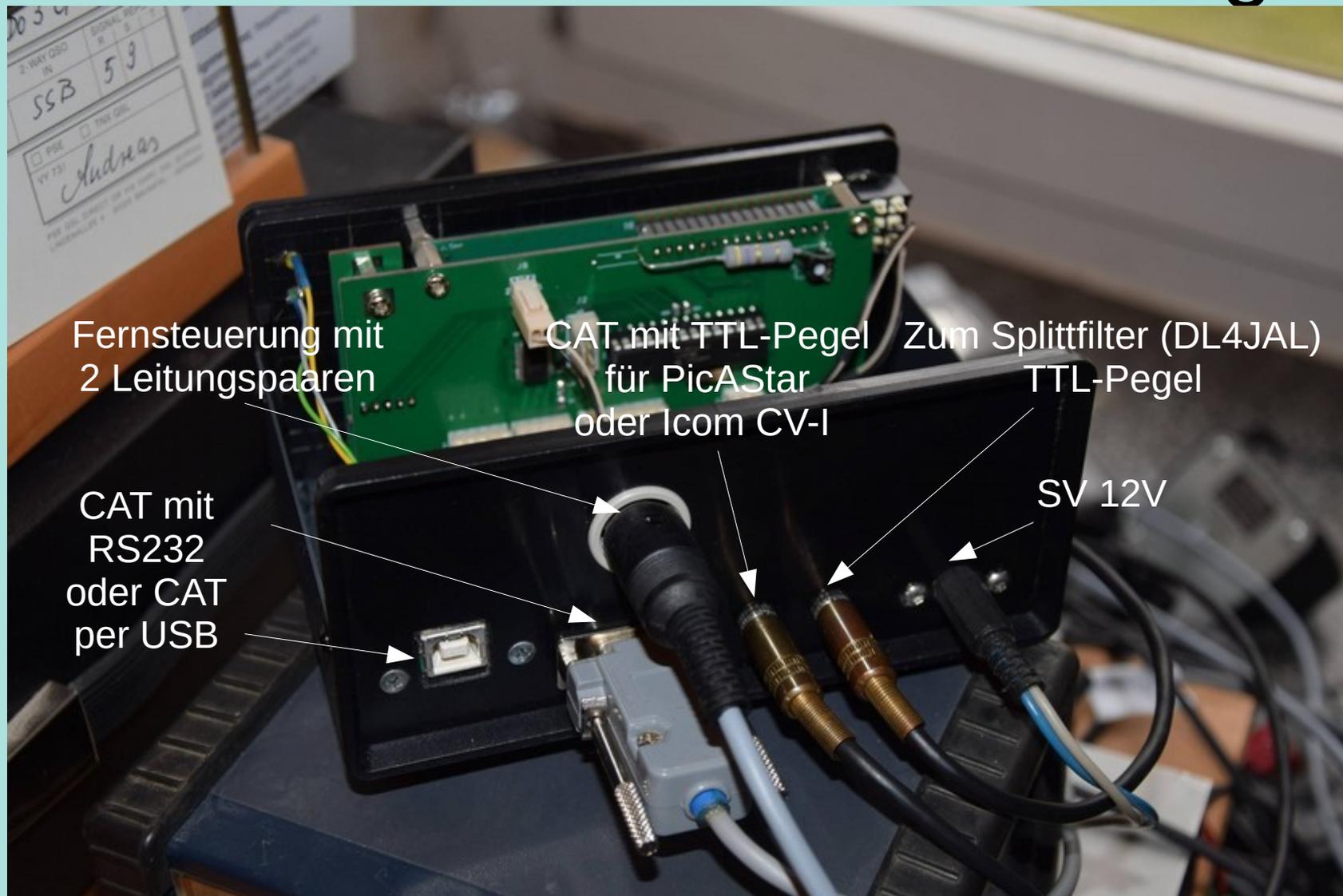
CAT-Verbindung  
mit PicAStar-TRX  
(Homemade)

Automatische Erkennung des  
Tuner-Typ's. Es wurde mein  
SymTuner750W mit Schrittmotor  
erkannt.  
Dieser Tuner kann auch mit der  
Fernbedienung-PicATU500  
gesteuert werden.

Sendeleistung der LDMOS-PA  
etwa 400 Watt  
es geht auf 30m Koaxkabel  
Sendeleistung verloren

Die Fernsteuerung des PicATU500. Die LCD-Anzeige hat 4 Zeilen für die Anzeige aller Informationen.

# PicATU500 Fernsteuerung



Oben die DIN5-Buchse für die Fernsteuerleitung. Unten die Anschlüsse für CAT-USB, CAT-RS232, CAT-TTL-Pegel (CV-I) und die Stromversorgung 12V.

# PicATU500 Fernsteuerung Menübefehle

## Match, Match deep, ReMatch, ReMatch deep, ReMatch 4x4, 8x8...

Diese Funktionen sind neu entwickelt. Es hat lange gedauert bis ich den richtigen Algorithmus der Impedanzanpassung gefunden habe. Eine intelligente Flächensuche war die Lösung. Die erste Suche in der Fläche (**Grundmatch**) mit exponentieller Schrittweite brachte den erhofften Erfolg. Die weitere Suche in den kleineren Flächen (**Submatch**) ist mit linearer Schrittweite.

	C	0,0pF	12,5pF	25pF	50pF	100pF	200pF	400pF	800pF	1600pF
	C-Glied	0	8	16	32	64	128	256	512	1024
L	L-Glied									
0,00uH	0									
0,125uH	1									
0,25uH	2									
0,5uH	4									
1uH	8									
2uH	16									
4uH	32									
8uH	64									
16uH	128									

### Grundmatch

Die gelbe Fläche wird gebildet aus

X= C-Glied

Werte: 0, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024

Y= L-Glied

Werte: 0, 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128

Das gesamte gelbe Feld wird mit den Relais durchgeschaltet und bei jeder Kombination das Return-Loss gemessen.

Das sind 9x9 81 Kombinationen.

Das Feld L=16, C=128 hat das größte RLoss. Hier im Bild rot dargestellt. Die

grünen Felder sind der neue Suchbereich in der nächsten Funktion **Submatch**.

# PicATU500 Fernsteuerung Menübefehle

## Submatch

Am Beginn von Submatch wird die lineare Schrittweite festgelegt, so dass wieder etwa 49 bis 81 Felder entstehen.

C-Wert	64	96	128	160	192	224	256
L-Wert							
8	gelb						
12	gelb						
16	gelb	rot	gelb	gelb	gelb	gelb	gelb
20	gelb						
24	gelb						
28	gelb						
32	gelb						

## Submatch

Die gelbe Fläche wird gebildet aus

X= C-Glied

Werte: 64...256, Schrittweite 32

Y= L-Glied

Werte: 8...32, Schrittweite 4

Das gesamte gelbe Feld wird mit den Relais durchgeschaltet und bei jeder Kombination das Return-Loss gemessen.

Das sind 7x7 49 Kombinationen.

Das Feld L=16, C=96 hat das *größte RLoss*. Hier im Bild rot dargestellt. **Submatch** wird anschließend wiederholt mit halbierter Schrittweite.

# PicATU500 Fernsteuerung Menübefehle

## Submatch

Am Beginn der weiteren **Submatch's** wird die Schrittweite halbiert und das neue Suchfeld festgelegt, so dass wieder etwa 49 bis 81 Felder entstehen.

C-Wert	64	80	96	112	128	144	160
L-Wert							
8							
10							
12							
14							
16							
18							
20							
22							
24							

## Submatch

Die gelbe Fläche wird gebildet aus

X= C-Glied

Werte: 64...160, Schrittweite 16

Y= L-Glied

Werte: 8...24, Schrittweite 2

Das gesamte gelbe Feld wird mit den Relais durchgeschaltet und bei jeder Kombination das Return-Loss gemessen.

Das sind 7x9 63 Kombinationen.

Das Feld L=16, C=112 hat das größte RLoss. Hier im Bild rot dargestellt.

**Submatch** wird wiederholt bis das SWR <1,2 ist oder die Schrittweite 1/1 ist.

# PicATU500 Fernsteuerung Menübefehle

## Submatch

Am Beginn wird wieder die Schrittweite halbiert und das neue Suchfeld festgelegt, so dass wieder etwa 49 bis 81 Felder entstehen.

C-Wert	88	96	104	112	120	128	136
L-Wert							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							

## Submatch

Die gelbe Fläche wird gebildet aus

X= C-Glied

Werte: 88...136, Schrittweite 8

Y= L-Glied

Werte: 12...20, Schrittweite 1

Das gesamte gelbe Feld wird mit den Relais durchgeschaltet und bei jeder Kombination das Return-Loss gemessen.

Das sind 7x9 63 Kombinationen.

Das Feld L=15, C=104 hat das größte RLoss. Hier im Bild rot dargestellt.

**Submatch** wird wiederholt bis das SWR <1,2 ist oder die Schrittweite 1/1 ist.

**Mit diesem Ablauf wird ganz schnell eine Anpassung gefunden.**  
**Ist das SWR < 1,5 wird die gefundene Einstellung gespeichert.**

# PicATU500 Fernsteuerung Menübefehle

Wurde die „**Match**-Funktion“ aktiviert und keine Anpassung gefunden wird in der nächsten LC-Variante weiter gesucht.

- Folgende Reihenfolge der Suche in der **Match** Funktion habe ich programmiert. Es ist zu erwarten, dass die Impedanz der Antenne fast immer größer 50 Ohm ist. Deshalb zuerst die beiden Varianten für größer 50 Ohm
- L/C Variante > 50 Ohm
- C/L Variante > 50 Ohm
- L/C Variante < 50 Ohm
- C/L Variante < 50 Ohm
  
- **ReMatch** sucht nur in der eingestellten L/C Variante ein besseres SWR bis die Schrittweite bei 1/1 angelangt ist, mit wiederholenden Submatch.
  
- **ReMatch deep** sucht in der aktuellen L/C-Variante in die *maximale Tiefe* bis Schrittweite 1/1 und beginnt mit der Funktion Grundmatch anschließend wiederholendes Submatch.
  
- **ReMatch 4x4** und **ReMatch 8x8** suchen mit Schrittweite 1/1 das abgesteckte Feld nach dem besten SWR ab, mit Submatch
  
- **Match deep** sucht in den 4 L/C-Varianten in die *maximale Tiefe* bis Schrittweite 1/1 oder SWR < 1,2

# PicATU500 Fernsteuerung Menübefehle

## Band save, 10kHz save +/- #0khz

Wurde eine Impedanzanpassung gefunden wird die Einstellung in einem externen Eeprom abgespeichert. Ich habe ein IC 24LC512 eingesetzt. Der Eeprom hat eine I<sup>2</sup>C-Schnittstelle und ein Speichervolumen von 65535 Byte.

Für jede Einstellung werden 4 Byte benötigt. 1 Byte für L-Wert, 2 Byte für C-Wert und 1 Byte für L/C-Variante.

Von 1,5MHz bis 30MHz alle 10kHz eine Speicherstelle =  
 $(30000\text{kHz} - 1500\text{kHz}) / 10\text{kHz} = \mathbf{2850 \text{ Speicherplätze}}$

2850 Speicherplätze \* 4 Byte = **11400 Byte** für den gesamten Kurzwellenbereich

Das Speichervolumen des 24LC512 ist aber **65535 Byte**. Das brachte mich auf die Idee **5 Speicherbereiche** mit je **11400 Byte** vorzusehen. Die einzelnen Speicherbereiche habe ich mit **Antenne 1 bis 5** bezeichnet.

**Band save:** Die gefundene Anpassung wird in allen 10kHz Segmenten des Bandes gespeichert und noch etwas darüber hinaus.

**10kHz save +/- #0khz:** Die gefundene Anpassung wird im 10kHz Segment oder zusätzlich bis zu +/- 90kHz gespeichert. Die Auswahl des Frequenzbereiches erfolgt mit dem Drehgeber.

# PicATU500 Fernsteuerung Menübefehle

## Z Impedanz

Es ist möglich rückwärts aus Frequenz, L/C-Variante, L-Wert und C-Wert die Impedanz der Antenne zu berechnen und im Display anzuzeigen.



# PicATU500 Fernsteuerung CAT-Verbindung zum Transceiver

## SETUP: „TRX Cat. select“

Mit einer CAT-Verbindung kann die Tuner-Impedanzanpassung mit der VFO-Frequenz des TRX mitlaufen.

Über die CAT-Schnittstelle bekommt die PicATU500-Fernsteuerung die VFO-Frequenz mitgeteilt. Die Frequenz wird sofort an den Tuner weiter geleitet und bei jedem neuen 10kHz Segment wird im Tuner die Einstellung aktualisiert, ohne das ein Sendesignal erforderlich ist. **Die Tuner-Abstimmung folgt der TRX-VFO-Frequenz.** Für folgende Transceiver habe ich eine SW-Anpassung programmiert:

- PicAStar TRX (Homemade nach DL4JAL)
- FT 847 Yaesu (wurde lange nicht getestet)
  - Icom mit CV-I Schnittstelle
    - K2-Elecraft
    - PC PowerSDR
    - FTDX101 Yaesu

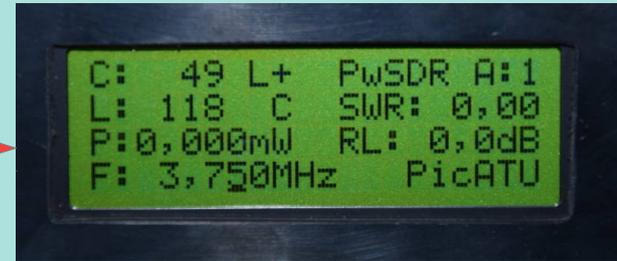
# PicATU500 Fernsteuerung

## z.B.: CAT-Verbindung zum PC-PowerSDR



PicATU500-Fernsteuerung  
CAT = PowerSDR

RS232  
9600  
Baud  
oder  
USB



Hermes-Platine mit PC verbunden  
**Software PowerSDR**  
Einstellung: VFO 3,750 MHz

30m Fernsteuerleitung  
Frequenz wird  
übertragen

PicATU500 in der Garage 3,750 MHz. Tuner  
holt Einstellung aus Speicherplatz für 375

L+      L=118  
C        C=49



Fernsteuerleitung

PicATU100

PicATU500

Ich musste die Lecherleitung  
etwas verlängern.  
Im 10m Band war das SWR schlecht.  
Impedanz mit dem VNWA gemessen  
 $Z = 0,5 - j24$

Nach der Verlängerung  
 $Z = 36 - j155$  ( $\underline{Z} = 159 \text{ Ohm}$ )

jetzt erreiche ich **SWR 1,03**  
mit „ReMatch“

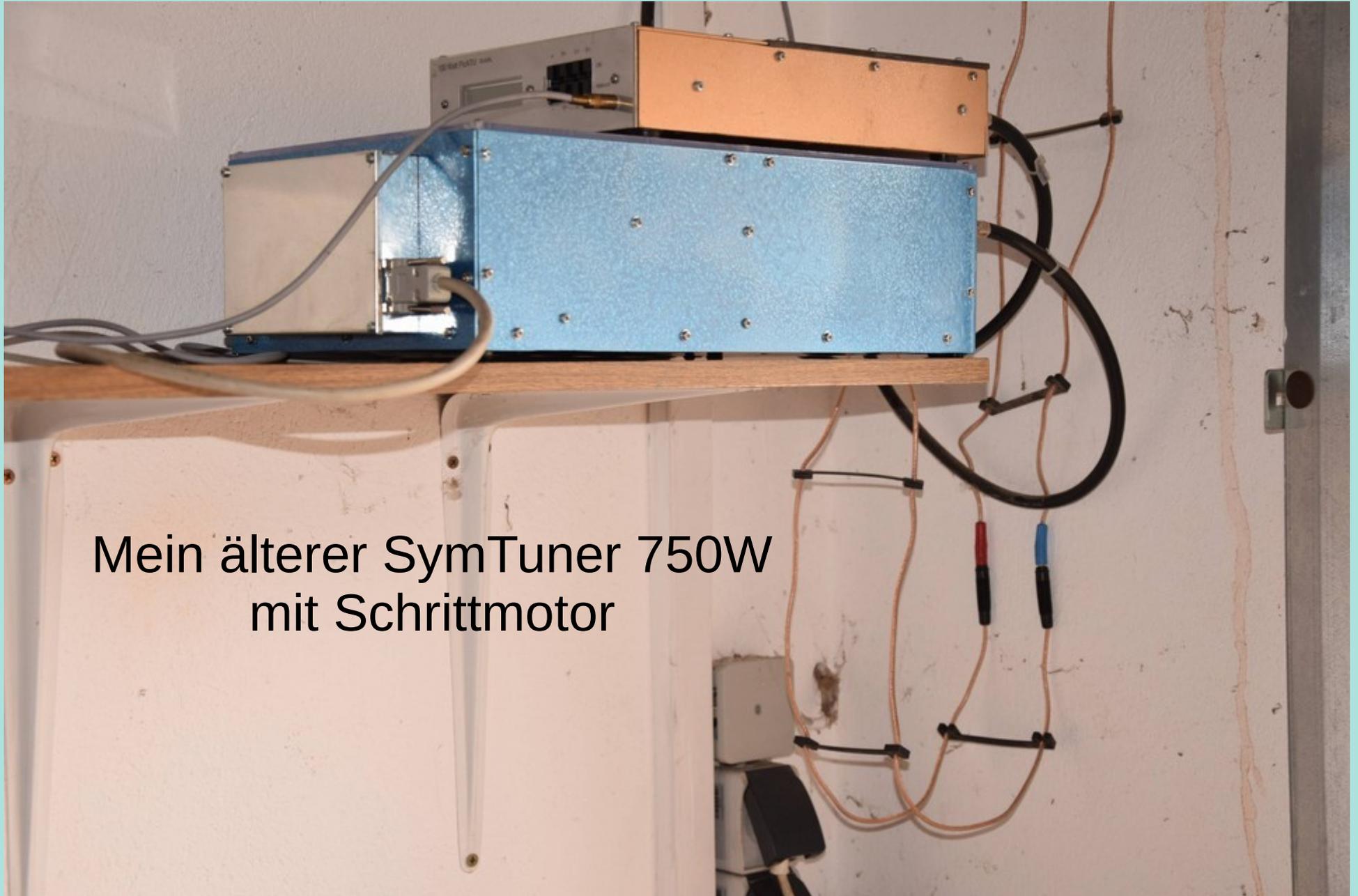


Wanddurchführung  
mit Plasterrohr und  
2 Messing-Gewindestäbe

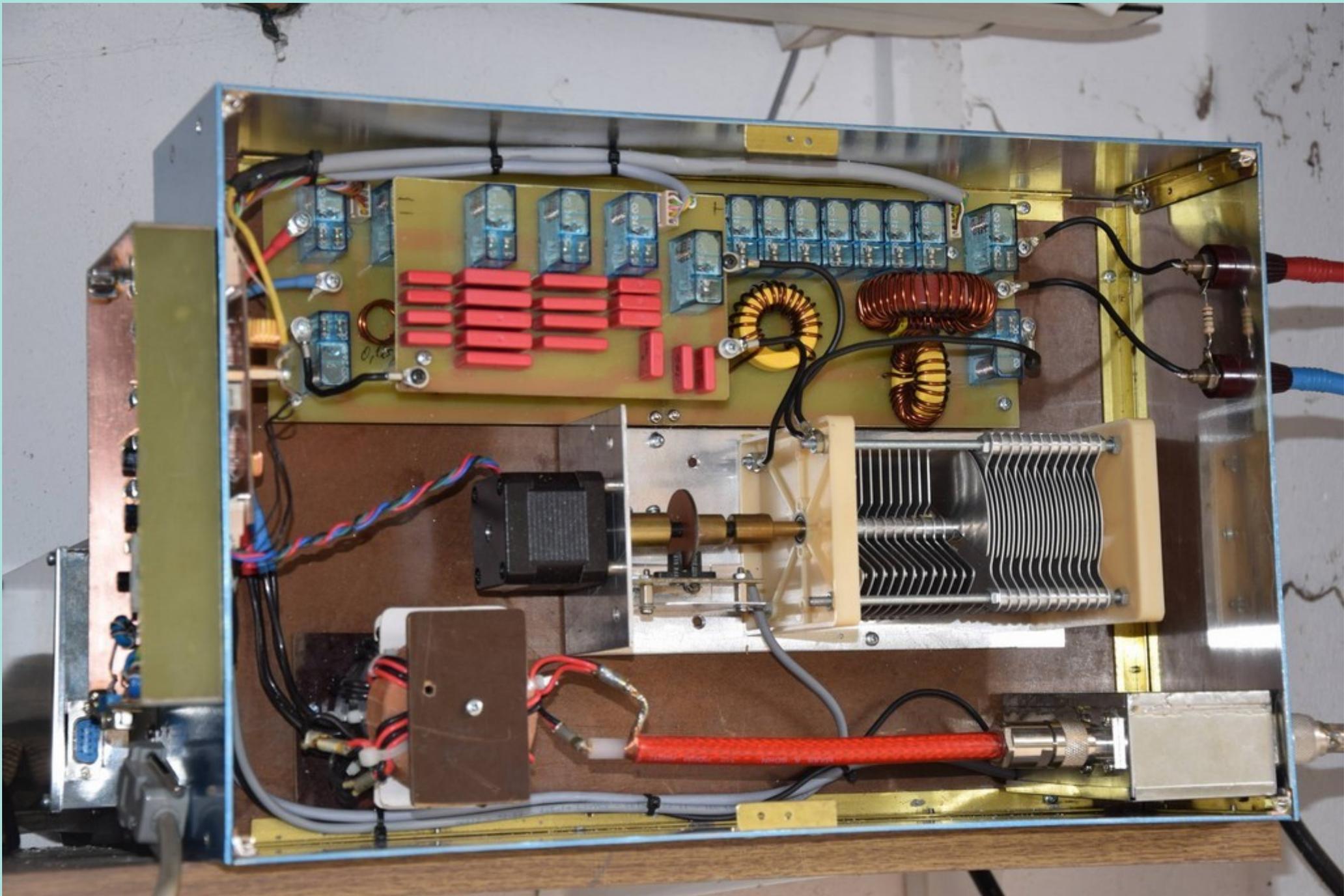
Dipol 2x 22m







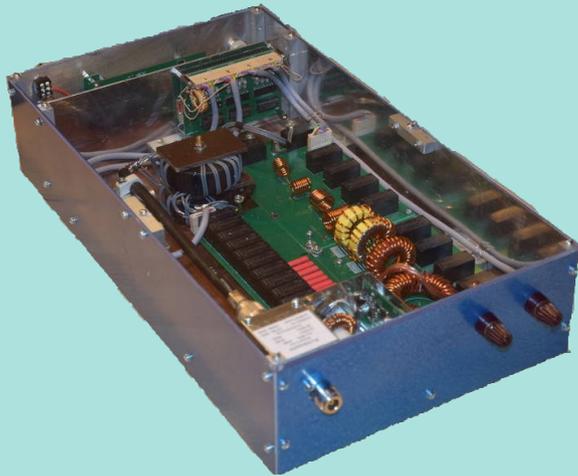
Mein älterer SymTuner 750W  
mit Schrittmotor



Mein SymTuner 750W mit Schrittmotor, das „Innenleben“

# Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Internetseite:



Nachzulesen:

<https://www.dl4jal.de/Vortraege/picatu500.pdf>



Andreas Lindenau  
DL4JAL DOK:S54

Loheweg 5  
**09573 Schellenberg**

E-Mail: [DL4JAL@t-online.de](mailto:DL4JAL@t-online.de)  
WWW: [www.dl4jal.de](http://www.dl4jal.de)