Symmetrischer 200-W-Antennenkoppler

Baumappe

Kompakter symmetrischer Antennenkoppler für den Frequenzbereich von 1,8 MHz bis 30 MHz, maximale HF-Eingangsleistung 200 W (PEP), Eingangsimpedanz 50 Ohm, Ausgangsimpedanz 5 Ohm bis 2,2 kOhm (Wirkwiderstandsanteil), Steuerung mit PC-Software und Interface-Baugruppe über geschirmte Netzwerkleitung (maximal 100 m), Stromversorgung 13,8 V

Entwicklung: Norbert Graubner, DL1SNG

Einleitung 3
Konzept und technische Daten 4
Bestückung der Platinen 6
Spulenplatine 6
Vorbereitung der Spulen zum Einbau 7
Kondensatorplatine 13
Controllerplatine 17
Platinensteckverbinder 18
Interface-Platine 19
Zusammenbau 20
Inbetriebnahme 21
Installations- und Montagehinweise 22

Anhang
Stücklisten, Bestückungspläne, ergänzende Bilder 23

Der von Norbert Graubner, DL1SNG, entwickelte ferngesteuerte Antennenkoppler dient zur Anpassung nicht-resonanter, symmetrischer Antennen. Er ist für eine maximale Leistung von 200 W ausgelegt und im gesamten KW-Bereich einsetzbar. Die Steuerung erfolgt mittels PC über eine Standard-Netzwerkleitung. Der vorliegende Bausatz enthält alle benötigten Bauteile und die erforderliche PC-Software.

Der symmetrische Antennenkoppler wird zwischen Transceiver bzw. Endstufe und Antenne geschaltet. Zur Übertragung der HF-Leistung zum Koppler dient ein ausreichend belastbares 50-Ω-Koaxialkabel, der Anschluss der Antenne erfolgt über eine symmetrische Zweidrahtleitung. In einer FA-Beitragsfolge wurden Entwicklungsdetails und Schaltung des Antennenkopplers beschrieben [1]. Einzelheiten können dort nachgelesen werden. Die nachstehenden Erläuterungen geben Hinweise zu Platinenbestückung, Gehäuseeinbau, Inbetriebnahme und Bedienung.

Der Bausatz ist kein Einsteigerprojekt! Der Aufbau sollte deshalb nur von Funkamateuren mit Erfahrungen im Selbstbau von Endstufen und Antennenkopplern vorgenommen werden.

Voraussetzung für den erfolgreichen Nachbau sind das Verständnis der Schaltung, gute Kenntnisse im Umgang mit elektronischen Bauelementen sowie handwerkliches Geschick beim Löten und bei der Montage der Komponenten. Eine Grundausstattung an Werkzeug und Messmitteln ist ebenfalls erforderlich. Der fehlerfreie, saubere Aufbau unter Beachtung der nachfolgenden Beschreibung ist für die zuverlässige Funktion des Kopplers unerlässlich.

Bitte lesen Sie die Baumappe deshalb sorgfältig durch und führen Sie die Arbeitsschritte in der vorgegebenen Reihenfolge aus!

Der Bausatz enthält vier Platinen, auf denen die SMD-Bauteile bereits vorbestückt sind, darüber hinaus alle bedrahteten Bauelemente, vorgefertigte Spulen, zwei bearbeitete Gehäuse und das Montagematerial zum Einbau der Platinen in die Gehäuse.

Die fachgerechte Montage des Antennenkopplers vor Ort liegt in der Verantwortung des Nutzers, ebenso die Beschaffung des dazu erforderlichen Materials. Am Schluss der Baumappe werden dazu entsprechende Hinweise gegeben. Beschreibungen und Erläuterungen zu Gerätetreibern und PC-Software beziehen sich auf das Betriebssystem ≠Windows 7. Grundkenntnisse des Nutzers im Umgang mit PC und Betriebssystem werden vorausgesetzt.

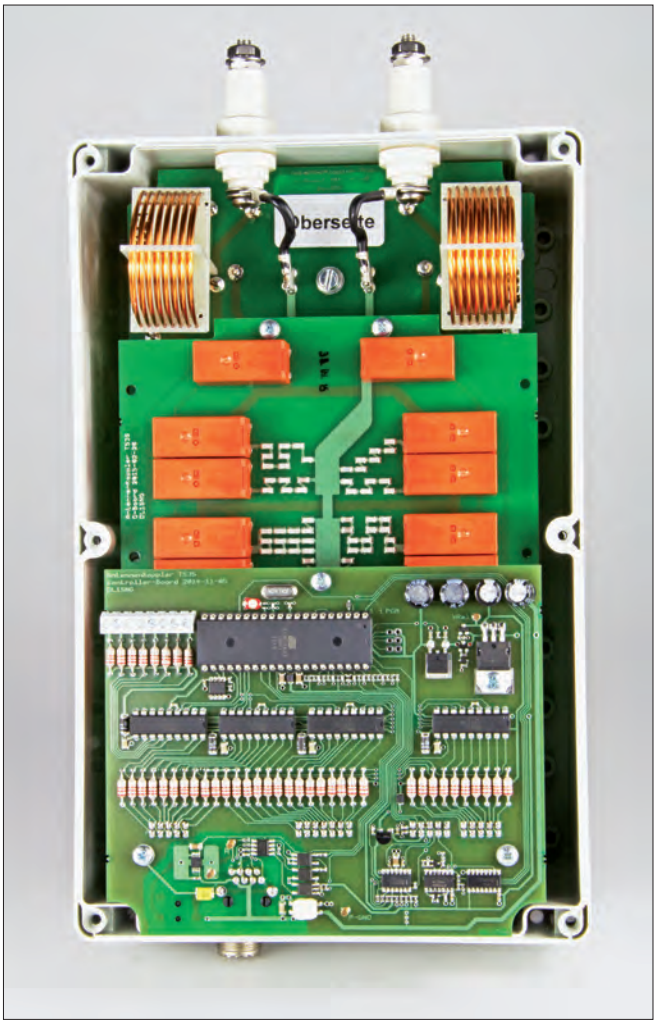


Bild 1: Fertig aufgebauter Antennenkoppler mit abgenommenem Deckel (s. auch große Abbildung auf der letzten Umschlagseite)

Achtung! Während des Sendebetriebs können hohe Ströme und Spannungen auftreten. Deshalb besteht bei unsachgemäßem Aufbau und Nichtbeachtung von Sicherheitsbestimmungen Lebens- und Brandgefahr! Der Antennenkoppler ist so aufzubauen, zu installieren und zu betreiben, dass Personen- und Sachschäden durch Blitzeinschlag in die Antenne oder die Speiseleitung ausgeschlossen sind.

Konzept und technische Daten

Der symmetrische Antennenkoppler realisiert die Anpassung der Impedanz des Antennensystems an den Senderausgang mittels eines sogenannten L-Gliedes aus zwei variablen Spulen und einem variablen Kondensator (Bild 3). Am Eingang dieses symmetrischen Impedanztransformators befindet sich ein breitbandiger Symmetrierübertrager (Balun). Das Blockschaltbild des Kopplers ist in Bild 2 dargestellt. Dort sind auch die Verbindungen mit den Komponenten des Gesamtsystems zu sehen.

Die variablen Abstimmelemente bestehen aus binär gestaffelten Dekaden, die mithilfe von Relais geschaltet werden. Die Steuerung des Antennenkopplers erfolgt über eine serielle Schnittstelle, die nach dem RS485-Standard mit 57600 Baud arbeitet. Diese bietet eine solide Grundlage für die störungsfreie Übertragung der Steuersignale (Bild 4).

Zur Verbindung von Antennenkoppler und Steuergerät wird achtpoliges Netzwerkkabel, sogenanntes Patch-Kabel Cat. 5, z. B. von [2], benutzt. Solche Kabel sind preiswert und die verschweißten Steckverbinder ersparen viel Arbeit bzw. so manchen Anschlussfehler. Es gibt sie in allen möglichen Längen bis hin zu 30 m. Mithilfe passender Kopplungselemente kann man die Leitung fast beliebig verlängern. Den Übergang von RS485 auf den USB-Anschluss des PC realisiert eine Interface-Baugruppe.

Im Antennenkoppler werden monostabile 24-V-Relais verwendet. Diese erhalten beim Abstimmen ihre volle Nennspannung, danach nur noch eine Haltespannung von etwa 8 V bis 12 V (je nach Länge des Steuerkabels). Diese Schaltungsmaßnahme verringert den Strombedarf des Kopplers im praktischen Betrieb erheblich. Die Zuführung der Betriebsspannung zum Koppler erfolgt über das Netzwerkkabel, das auch die Steuersignale überträgt. Um die unvermeidlichen Gleichstrom-Leitungsverluste bei einem langen Steuerkabel auszugleichen, wird die ins Kabel eingespeiste Gleichspannung beim Abstimmen automatisch von nominal 13 V auf 36 V heraufgesetzt.

Beeinträchtigungen der Kommunikation durch HF-Einstreuungen beim Senden wurden beim Muster nicht beobachtet. Auch die Taktsignale des Mikrocontrollers wirkten beim Empfang nicht störend. Störsignale sind lediglich auf der Quarzfrequenz bei 14,7456 MHz vorhanden. Diese und ihre 2. Harmonische – die mit 29,4912 MHz in den oberen Teil des 10-m-Bandes fällt – sind im Transceiver etwa mit S8 zu hören.

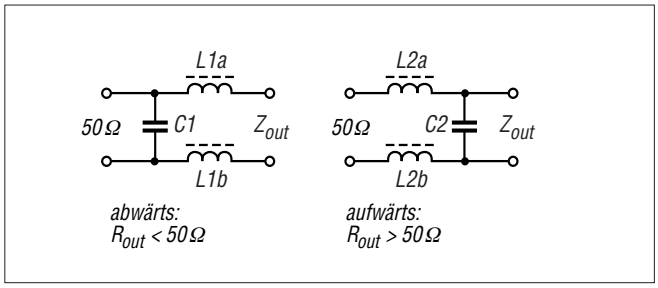


Bild 3: Varianten der Impedanztransformation mit LC-Gliedern

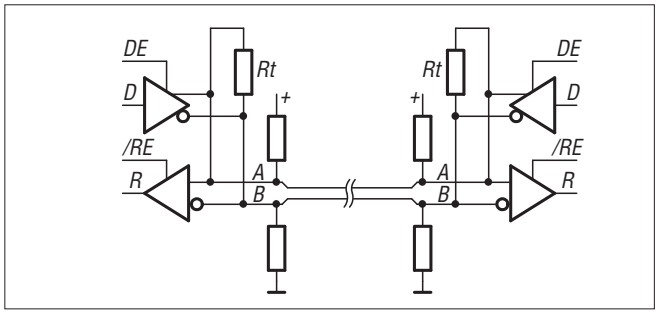


Bild 4: Physikalische Elemente eines RS485-Bussystems mit zwei Teilnehmern

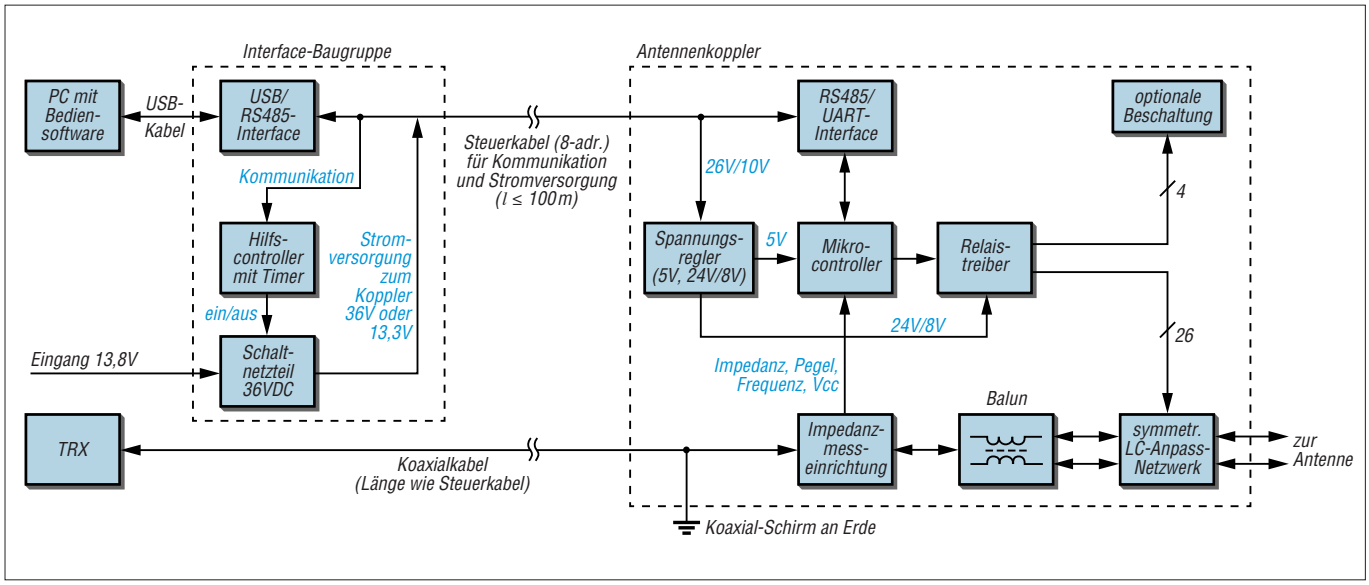


Bild 2: Blockschaltbild der gesamten Anlage; der Hilfscontroller „belauscht" die Kommunikation und ist für die Schaltung der erforderlichen Relaisspannungen zuständig.

Tabelle 1: Technische Daten des Antennenkopplers

Frequenzbereich:	1,8 MHz bis 30 MHz
HF-Eingangsleistung:	≤200 W PEP oder ≤100 W Dauerstrich (bei geringer Transformation auch mehr)
HF-Eingangsimpedanz:	50 Ω, unsymmetrisch
Ausgang:	symmetrisch, Anschluss für Zweidrahtleitung über keramische Durchführungsisolatoren
Ausgangsimpedanz, Realteil:	5 Ω bis 2,2 kΩ (Wirkwiderstandsanteil)
Dipol-Mindestlänge:	2 × 10 m an 10 m Zweidrahtleitung
HF-Ausgangsspannung:	≤4 kV bis 2 kV bei Aufwärtstransformation („C1-L-C“ oder „C2-L-C“), Bauteilbelastung wird überwacht
Abstimmkonzept:	symmetrisches L-Glied, bestehend aus zwei gleichen Dekaden aus Luftspulen und einer Dekade aus verlustarmen Keramikkondensatoren, beide mit monostabilen Relais geschaltet
Steuerung:	manuelle Bedienung über grafische PC-Bedienoberfläche mit Maus und PC-Steuertasten via USB 2.0 an die Interfacebaugruppe; von dort weiter über geschirmte Standard-Netzwerkleitung Cat5E zum Koppler (RS-485); Rückmeldung und Anzeige der Abstimmparameter am PC; 4 Speicherbänke mit je 900 frequenzmäßig zugeordneten Speicherplätzen (im Koppler)
Stromversorgung:	13,8 V Gleichspannung über Hohlsteckerbuchse an die Interface-Baugruppe; dort geregelter Spannungswandler 13,8 V/36 V; Weiterleitung zum Koppler über o. g. Standard-Netzwerkleitung (l ≤ 100 m); Ruhestrom 70 … 270 mA (je nach Relaisstellung); Stromaufnahme beim Ein- und Umschalten kurzzeitig bis 3 A
Aufbau:	250 mm × 160 mm × 125 mm (B × H × T, ohne Anschlussklemmen)
Masse:	etwa 2 kg

Bestückung der Platinen

Zunächst sollte man die gelieferten Bauelemente mit der Stückliste vergleichen (Tabelle A1 im Anhang). Wenn alles vollständig ist, kann die Bestückung der Platinen beginnen. Als Lötwerkzeuge sind ein normaler, geregelter 40-W-Lötkolben und zusätzlich ein leistungsstärkerer 80-W-Typ zum Verzinnen und Löten der Luftspulen bereitzuhalten. Sollte darüber hinaus noch spezielles Werkzeug erforderlich sein, ist dieses im entsprechenden Abschnitt angegeben.

Bitte achten Sie bei der Bestückung unbedingt darauf, die Bauelemente auf die richtige Platinenseite zu löten. Die Spulenplatine ist deshalb extra gekennzeichnet, auch die Bilder lassen entsprechende Rückschlüsse zu.

Besonderes Augenmerk ist den mehrpoligen Platinensteckverbindern zu widmen (Stecker und Buchsen). Bei korrekter Bestückung haben deren (unterschiedlich dicke) Anschlüsse jeweils etwa 0,2 mm Spiel in den Bohrungen. Korrekturversuche mit Amateurmitteln nach dem Einlöten führen bei falsch bestückten mehrpoligen Bauteilen dieser Art meist zur Zerstörung der Platine.

Spulenplatine

Die Spulenplatine ist leicht auszumachen – sie ist die einzige, auf der sich keine SMD-Bauelemente befinden. Ihre Unterseite ist an den in der Mitte verlaufenden, parallelen Leiterzügen zu den Wicklungsanschlüssen der Relais erkennbar und zusätzlich mit einem Aufkleber gekennzeichnet.

Die beiden Dekaden sind exakt identisch. Die 20-nH-Spulen L301 und L321 sind als Leiterschleifen direkt auf der Platine realisiert. Die zehn Luftspulen jeder Dekade sind ein- oder zweilagig, freitragend oder auf entsprechende Spulenkörper aufgebracht. Sie werden vormontiert geliefert. Darüber hinaus befinden sich 22 Relais auf der Platine. Die HF-Verbindung zur Kondensator-Dekade wird über Messing-Abstandsbolzen realisiert, die Steuersignale gelangen über einen 14-poligen Steckverbinder zur Platine. Zwei Flachstecker an einer der Schmalseiten bilden den Anschluss für den Ausgang des Antennenkopplers. Der Bestückungsplan der Spulenplatine befindet sich im Anhang zur Baumappe.

Vor dem Einlöten der vorgefertigten Spulen sind diese gemäß Tabelle A2 (Anhang) auf die dort angegebene Windungszahl zu bringen und ihre Anschlüsse zum Einlöten vorzubereiten. Das bedeutet, dass gegebenenfalls Windungen abzuwickeln und die Anschlüsse so zu biegen sind, dass sie auf kürzestem Wege zur Platine führen. Dabei sind der Wickelsinn und die spätere Einbaulage zu beachten!

Wenn die Bearbeitungshinweise exakt eingehalten werden, ist ein Nachmessen der Induktivitäten vor dem Einbau nicht erforderlich. Solche Messungen können ohnehin nur grobe Richtwerte liefern, da die wirksame Induktivität der Spulen im eingebauten Zustand abweicht.

Um Fehler auszuschließen, wird die Einbauvorbereitung der Spulen im nächsten Abschnitt ausführlich beschrieben.

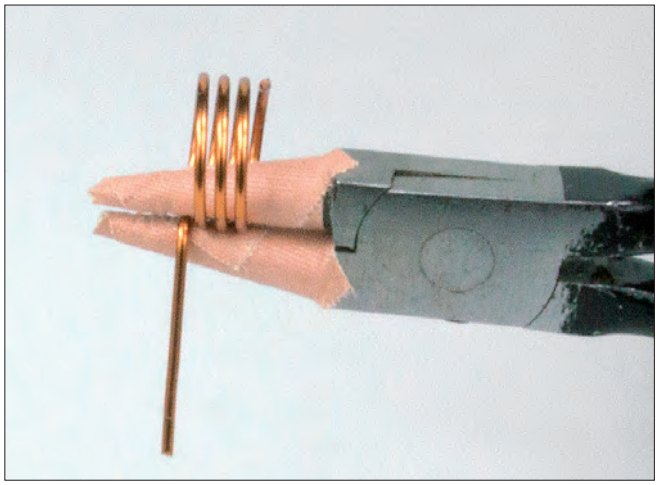


Bild 5: Mit der präparierten Zange lässt sich die Spule leichter halten und bearbeiten.

Bild 6: Um nicht das falsche Drahtende zu kürzen, sollte der Spulenkörper so gehalten werden, wie im Text beschrieben.

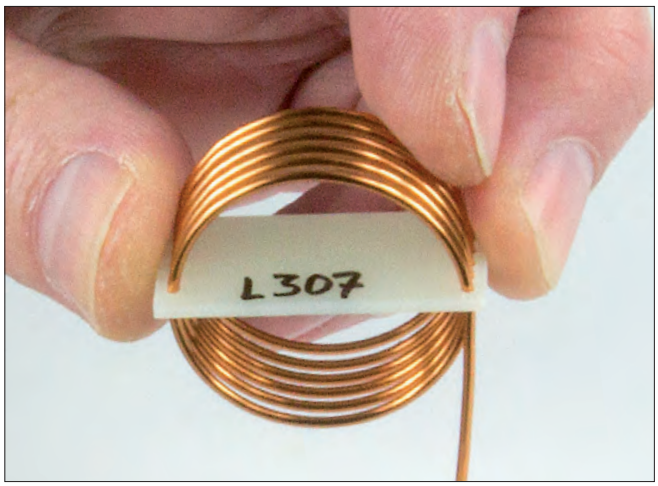


Bild 7: Das vordere Drahtende der Spule wird senkrecht nach unten gebogen …

Vorbereitung der Spulen zum Einbau

Der verwendete 1,25-mm-Spulendraht ist relativ hart und starr. Zur Bearbeitung sind ein stabiler Seitenschneider sowie eine entsprechende Rund- oder Flachzange erforderlich. Letztere sollte Backen ohne Riffelung aufweisen, damit die empfindliche Lackisolierung des Spulendrahtes nicht unnötig in Mitleidenschaft gezogen wird. Es hat sich bewährt, die Zangenbacken mit Heftpflaster zu umwickeln oder mit passendem Isolierschlauch zu überziehen (Bild 5). Zum Löten und Abisolieren/Verzinnen wird der 80-W-Lötkolben verwendet (siehe Kasten im Abschnitt Kondensatorplatine). Beim Hantieren mit den Spulen, die auf einem Spulenträger aufgewickelt sind, ist darauf zu achten, dass sich die Wicklungen im Spulenkörper nicht allzu sehr verdrehen. Es besteht sonst die Gefahr, dass später die erforderliche Kürzung der Anschlussdrähte an der falschen Stelle vorgenommen wird.

Im Folgenden unterscheiden wir zwischen freitragenden Spulen oder solchen mit Spulenkörper sowie „gespiegelten" Spulen, d. h. solchen, die zwar identisch aufgebaut sind, aber entgegengesetzten Wickelsinn haben. Es empfiehlt sich, alle gelieferten Spulen-Rohlinge vor der Bearbeitung nach diesen Kriterien vorzusortieren.

Freitragende Spulen

Diese Spulen haben keinen Spulenkörper. Die betreffende Spule ist mit einer Zange in Längsrichtung zu greifen und festzuhalten, während zunächst einer der Anschlussdrähte auf einer Länge von 20 mm gebogen und gerade ausgerichtet wird. Mit dem zweiten Anschlussdraht wird ebenso verfahren. Dabei ist die Einhaltung der Soll-Windungszahl gemäß Tabelle A2 zu beachten. Die Anzahl der den Anschlussdrähten gegenüberliegenden Drahtbögen entspricht der angegebenen Windungszahl der Spule.

Aus den Bildern im Anhang sind die beiden unterschiedlichen Methoden der Realisierung der Spulenanschlüsse zu erkennen (L302/L322 und L303/L323 einerseits sowie L304/L324, L305/L325 und L306/L326 andererseits). Anschließend sind beide Anschlüsse auf die gleiche Länge von etwa 20 mm zu bringen. Danach sind die Anschlüsse im letzten Arbeitschritt bis etwa 5 mm vor den Wicklungsanfang zu verzinnen. Zum Schluss werden die freitragenden Spulen durch vorsichtiges Ziehen oder Drücken auf die erforderliche Soll-Länge gebracht. Diese ist durch den Abstand der Bohrungen in der Platine vorgegeben. Die Spulen müssen sich später weitgehend frei von mechanischen Spannungen in die entsprechenden Löcher der Spulenplatine stecken lassen, die Anschlüsse sollten senkrecht stehen.
Wie bereits erwähnt, enthält der Anhang zu dieser Baumappe einige Bilder, auf denen die bearbeiteten freitragenden Luftspulen zu sehen sind.

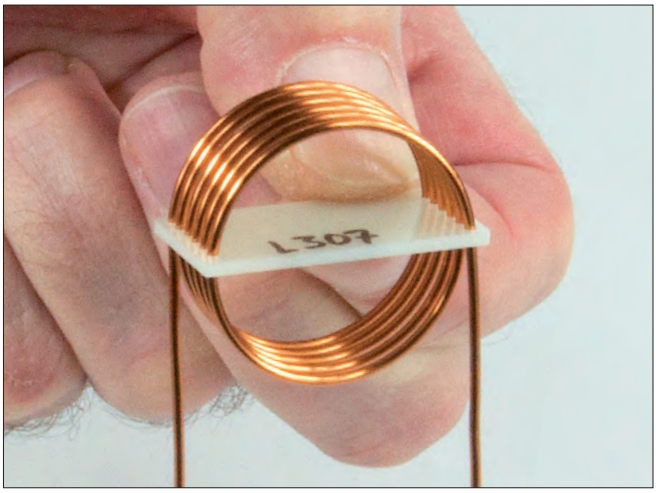


Bild 8: … und das hintere auf die gleiche Weise ausgerichtet.

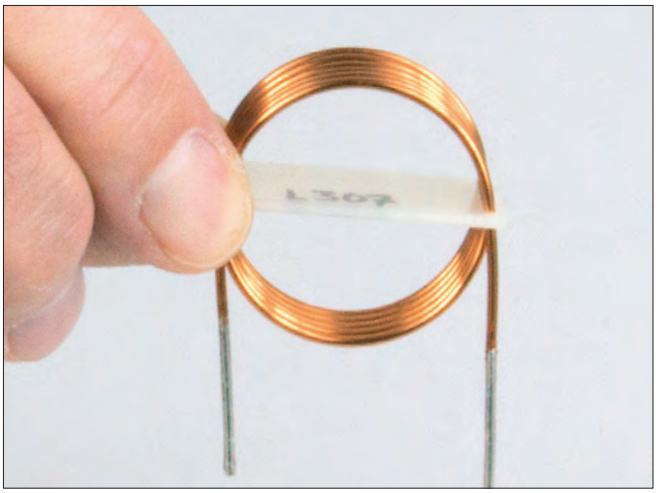


Bild 9: Fertig bearbeitete und verzinnte Luftspule L307

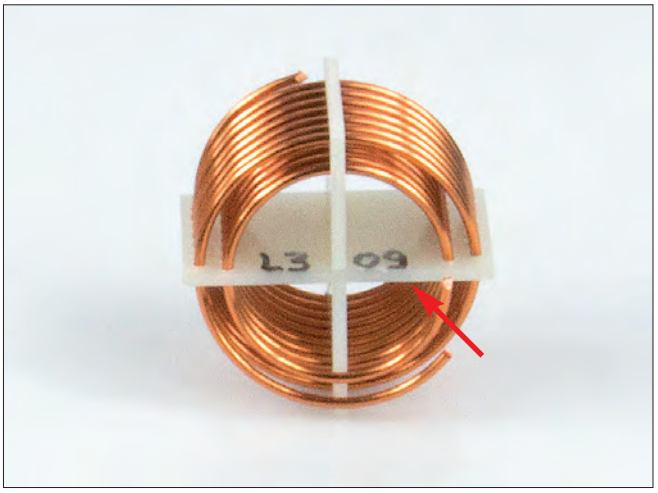


Bild 10: Ausgangslage des Spulenkörpers von L309 vor der Bearbeitung; die Beschriftung muss wie hier lesbar sein.

Spulen L307, L327, L308 und L328

Diese Spulen sind wie folgt zum Einbau vorzubereiten: Zunächst muss die Spule so gehalten werden, dass der Spulenkörper waagerecht liegt und die Beschriftung wie in Bild 6 lesbar ist. Das vordere Drahtende der Wicklung wird umgebogen und gerade ausgerichtet (Bild 7). Das hintere Drahtende ist auf die gleiche Weise auszurichten (Bild 8). Danach sind die Anschlüsse im letzten Arbeitsschritt bis etwa an den unteren Windungsbogen heran zu verzinnen.

Ein Beispiel für eine fertige Spule ist in Bild 9 zu sehen (hier L307). Die drei anderen Spulen werden nach dem gleichen Prinzip bearbeitet, dabei ist die Einhaltung der Windungszahl gemäß Tabelle A2 zu beachten.

Spulen L309 und L329

Die Spule L309 ist so zu halten, dass die Beschriftung wie in Bild 10 auf dem Spulenkörper lesbar ist. Anschließend ist der linke äußere Draht gerade nach unten zu biegen (Bild 11). Der Draht der inneren Wicklung ist im rechten unteren Viertel unmittelbar unterhalb des waagerechten Stegs zu kürzen (Pfeil) und mit etwas Abstand zur benachbarten Windung ebenfalls nach unten zu biegen (Bild 11).

Achtung – die dahinter liegende Wicklung darf dabei nicht beschädigt werden! Der Drahtrest ist aus dem Spulenkörper herauszufädeln, bevor dieser um 180° in der Waagerechten gedreht wird. Der zweite Anschluss der äußeren Wicklung entsteht durch Herausfädeln aus dem Spulenkörper und wird gerade nach unten gebogen.

Der zweite Anschluss der inneren Wicklung ist nur gerade nach unten zu biegen. In Bild 12 ist das Ergebnis zu sehen. Die Anschlussdrähte sind so zu kürzen, dass sie letztlich etwa 10 mm über den unteren Rand des Spulenträgers hinausragen. Dann werden sie verzinnt. Die zum Einbau vorbereitete Spule L309 ist in Bild 13 zu sehen.

L329 wird auf die gleiche Weise bearbeitet. Dabei ist jedoch zu beachten, dass sie einen anderen Wickelsinn hat und die Seitenangaben *rechts* und *links* daher entsprechend zu vertauschen sind. Wird z. B. bei L309 im *rechten* unteren Viertel gekürzt, so geschieht dies bei L329 im *linken* unteren Viertel.

Spulen L310 und L330

Die Spule L310 ist so zu halten, dass die Beschriftung wie in Bild 14 auf dem Spulenkörper lesbar ist. Der Draht der äußeren Wicklung ist aus dem unteren Teil des senkrechten Spulenträgers herauszufädeln und geradezubiegen.
Der Draht der inneren Wicklung wird einfach gerade nach unten gebogen (Bild 15), anschließend dreht man den Spulenkörper in der Waagerechten um 180°.

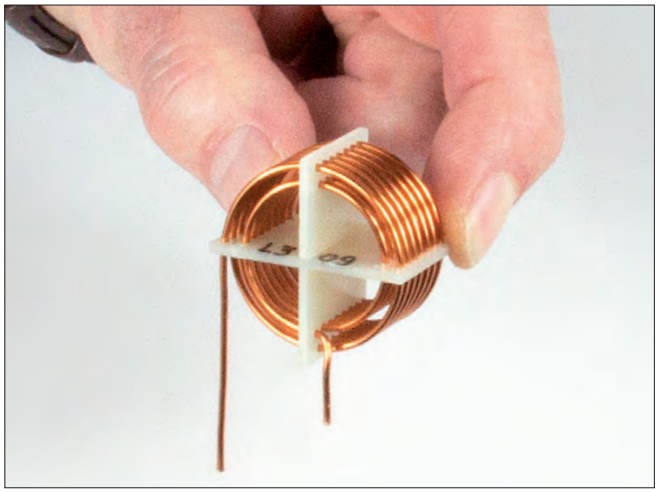


Bild 11: L309 mit den ersten beiden vorbereiteten Anschlüssen …

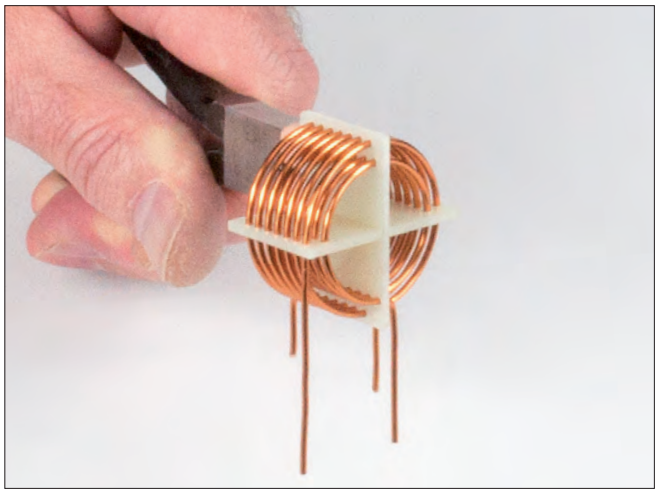


Bild 12: … und mit den zweiten Anschlüssen der inneren und äußeren Wicklung

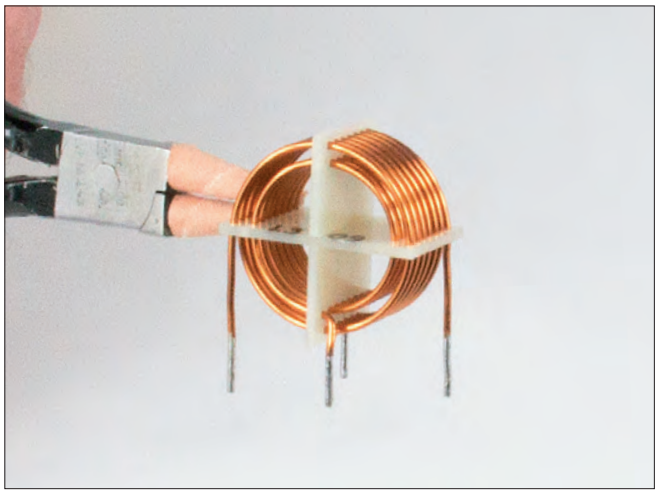


Bild 13: Fertig bearbeitete Spule L309 vor dem Einbau

Der zweite Anschluss der äußeren Wicklung ist gerade nach unten zu biegen und der Draht der inneren Wicklung im Viertel unten links unterhalb des waagerechten Teils des Spulenträgers wie in Bild 16 (Pfeil) zu kürzen. **Achtung** – bitte nicht die dahinter liegende Wicklung beschädigen! Der Drahtrest wird herausgefädelt und der zweite Anschluss der inneren Wicklung mit etwas Abstand zur nächsten Windung gerade nach unten gebogen (Bild 16). Die fertig zurechtgebogenen Anschlussdrähte sind wie bei L309/L329 auf etwa 10 mm zu kürzen und zu verzinnen. In Bild 17 ist die einbaufertige Spule L310 zu sehen.

L330 wird auf die gleiche Weise bearbeitet. Hier gelten dieselben Hinweise bezüglich der Seitenangaben wie bei L309/L329.

Spulen L311 und L331

Die Spule L311 ist so zu halten, dass die Beschriftung wie in Bild 19 auf dem Spulenkörper lesbar ist. Die äußere Wicklung ist im Viertel oben links und die innere im Viertel oben rechts an den in Bild 19 mit schwarzem Punkt und Pfeil gekennzeichneten Stellen zu kürzen. In Bild 20 ist L311 nach Kürzung der äußeren und inneren Wicklung zu sehen.

Die beiden Drahtenden werden auf etwa 10 mm verzinnt und wie in Bild 21 zurechtgebogen. Aus den Drahtresten vorangegangener Kürzungen sind nun zwei etwa 45 mm lange gerade Anschlussdrähte herzustellen, die an beiden Enden etwa 15 mm verzinnt werden. Diese Drähte sind an die beiden zurechtgebogenen Wicklungs-enden der äußeren und inneren Wicklung anzulöten. In Bild 22 ist das Ergebnis zu sehen.

Zur Bearbeitung der anderen Anschlüsse wird die Spule um 180° gedreht. Der Draht der äußeren Wicklung ist oberhalb des waagerechten Stegs des Spulenträgers nach vorn zu biegen. An gleicher Stelle unterhalb des Stegs ist der Draht der inneren Wicklung zu kürzen (Bild 23) und ebenfalls nach vorn zu biegen. Nachdem auch diese beiden Anschlüsse verzinnt und etwas gekürzt wurden, sieht L311 so aus, wie in Bild 24.

L331 ist prinzipiell auf die gleiche Weise zu bearbeiten, wobei auch hier wieder die entsprechenden Hinweise wie zu L309/L329 zu beachten sind.

Bestückung der Spulenplatine

Zunächst werden alle Spulen mit Ausnahme von L311 und L331 auf der Platinen**unterseite** bestückt (Bild 25) und anschließend die beiden Flachstecker X311 und X312 auf der Platinen**oberseite** eingelötet. Die Spulen dürfen nicht auf der Platine aufliegen, die äußeren Windungen der großen Exemplare (≥1 μH) sollten 1 … 2 mm Abstand zur Platine haben, die der kleinen 5 … 8 mm.

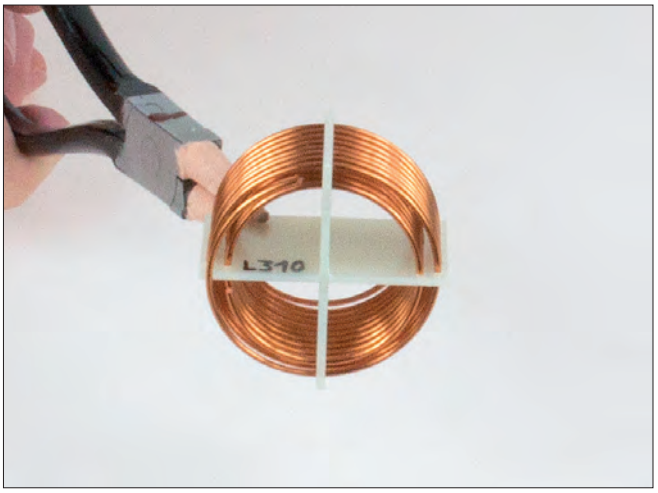


Bild 14: Ausgangslage des Spulenkörpers L310 vor der Bearbeitung

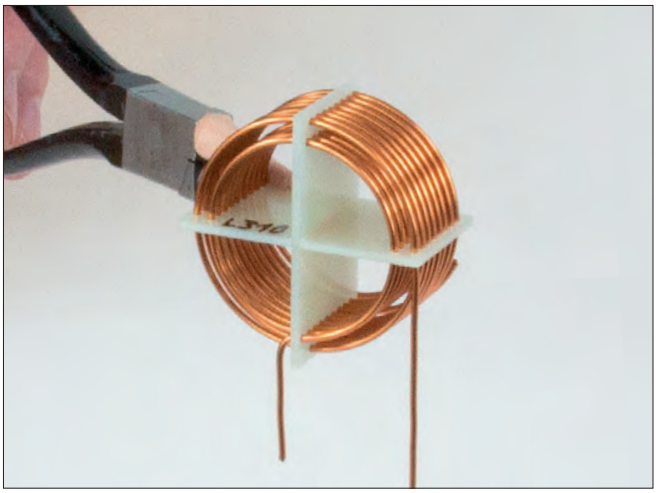


Bild 15: L310 mit den ersten vorbereiten Anschlüssen

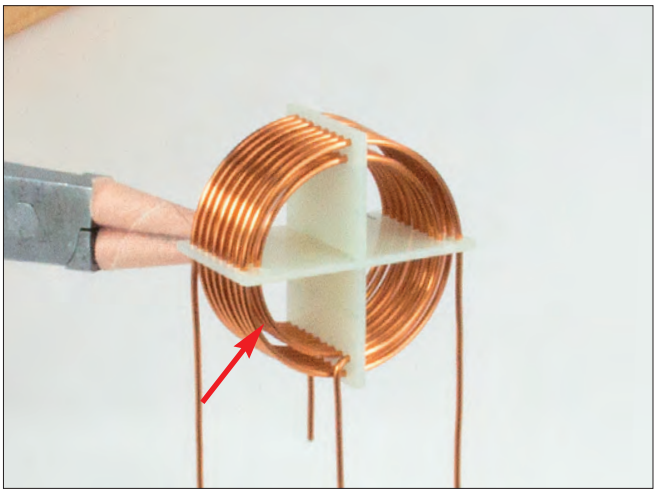


Bild 16: L310 mit den zweiten Anschlüssen der äußeren und inneren Wicklung

Danach sind die 22 Relais auf die Platine aufzulöten, es folgen die Spulen L310 und L330 auf der Platinen**oberseite** (Bild 27). Diese beiden Spulen werden mit einem Abstand von etwa 2 mm zur Platinenoberfläche eingelötet, um Platz für die darunterliegende Lötstelle zu haben (Bild 26).

Erst ganz zum Schluss werden L311 und L331 eingelötet. **Die Reihenfolge der Spulenbestückung ist wichtig, da nicht alle Lötstellen nach dem Bestücken noch gleichermaßen gut zugänglich sind.**

Die Stiftleiste X308 ist zunächst noch nicht einzulöten. Nachdem die genannten Bauelemente aufgelötet wurden, sind die drei 60-mm-Abstandsbolzen M4 auf die Unterseite der Spulenplatine zu montieren. Dazu dienen drei Schrauben M4 × 8 mit passenden Federscheiben.

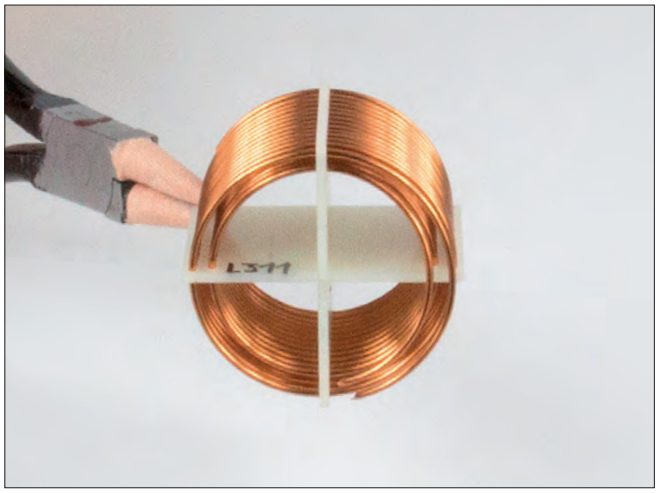


Bild 18: Ausgangslage des Spulenkörpers von L311 vor der Bearbeitung

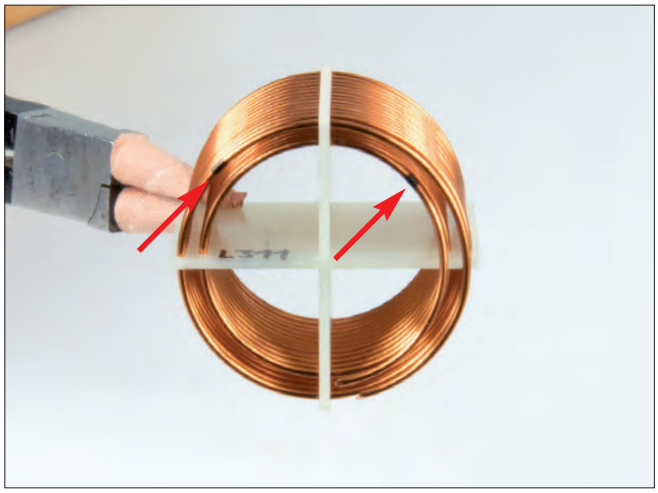


Bild 19: Die Schnittstellen der äußeren und inneren Wicklung sind mit Punkten markiert.

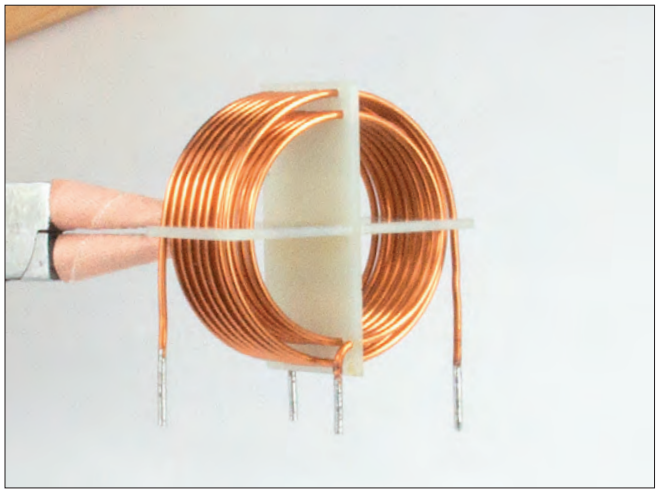


Bild 17: Fertig bearbeitete Spule L310

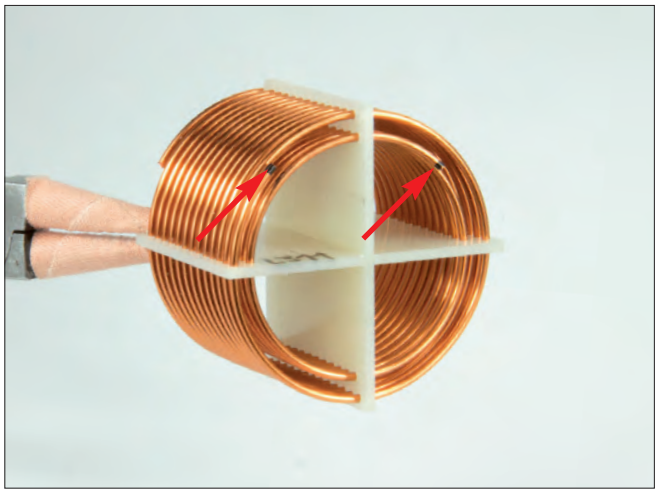


Bild 20: L311 nach dem Kürzen der äußeren und inneren Wicklung

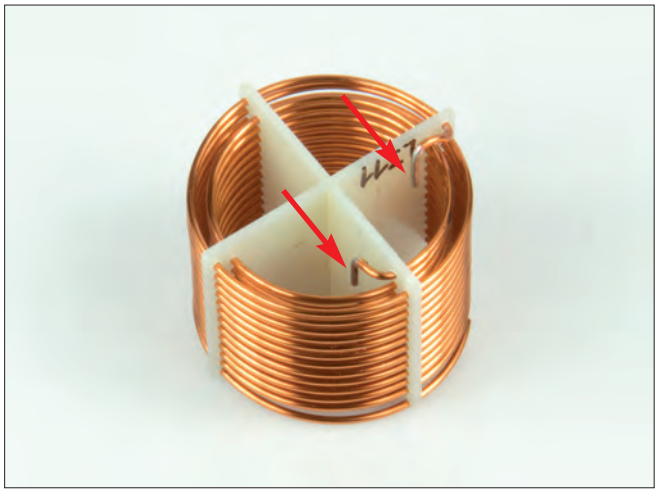


Bild 21: Gebogene und verzinnte Drahtenden der äußeren und inneren Wicklung

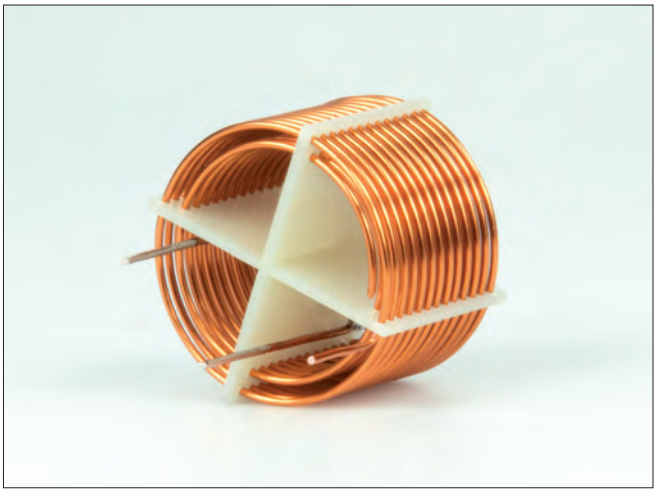


Bild 23: Gebogener zweiter Anschluss der äußeren und gekürzte innere Wicklung

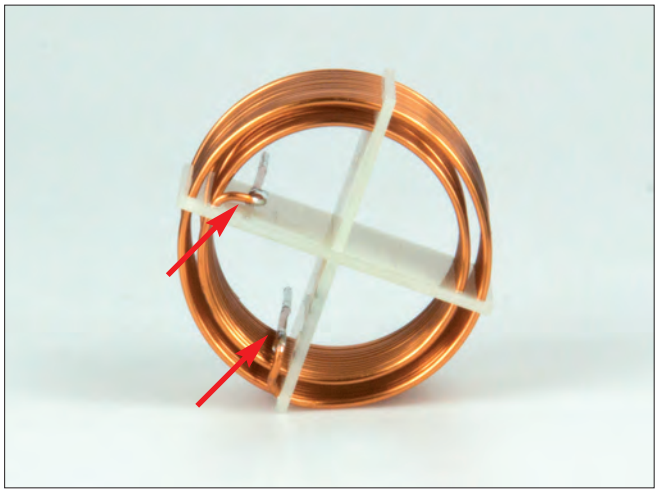


Bild 22: Beide Wicklungen mit angelöteten Anschlussdrähten

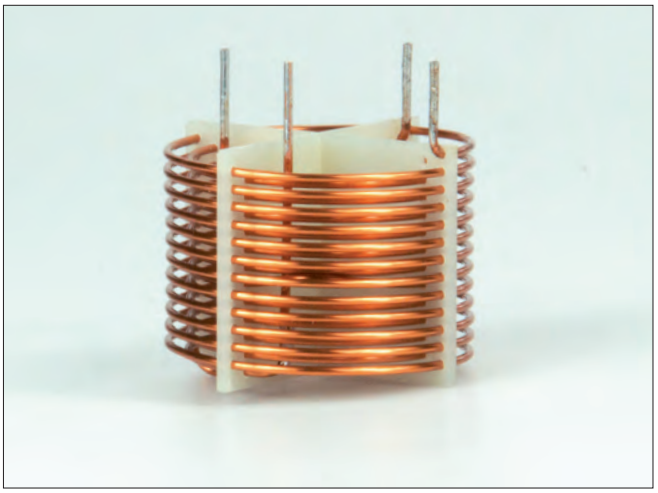


Bild 24: Zum Einbau vorbereitete Spule L311 mit verzinnten Anschlussdrähten

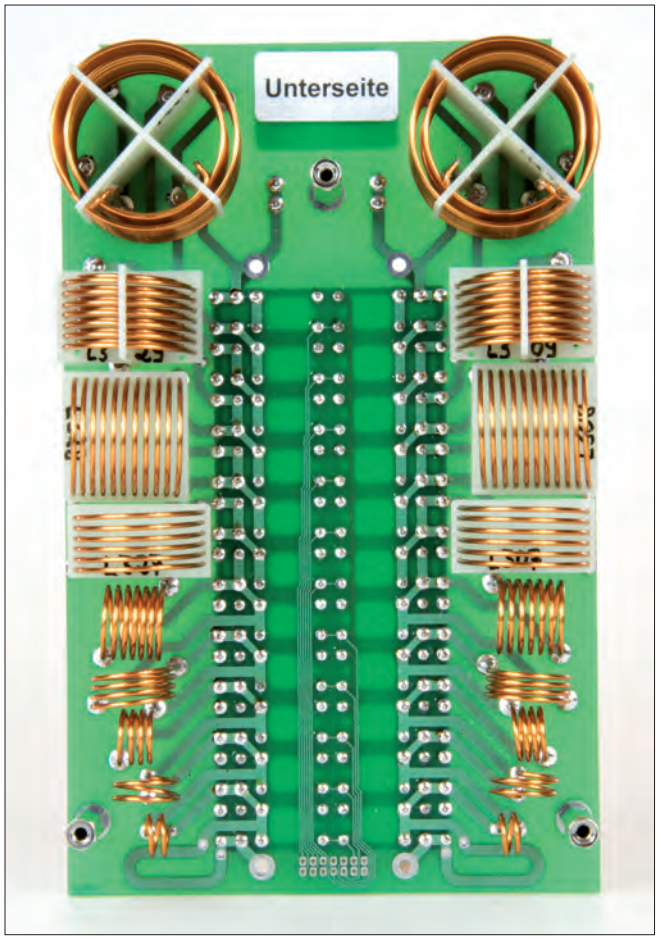


Bild 25: Bestückte Unterseite der Spulenplatine, die beiden großen Spulen L311 und 331 werden erst zum Schluss eingelötet.

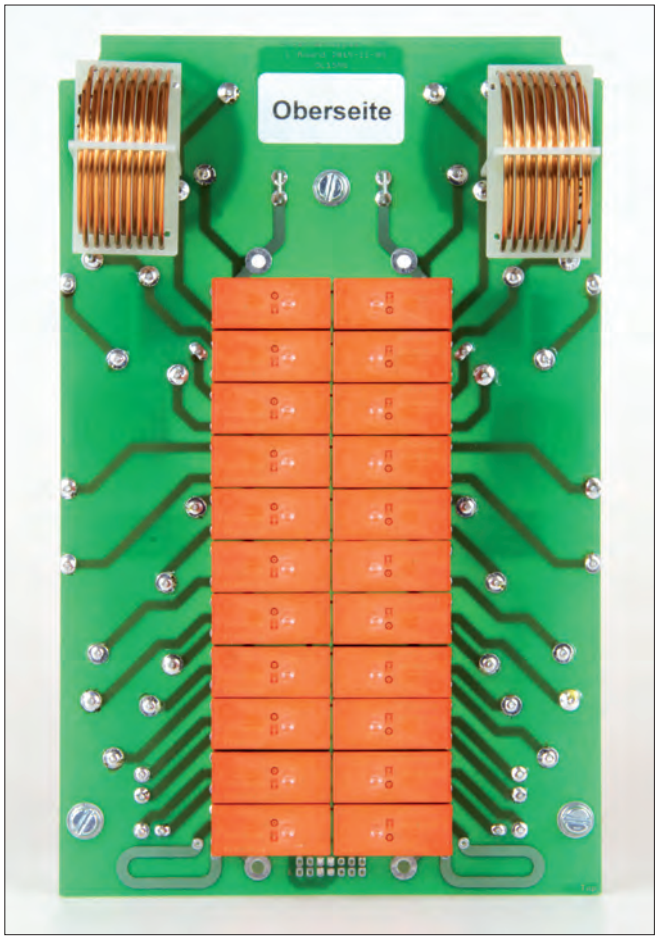


Bild 27: Bestückte Oberseite der Spulenplatine; hier befinden sich sämtliche Relais und die Spulen L310 und L330.

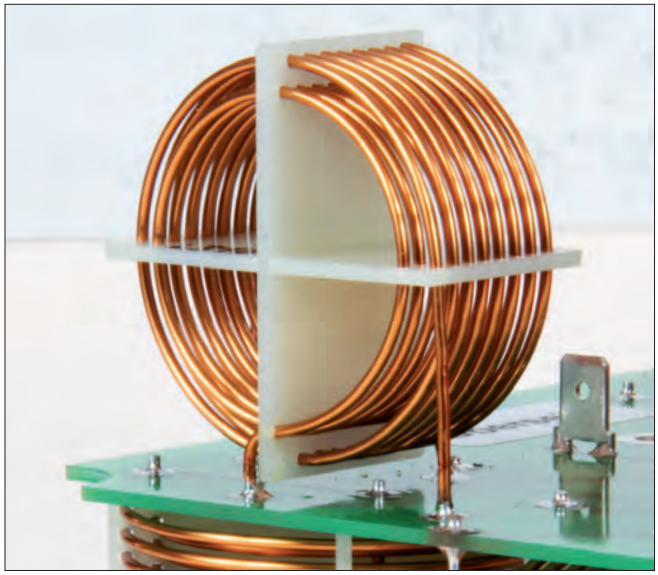


Bild 26: L310 und L330 haben einen Abstand von etwa 2 mm zur Platinenoberfläche

Kondensatorplatine

Auf der Kondensatorplatine befinden sich die hochspannungsfesten SMD-Keramikkondensatoren der C-Dekaden, der Leistungs-Balun, der Messwandler des SWV-Messkopfes und die Eingangsbuchse des Antennenkopplers. Die SMD-Bauelemente sind bereits vorbestückt. Die elektrische Verbindung zur Spulenplatine wird über vier Metallbolzen und eine 14-polige Stiftleiste hergestellt, die zur Controllerplatine über drei 10-polige und eine 14-polige Stiftleiste. Bevor die Kondensatorplatine bestückt wird, müssen die beiden Übertrager T201 (Messwandler) und T202 (Balun) hergestellt werden.

Die Primärwicklung von T201 wird von einem 50 mm langen Stück Koaxialkabel RG316 gebildet. Dessen Schirm ist später **einseitig** über einen kurzen Draht an die daneben befindliche Lötfahne anzuschließen. Keinesfalls dürfen Schirmdrähtchen Kontakt zum zentralen Lötauge unter dem Übertrager haben.

In Bild 28 ist der schematische Aufbau des vorbereiteten Koaxialkabelstücks für die Primärwicklung zu sehen. Das insgesamt 50 mm lange Kabelstück ist an beiden Seiten auf 11 mm abzuisolieren. Das Kupfergeflecht des Schirms wird einseitig verdrillt und verzinnt sowie an der anderen Seite vollständig und sauber mit einem scharfen Seitenschneider oder einer kleinen Schere abgeschnitten. Danach sind beidseitig je 6 mm des Innenleiters abzuisolieren und zu verzinnen. In Bild 29 ist das Ergebnis zu sehen.

T201 hat zwei Sekundärwicklungen, jede davon auf einem separaten Ringkern FT37-43. Wicklung W1 auf dem ersten Kern hat 44 Windungen 0,3-mm-Kupferlackdraht (Bild 30), auf der Kerninnenseite dicht an dicht und ohne Überkreuzung gewickelt. Zum Bewickeln benötigt man ein etwa 60 cm langes Drahtstück.

Achtung! Ein Durchgang des Drahts durch den Ringkern **entspricht einer Windung**.

Verzinnen von Kupferlackdrähten

Zunächst ist die Lackisolation mit einem sehr heißen Lötkolben und reichlich Lot zu behandeln, jeweils am Drahtende beginnend. Allerdings verbrennt dabei das im Lot enthaltene Flussmittel sehr schnell und auf dem betreffenden Draht bilden sich verkohlte Rückstände. Diese kann man entfernen, indem man die Lötkolbentemperatur wieder auf einen normalen Wert zurückstellt und mit dem Lötkolben dann am vorverzinnten Draht unter erneuter reichlicher Lotzugabe entlangfährt. (Es sollte dabei kein bleifreies Lot verwendet werden!)
Mit dickem Küchenpapier werden die abgestreiften Rückstände von der Lötkolbenspitze entfernt.

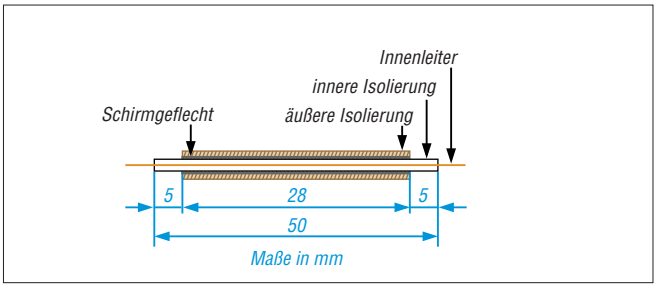


Bild 28: Aufbau der Primärwicklung des Übertragers T201

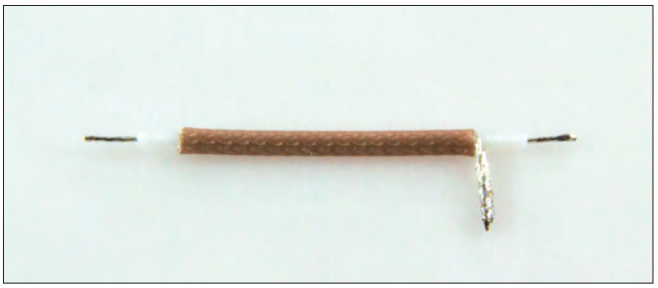


Bild 29: Das aus RG316 hergestellte Kabelstück bildet später die Primärwicklung des Messwandlers T201.

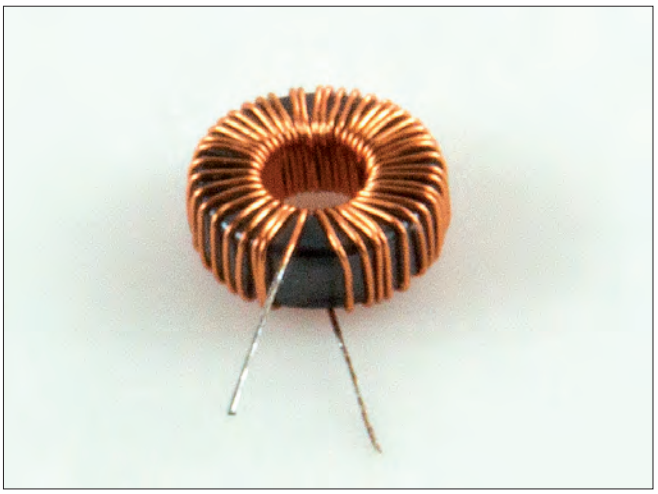


Bild 30: Bewickelter Ringkern 1 (W1) des Übertragers T201

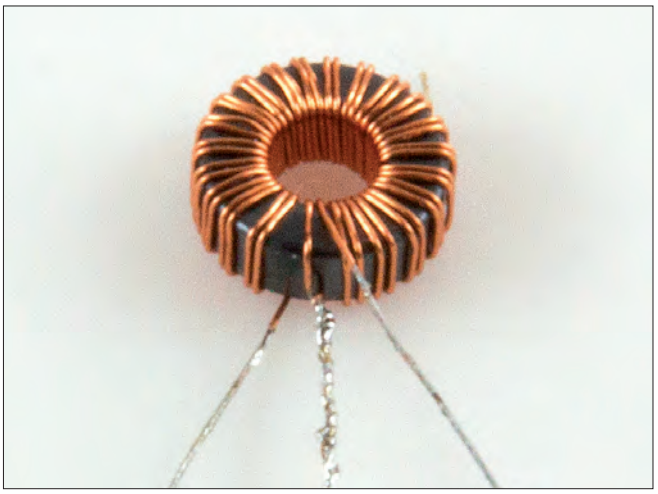


Bild 31: Bewickelter Ringkern 2 (W2) von T201 mit Mittelanzapfung

W2 auf dem zweiten Ringkern besteht aus 2 × 22 Windungen (bifilar) 0,3-mm-Kupferlackdraht und hat eine Mittelazapfung. Die Wicklungen sind jeweils gleichmäßig über den Kernumfang zu verteilen.

Für die Herstellung der Wicklung W2 ist zunächst ein 70 cm langes Stück 0,3-mm-Kupferlackdraht zu halbieren. Zum Aufbringen der Wicklung wird der Ringkern am besten in einen kleinen Tischschraubstock mit gummibelegten Backen gespannt. Dann hat man beide Hände zum Wickeln frei, kann die Drahtenden schön festziehen und die Wicklungen sauber parallel nebeneinander aufbringen. Die Windungen dürfen sich keinesfalls überkreuzen. Nachdem etwa die Hälfte gewickelt ist, öffnet man den Schraubstock und dreht den Kern um 120°, bevor man ihn wieder einspannt.

Die Drahtenden werden zunächst mit einem sehr heißen Lötkolben bis 5 mm an den Ringkern sauber verzinnt (siehe Kasten Seite 13). Mithilfe eines Durchgangsprüfers sind die zusammengehörigen Drähte zu ermitteln. Das Ende des Drahtes, mit dem die Wicklung begonnen wurde, wird im Folgenden *Anfang* und das Gegenstück *Ende* genannt. Nun wird das verzinnte Ende des ersten Drahtes mit dem Anfang des zweiten verdrillt und verlötet. Damit ist die Mittelanzapfung des Übertragers hergestellt (Bild 31). Wichtig ist, dass T201 später richtig gepolt eingelötet wird, andernfalls sind Vor- und Rücklaufspannung vertauscht.

Der Balun T202 hat insgesamt 20 Windungen RG316 auf einem Ringkern FT140-43. Zum Bewickeln ist der Kern senkrecht zu halten und das Koaxialkabel von hinten etwa 15 mm durch den Kern zu führen. Dieses Ende ist anschließend nach unten zu biegen. Diese erste Windung wird mit einem Kabelbinder fixiert. Danach sind zehn Windungen gleichmäßig nebeneinander im Uhrzeigersinn auf den Kern aufzubringen; auch hier gilt: ein Durchgang durch den Kern entspricht einer Windung. Dann wird das lange Ende des Kabels diagonal durch den Kern geführt und das Aufwickeln des Kabels wie in Bild 35 gezeigt fortgesetzt. Auf diese Weise sind die restlichen zehn Windungen aufzubringen. Das Ende wird ebenfalls mit einem Kabelbinder befestigt. Zum Schluss werden die beiden Kabelenden des RG316 so wie in Bild 36 zu sehen gekürzt und abisoliert (Außenisolierung 10 mm, Innenleiter 5 mm).

Bei der Bestückung hat sich die nachstehend aufgeführte Reihenfolge bewährt. Zuerst wird der Flachstecker X202 aufgelötet, es folgen alle 17 Relais und der Lötstützpunkt X2. Die Relais sind zunächst an zwei diagonal gegenüberliegenden Lötstellen zu fixieren. Beim Nachlöten werden sie dann auf die Platine gedrückt, damit sie plan aufsitzen. Wenn ihre jeweiligen Positionen korrekt sind, sind die restlichen Anschlüsse anzulöten.

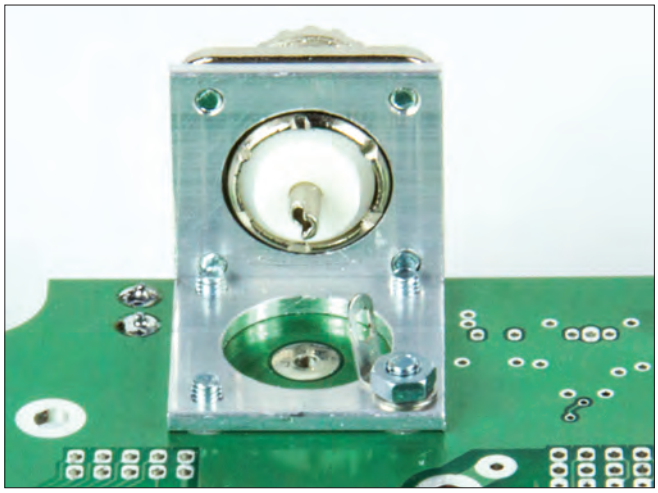


Bild 32: Fertig montierte Flanschbuchse auf der Kondensatorplatine

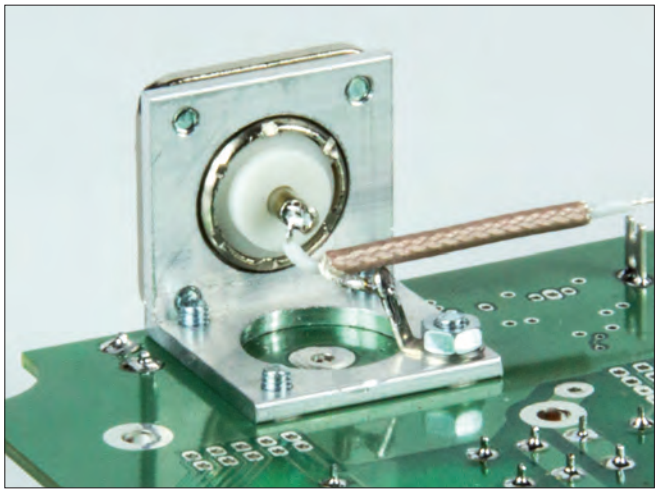


Bild 33: Eingebaute Primärwicklung des Messwandlers T201

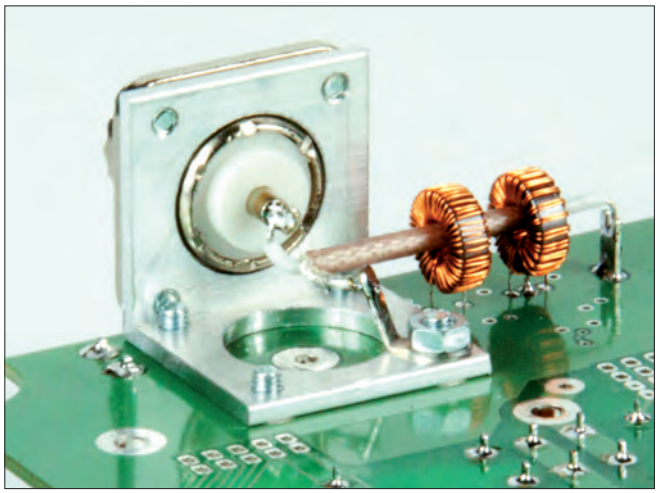


Bild 34: Messwandler im eingebauten Zustand

Die PL-Flanschbuchse X201 ist mit Zylinderschrauben M3 × 4 von außen auf einem Schenkel des mitgelieferten Befestigungswinkels zu montieren. Die abgeflachte Seite des Lötkelchs des Innenleiters muss von hinten gesehen nach links zeigen, wie in Bild 32. Der Winkel wird anschließend mit drei Zylinderschrauben M3 × 6 und drei Federscheiben auf die Platine geschraubt. Die vierte Schraube M3 × 8 ist etwas länger und erhält zusätzlich zur Federscheibe eine Mutter mit untergelegter Lötfahne und einer weiteren Federscheibe (Bild 32).
Achtung! Die Schrauben müssen gefühlvoll angezogen werden, um das Gewinde des Aluminiumwinkels nicht zu zerstören.Die Lötfahne bildet später den Masseanschluss des Messwandlers T201.

Der Einbau des Messwandlers geschieht wie folgt: Zunächst wird die vorbereitete Primärwicklung (RG316, siehe Bild 29) entsprechend Bild 33 eingelötet. Danach sind die beiden bewickelten Ringkerne auf die Primärwicklung zu fädeln, zuerst W1 mit der einfachen Wicklung und danach W2 mit der Bifilarwicklung. Die insgesamt fünf Anschlüsse der Wicklungen werden in die jeweiligen Bohrungen gesteckt und angelötet. Der komplett eingebaute Messwandler T201 ist in Bild 34 zu sehen.

Der Balun T202 wird auf der Platinenunterseite mithilfe des mitgelieferten Kabelbinders senkrecht stehend befestigt. Die Kabelenden des Übertragers werden durch die entsprechenden Löcher der Platine gefädelt und auf der Platinenoberseite verlötet. Bilder 37 und 38 zeigen den eingebauten Balun. Der Anschluss des Außenleiters neben der Stiftleiste X209 ist mit versilbertem Kupferdraht herzustellen, er wird aber zunächst nur auf der Platine angelötet, um die Lötstellen von X209 zugänglich zu halten.

Anschließend wird die Buchsenleiste X208 auf der Platinenunterseite (dort, wo sich der Balun befindet) mit zwei Lötpunkten zunächst provisorisch aufgelötet. Sie befindet sich unmittelbar neben dem Bestückungsplatz der Stiftleiste X209, die ebenfalls 14-polig ist, aber auf der anderen Platinenseite bestückt werden muss. Bitte nicht verwechseln! Es ist darauf zu achten, dass die Relaisgehäuse nicht mit dem Lötkolben berührt werden. Die vier Stiftleisten X209 bis X212 auf der Platinenoberseite werden erst später bestückt.

Zum Schluss sind die vier 20-mm-Abstandsbolzen auf der Platinenunterseite mit Kreuzschlitzschrauben M3 × 6 und Federscheiben sowie die drei 30-mm-Abstandsbolzen auf der Platinenoberseite zu montieren (Bild 39).

Der 30-mm-Abstandsbolzen aus Polyamid kommt in die Mitte der Platine. Zur Befestigung sind Schrauben M3 × 8 und passende Federscheiben vorgesehen. Die Metallbolzen werden mit Schrauben M3 × 6 und Federscheiben fixiert.

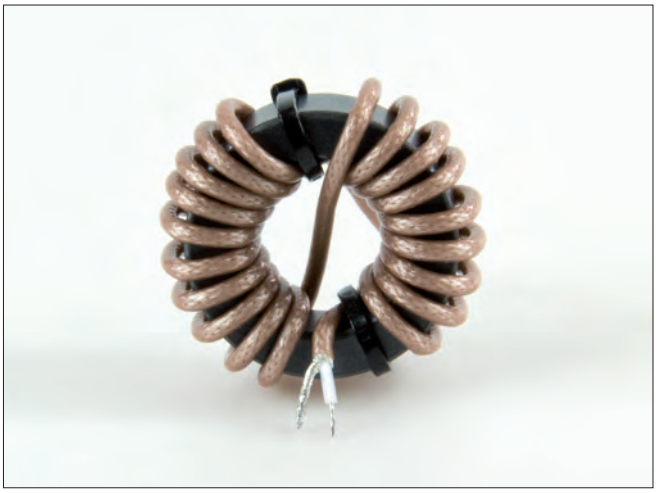


Bild 35: Vorderseite von T202 mit abisoliertem Kabelende

Bild 36: Rückseite des Übertragers T202 mit dem zweiten abisolierten Anschluss

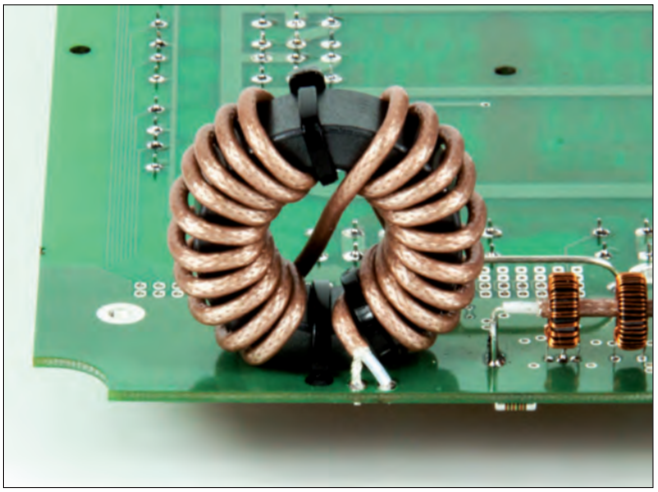


Bild 37: Fertig montierter und eingebauter Balun T202, Vorderansicht

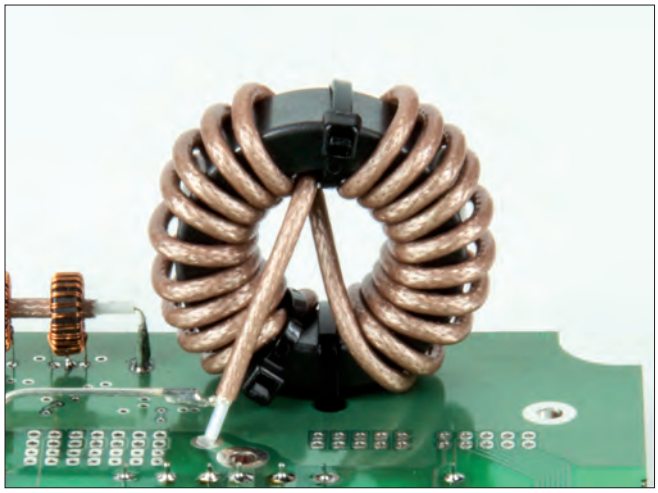


Bild 38: Rückansicht des eingebauten Baluns T202

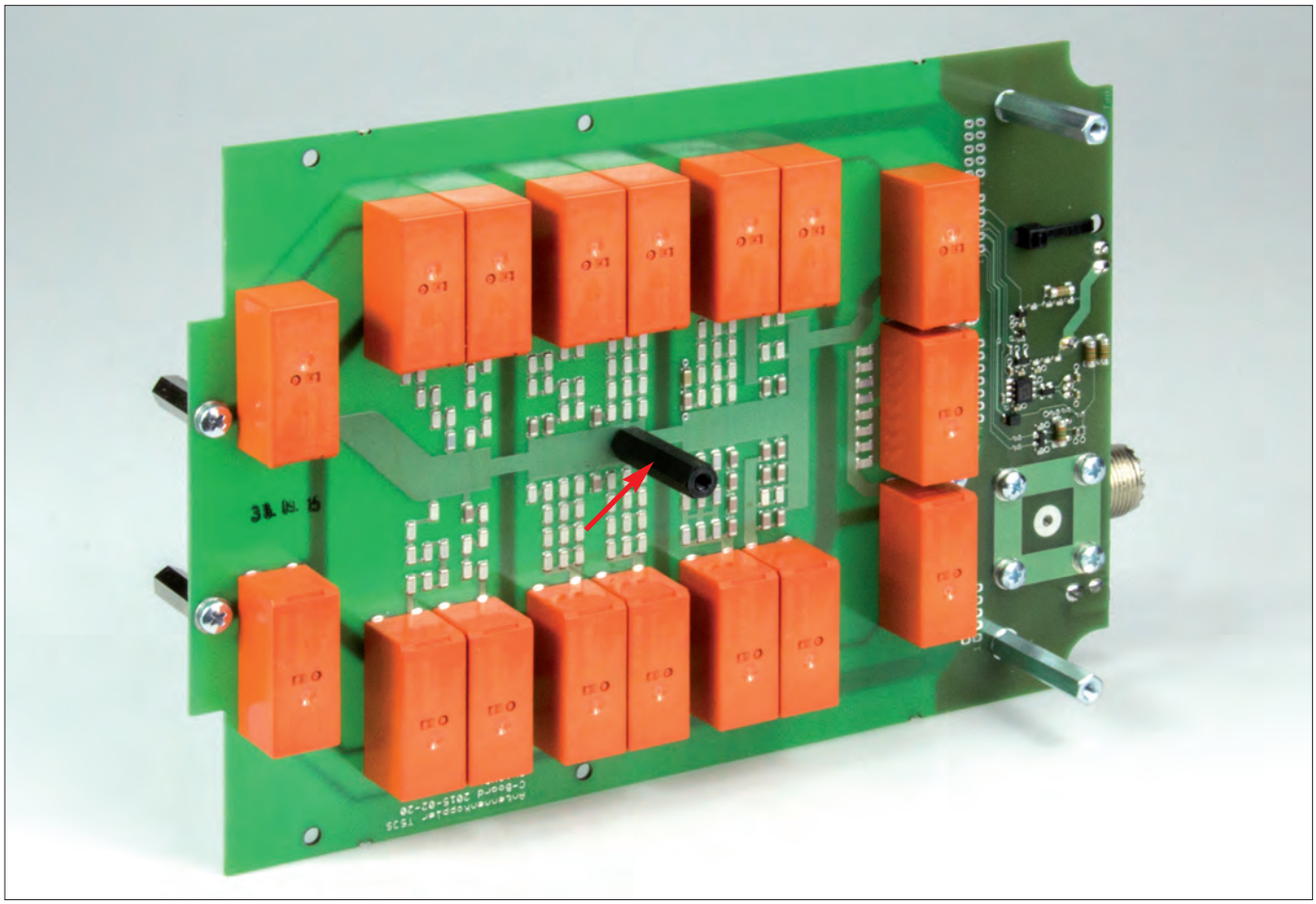


Bild 39: Oberseite der bestückten Kondensatorplatine; dort befinden sich auch die 30-mm-Abstandsbolzen, der mittlere (Pfeil) besteht aus Kunststoff; die vier 20-mm-Abstandsbolzen befinden sich auf der Unterseite, die Stiftleisten zur Verbindung mit der Controllerplatine fehlen noch.

Controllerplatine

Zentrales Bauelement der Controllerplatine ist der programmierte Mikrocontroller vom Typ ATmega32. Darüber hinaus befinden sich die Treiberschaltkreise zur Ansteuerung der Relais und die Schnittstellen-ICs für den RS485-Anschluss auf dieser Leiterplatte. Kapazitätsarme Drosseln halten hochfrequente Störspannungen von der Steuerelektronik fern, Elektrolytkondensatoren puffern die Betriebsspannung und fangen Stromspitzen ab, die beim Schalten der Relais entstehen. Die SMD-Bauelemente sind bereits vorbestückt.

Zuerst werden die 220-μH-Drosseln eingelötet, anschließend der Quarz, die vier Treiberschaltkreise MIC5841 und die drei Testpfosten. Es folgen die 40-polige IC-Fassung für den Mikrocontroller und die beiden Spannungsregler 78L06 und 7824 . Die Montagefläche von N4 (7824) ist zuvor mittels Entlötlitze von überschüssigem Lot zu befreien. Sie sollte anschließend weitestgehend plan sein. Etwaige braune Rückstände der Entlötlitze lassen sich mit Spiritus, Waschbenzin oder Nitro-Universalverdünner abwischen. N4 wird mit einer Kreuzschlitzschraube M3 × 6 einschließlich Federscheibe und Mutter M3 befestigt.

Die Einbaulage gemäß Bestückungsplan ist dabei unbedingt zu beachten. Das Gleiche gilt für die nun folgende Bestückung der Elektrolytkondensatoren.

Die Klemmleiste für externe Relais bietet zusätzliche Schaltmöglichkeiten mithilfe der entsprechenden Buttons der PC-Bedienoberfläche. Der im Schaltplan eingezeichnete Programmiersteckverbinder X7 wird nicht benötigt, da der Mikrocontroller bereits im programmierten Zustand geliefert wird. Dann ist die RJ45-Datenbuchse X10 auf der Platinenunterseite zu bestücken. X9 bleibt unbestückt.

Die vier Buchsenleisten X5, X6, X8 und X12 kommen ebenfalls auf die Platinenunterseite und werden zunächst mit je zwei Lötstellen provisorisch fixiert.

In den Bildern 40 und 41 ist die fertig aufgebaute Controllerplatine zu sehen.

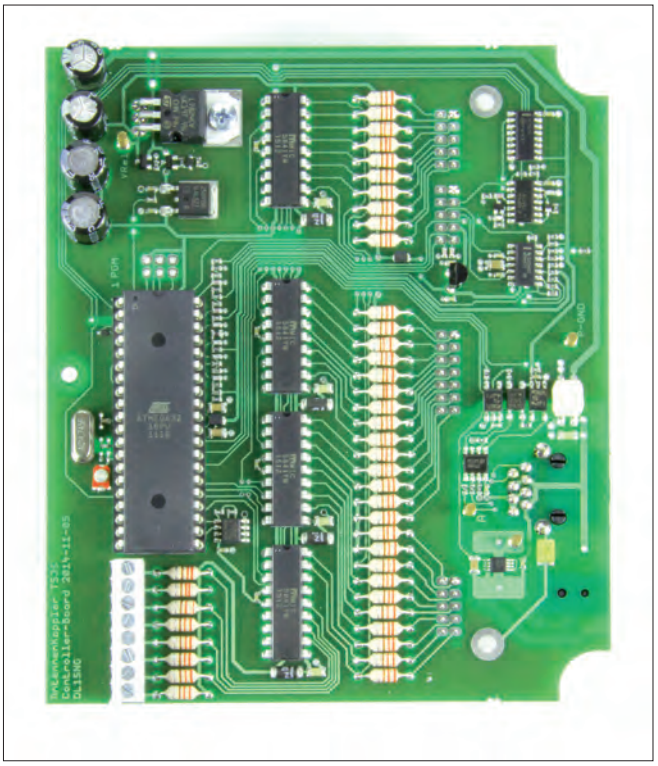


Bild 40: Oberseite der bestückten Controllerplatine; hier befinden sich fast alle Bauelemente.

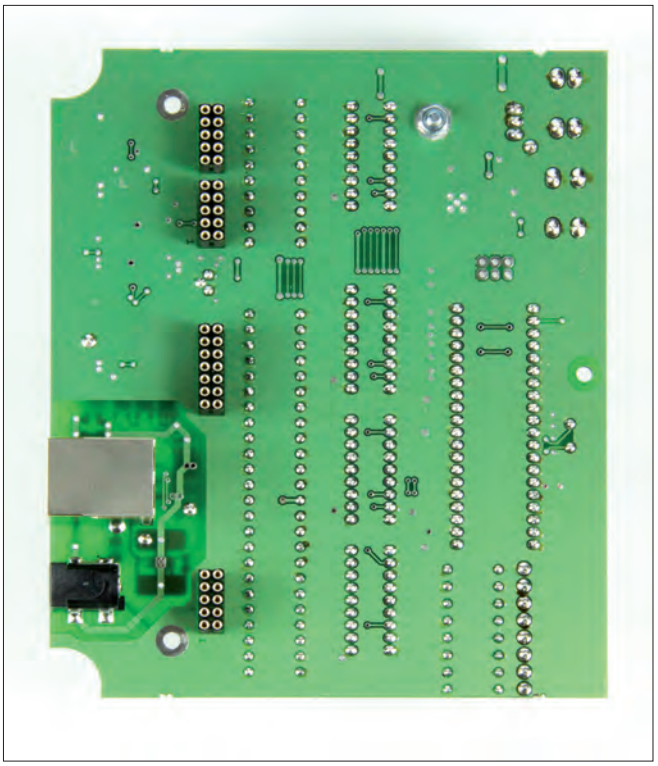


Bild 41: Unterseite der Controllerplatine mit den Buchsenleisten zur Verbindung mit der Kondensatorplatine (X9 bleibt unbestückt)

Platinensteckverbinder

Da das Einlöten der Platinensteckverbinder wegen der möglichen Verwechslungsgefahr und der präzisen mechanischen Ausrichtung relativ kritisch ist, erfolgt dies in einem separaten Arbeitsschritt. Hinsichtlich der jeweils richtigen Bestückungsseite sind neben den Hinweisen im Text auch die Bestückungspläne sowie die ergänzenden Bilder der Platinen im Anhang zu beachten.

Die mehrpoligen Buchsenleisten wurden bereits auf der Controller- und der Kondensatorplatine provisorisch fixiert. Sie sollten jeweils flach auf der Platine aufliegen und nicht schief sitzen.

Zur Herstellung der elektrischen Verbindung von Spulen- und Kondensatorplatine wird die Stiftleiste X308 mit der Seite, die die langen Stifte aufweist, in die Buchse X208 der Kondensatorplatine gesteckt. Anschließend sind Spulen- und Kondensatorplatine mithilfe der vier Bolzen X204 bis X207 und acht Schrauben miteinander zu verbinden. Gleichzeitig ist die Stiftleiste X308 mit ihrer Lötseite in die entsprechenden Bohrungen der Spulenplatine einzufädeln. Zum Schluss ist der korrekte Sitz der Verbindungselemente zu überprüfen. Es darf nichts schief sitzen oder schwergängig sein, Stift- und Buchsenleiste müssen bis zum Anschlag mit ihrer Lötseite in den Bohrungen stecken. Korrekturen sind jetzt noch relativ leicht möglich. Wenn alles richtig sitzt, werden Stift- und Buchsenleiste des Platinensteckverbinders vollständig und sauber verlötet. Achtung – die Relais dürfen dabei nicht mit dem heißen Lötkolben berührt werden.

Anschließend sind beide Platinen wieder voneinander zu trennen. Im Weiteren sollte man darauf achten, dass die offene Stiftleiste nicht versehentlich verbogen wird.

Prinzipiell das Gleiche geschieht nun beim Einbau der Stiftleisten X209 bis X212 der Kondensatorplatine. Letztere ist mit der Controllerplatine zu verschrauben, nachdem die vier Stiftleisten seitenrichtig in die Buchsen der Controllerplatine gesteckt und mit ihren Lötanschlüssen in die Bohrungen der Kondensatorplatine gefädelt wurden. Wiederum ist auf exakten Sitz und korrekte Ausrichtung zu achten, bevor die Platinensteckverbinder sauber und vollständig verlötet werden. Nun wird auch der elektrische Anschluss des HF-Eingangs komplettiert, indem der versilberte Kupferdraht an den Außenleiter der Balunwicklung aus RG316 angelötet wird (Bild 38). Anschließend sind auch diese beiden Platinen zunächst wieder zu trennen.

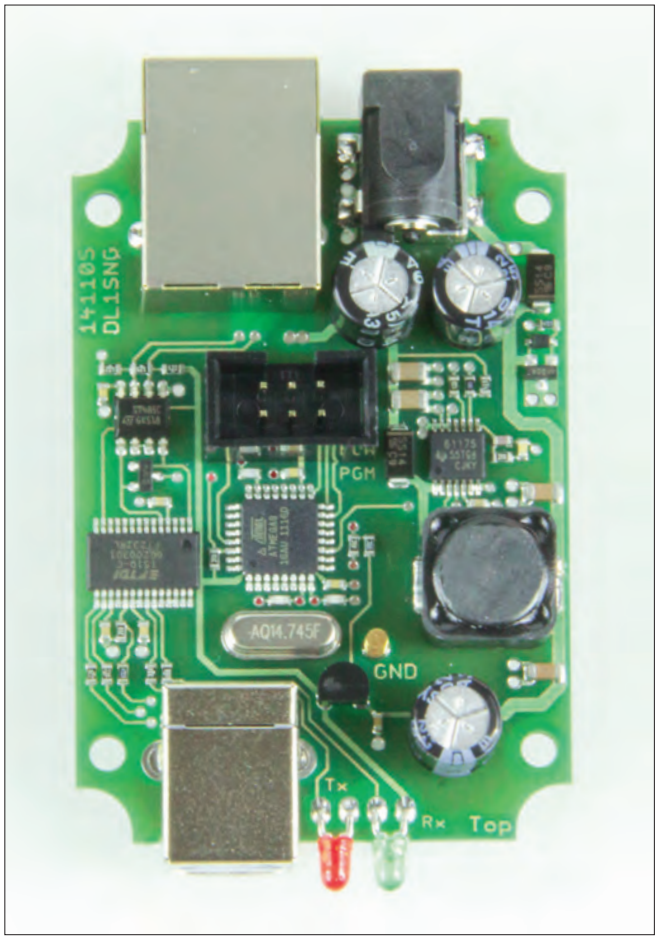


Bild 42: Fertig bestückte Interface-Platine

Interface-Platine

Der Aufbau der Interface-Platine ist relativ schnell bewerkstelligt. Es sind lediglich die drei Anschlussbuchsen X401 (zuerst bestücken!), X402 und X404, drei Elektrolytkondensatoren, der Testpfosten sowie der Spannungsregler und die beiden LEDs zu bestücken. Die rote LED befindet sich unmittelbar neben X402, der Katodenanschluss beider LEDs (kurzer Draht) ist von vorn gesehen links. Die LED-Anschlussdrähte sind so zu biegen, dass der LED-Körper etwa 4 mm über den Platinenrand hinausragt. In Bild 42 ist die aufgebaute Interface-Platine zu sehen.

Bevor die Platine in das kleine schwarze Kunststoffgehäuse eingebaut wird, empfiehlt sich ein kleiner Funktionstest. Dazu ist die Platine mit 12 V Betriebsspannung zu versorgen und mittels USB-Verbindungskabel an den PC oder Laptop anzuschließen, der später auch für die Steuerung des Antennenkopplers benutzt werden soll. Das Betriebssystem sollte nun ein neues USB-Gerät erkennen und einen möglicherweise schon vorhandenen Treiber automatisch installieren. Sollte Letzteres nicht funktionieren, kann die auf der mitgelieferten CD befindliche Treibersoftware zur Installation benutzt werden. Sie befindet sich im Verzeichnis *Treiber* und stammt vom Hersteller des Schnittstellenschaltkreises. In der aktuellen Version ist sie bei [2] verfügbar. Wenn das neue USB-Gerät ordnungsgemäß installiert wurde, hat das Betriebssystem einen virtuellen COM-Port eingerichtet, der in der Systemsteuerung sichtbar ist. Obwohl das PC-Programm diesen Port später automatisch finden sollte, ist es zweckmäßig, sich dessen Nummer zu notieren.

Wenn die Interface-Platine wie beschrieben funktioniert, ist sie in die Unterschale des Kunststoffgehäuses einzusetzen und mit den vier kurzen Blechschrauben zu befestigen (Bild 43). Die anschließend aufgesetzte Oberschale wird mit den längeren Blechschrauben festgeschraubt (Bild 44). Das PC-Interface ist nun einsatzbereit.

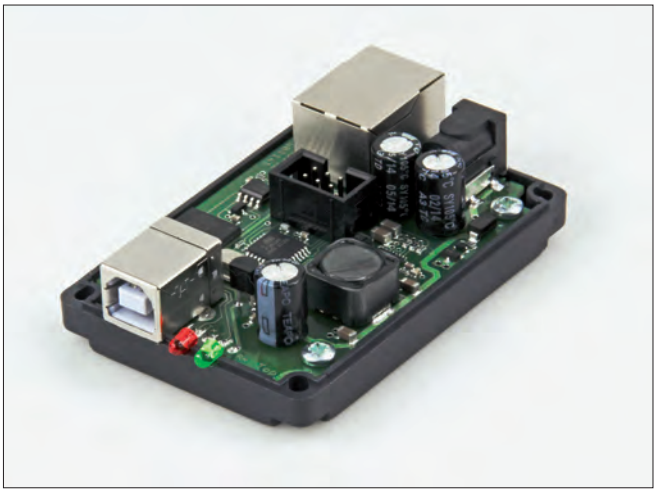


Bild 43: Die Interface-Platine wird mit vier Schrauben im Gehäuseunterteil befestigt.

Bild 43: Fertig montierte Interface-Box, auf der Rückseite befinden sich die Anschlüsse für die Betriebsspannung und das Steuerkabel zum Antennenkoppler.

Zusammenbau

Zur Vorbereitung der Inbetriebnahme des Antennenkopplers sind die drei bestückten Platinen miteinander zu verbinden. Dazu wird die Spulenplatine mit den M4-Gewindebolzen nach unten auf die Arbeitsfläche gestellt und die Kondensatorplatine vorsichtig aufgesteckt und anschließend verschraubt. Auf die Kondensatorplatine wiederum ist die Controllerplatine aufzusetzen. Dabei ist sehr umsichtig vorzugehen und darauf zu achten, dass wirklich alle Stifte der drei Steckverbinder korrekt in den Buchsen sitzen und kein Stift beim Aufstecken verbogen wird. Abschließend wird die Controllerplatine an den drei Gewindebolzen der Kondensatorplatine festgeschraubt.

Die Elektronik des Antennenkopplers bildet nun eine relativ stabile und kompakte Einheit.

Gehäuseeinbau

Zum späteren Anschluss der Durchführungsisolatoren an die Spulenplatine des Kopplers sind zwei 4,5 cm lange Kabel aus isolierter 2-mm^2-Kupferlitze vorzubereiten. An das eine Ende wird ein 5-mm-Kabelschuh und an das andere eine 6,3-mm-Flachsteckhülse gelötet (Bild 45).

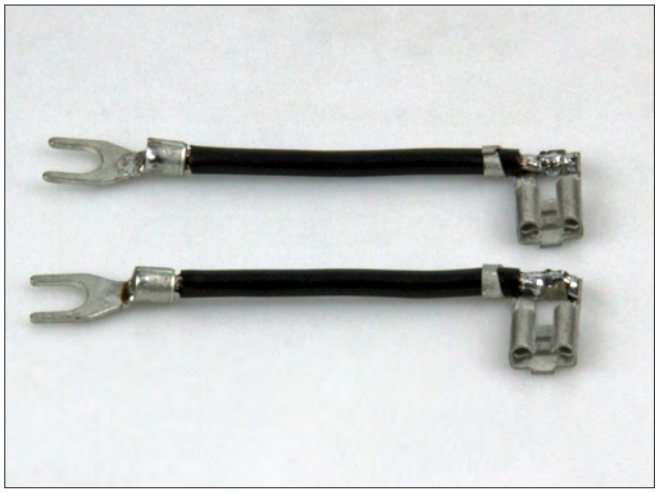


Bild 45: Vorbereitete Kabel für den Anschluss des Mittelstifts der Durchführungsisolatoren

Obwohl es im Hinblick auf eine mögliche Fehlersuche zweckmäßig ist, die Inbetriebnahme im demontierten Zustand vorzunehmen, kann es nicht schaden, den Koppler zunächst einmal komplett zusammenzubauen, um die Vollständigkeit und Passgenauigkeit der Teile zu prüfen.

Die zusammengesetzten Platinen der Koppler-Elektronik werden mithilfe von drei M4-Gewindebolzen im Gehäuse befestigt. Diese befinden sich bereits auf der Unterseite der Spulenplatine und werden durch die drei Löcher mit drei M4 × 8-Schrauben nebst Unterlegscheiben an der Gehäuserückwand verschraubt.

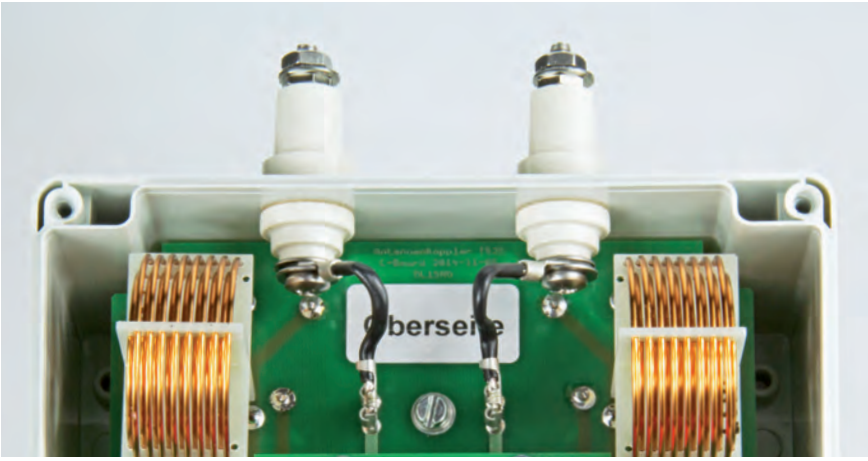


Bild 46:
Eingebaute und angeschlossene Durchführungsisolatoren

Nach dem Einsetzen der Kopplerplatinen in das Gehäuse sind die beiden Hochspannungs-Durchführungsisolatoren einzubauen. Die keramischen Isolatoren werden mit Unterlegscheiben aus Pappe geliefert. Diese sollen verhindern, dass die Keramik beim Festziehen der Muttern zerspringt. Trotzdem ist beim Befestigen Vorsicht geboten! Eine der Scheiben ist innen, die andere an der Gehäuseaußenseite unterzulegen. Ihre Dichtungswirkung lässt sich erhöhen, wenn sie vor dem Einsatz mit einer hauchdünnen Schicht Silikonpaste bestrichen werden. In Bild 46 sind die beiden Durchführungsisolatoren und die bereits montierten Verbindungskabel im eingebauten Zustand zu sehen.

Anschließend werden die Gewindebolzen der beiden keramischen Durchführungsisolatoren mit den beiden 4,5 cm langen Kabelstücken an die Spulenplatine angeschlossen (Bild 47). Zum Schluss werden der gelbe Aufkleber mit dem roten Hochspannungskennzeichen und der Typenschild-Aufkleber angebracht (Bild 48).

Anmerkung: Die Durchbrüche für die Steckverbinder an der Unterseite des Kopplers sind so dimensioniert, dass viele der üblichen Steckerausführungen problemlos hindurchpassen. Falls das im Einzelfall jedoch nicht zutreffen sollte, kann der betreffende Gehäusedurchbruch mit einem geeigneten Werkzeug entsprechend angepasst werden. Der Kunststoff ist relativ weich und kerbempfindlich, daher ist mit Vorsicht zu arbeiten.

Bild 47: Fertig montierter Antennenkoppler mit abgenommenem Gehäusedeckel; die Erdungskabel der Kondensator- und Controllerplatine sind noch nicht angeschlossen.

Inbetriebnahme

Zur Inbetriebnahme des Kopplers einschließlich Funktionstest existiert eine separate Anleitung, in der auch die Installation der Software und die Bedienung des Kopplers bzw. der Abstimmvorgang beschrieben werden.

Bild 48: Antennenkoppler mit aufgesetztem Gehäusedeckel

Installations- und Montagehinweise

Anstatt aus einem gesonderten Netzteil kann die Stromversorgung des Kopplers beim Betrieb aus dem 13,8-V-Stationsnetzteil erfolgen. Eine zweipolige rot-schwarze Anschlussleitung mit einem Querschnitt von 2 × 0,75 mm² ist zu empfehlen. Der zur Inbetriebnahme (siehe dort) am Labornetzteil empfohlene Stütz-Elektrolytkondensator erübrigt sich dann. Die Interface-Box sollte in der Nähe von PC und Stations-Netzteil untergebracht werden. Die USB-Verbindungsleitung mit einem Stecker der Bauform B vom PC zur Interface-Box wurde bereits erwähnt. Eine Länge von 5 m darf nicht überschritten werden.

Der Antennenkoppler ist in einem gegen Regen abgedichteten Gehäuse aus wetterfestem Polycarbonat untergebracht und für die Montage im Freien, speziell am Fußpunkt der HF-Zweidraht-Speiseleitung zum Dipol vorgesehen. Er ist in senkrechter Position zu montieren. Durch die an der Unterseite befindlichen Kabeldurchführungsöffnungen darf kein Wasser oder Schnee eindringen. Der Aufbauort sollte so gewählt werden, dass der Antennenkoppler keiner direkten Sonnenbestrahlung ausgesetzt ist.

Idealerweise sollte an dieser Stelle ein gut geerdeter Metallmast stehen, der den Dipol in der Mitte trägt. Mithilfe zweier M8-Schrauben durch die Rückwand (beidseitig mit Kotflügelscheiben DIN 522) und zwei Rohrschellen sollte das Gehäuse in etwa 0,8 m Höhe am Mast montiert werden, und zwar so, dass die beiden Durchführungsisolatoren nach oben zeigen, bzw. die Buchsen für HF-Koaxialkabel, Netzwerkkabel und die flache Steckfahne für den Erdanschluss von unten zugänglich sind. Dieser Erdanschluss ist über eine möglichst kurze, dicke Leitung (2,5 mm²) und eine Schelle unmittelbar unter dem Gehäuse mit dem geerdeten Metallmast zu verbinden.

Die Montage des Kopplers an Stellen, an denen keine Erdverbindung mit weniger als 1 m Länge zur tatsächlichen Erde zur Verfügung steht, ist auf keinen Fall zu empfehlen. Das betrifft z. B. Montageorte wie die Spitze eines Mastes, den Dachboden oder ein Garagendach. Erdleitungen, die hierhin geführt werden müssen, sind zu hochohmig bzw. könnten im Fall einer λ/4-Resonanz auf dieser Leitung sogar vollkommen wirkungslos bleiben. Die Folge wären HF-Störungen durch Mantelwellen auf der Steuerleitung, die mit hoher Wahrscheinlichkeit Fehlfunktionen bei PC und Koppler auslösen.

Über ein handelsübliches achtpoliges Netzwerkkabel der Kategorie *5e* wird eine Verbindung zwischen der Interface-Box im Shack und dem Koppler unter der Antenne hergestellt. Vom HF-Anschluss am Transceiver der Station ist ein HF-Koaxialkabel ausreichender Qualität und Länge bis zur Anschlussbuchse an der Unterseite der Koppler-Baugruppe zu verlegen. Diese Leitung sowie das zuvor genannte Netzwerkkabel dürfen bis zu 100 m lang sein.
Sofern beim Netzwerk- und Koaxialkabel nicht irgendwelche, gegen Nässe ungeschützten Zwischenstecker vorhanden sind, können beide direkt im Erdreich verlegt werden. Auf diese Weise erfolgt auch die bestmögliche Bedämpfung etwaiger Mantelwellen. Der Einfachheit halber dürfen dann beide Leitungen mit Kabelbindern zusammengefasst werden. Bei der Gefahr von Mäusefraß sollte man die Kabel in Schutzrohren aus Kunststoff verlegen. Der Anschluss der Zweidraht-Speiseleitung („Hühnerleiter“) erfolgt an den beiden Durchführungsisolatoren auf der Oberseite des Antennenkopplers. Die Verwendung passender, verzinnter Kabelschuhe in Gabelform verbessert die Zuverlässigkeit der Kontaktgabe. Ein zusätzlicher Wetterschutz der blanken Kontaktflächen mithilfe von Polklemmenfett ist zu empfehlen.

Wenn der Koppler außerhalb eines Gebäudes angebracht wird, ist er mit einer Blitzschutzerdung zu versehen, die den einschlägigen Bestimmungen entspricht. Beim Heranziehen eines Gewitters ist die Zweidrahtleitung zur Antenne abzuklemmen, um Schäden durch Überspannung oder Blitzschlag zu vermeiden.

Es ist sicherzustellen, dass während des Sendebetriebs das Berühren spannungsführender Drähte, insbesondere durch unbeteiligte Personen ausgeschlossen ist.

Mindestens einmal jährlich ist der Antennenkoppler auf festen Sitz aller Montageteile, Unversehrtheit des Gehäuses und aller Anschlüsse sowie Sauberkeit im Inneren zu überprüfen. Verschmutzungen sind zu entfernen, korrodierte Teile gegebenenfalls auszutauschen. Sicherheitsrelevante Anschlüsse und Leitungen müssen unbeschädigt und die betreffenden Verschraubungen fest sein.
Bei längerer Nichtbenutzung sollte der Antennenkoppler demontiert und an einem sauberen und trockenen Ort gelagert werden.

Viel Spaß und Erfolg beim Aufbau und bei der Nutzung des Antennenkopplers!

shop@funkamateur.de

Literatur

[1] Graubner, N., DL1NSG: Ferngesteuerter symmetrischer Antennenkoppler für 200 W. FUNKAMATEUR 64 (2015) H. 7, S. 762–765; H. 8, S. 864–867; H. 9, S. 979–982
[2] Treibersoftware für die virtuelle COM-Schnittstelle: *www.ftdichip.com/FTDrivers.htm*

Versionsgeschichte zur Bauanleitung

Version 160425 – Ursprungsversion V1.0
Version 160426 – Korrektur Stückliste

Tabelle A1: Stückliste der im Bausatz enthaltenen Teile (Teil 1)

Kurzzeichen	Typ/Wert	Anzahl	Baugruppe	Anmerkung
C404, C420	220 µF/25 V	2	PC-Interface	
C35, C51, C418	47 µF/63 V	3	Controllerplatine, PC-Interface	
C55, C56	470 µF/10 V	2	Controllerplatine	
D1…D4	Treiber-IC MIC5841YN	4	Controllerplatine	
D7	Atmega 32-16 DIP	1	Controllerplatine	programmiert
(D7)	IC-Fassung, 40-polig	1	Controllerplatine	
L1…L23, L25…L43	Drossel 220 µH	42	Controllerplatine	
N401	UA 78L05	1	PC-Interface	
N4	UA 7824	1	Controllerplatine	
N2	L78L06	1	Controllerplatine	
V404	LED, 3 mm, grün	1	PC-Interface	
V405	LED, 3 mm, rot	1	PC-Interface	
Q1	Quarz 14,7456 MHz	1	Controllerplatine, PC-Interface	
TP1…TP4, TP401	Testpfosten	5	Controllerplatine, PC-Interface	
X10, X404	RJ45-Buchse, geschirmt	2	Controllerplatine, PC-Interface	
X1	Anschlussklemme, 8-polig	1	Controllerplatine	
X2	Lötstützpunkt	1	Kondensatorplatine	
X403	Wannenstecker, 6-polig	1	PC-Interface	bereits vorbestückt
X401	DC-Buchse 2,1 mm	1	PC-Interface	
(X401)	Hohlstecker 2,1 mm	1	PC-Interface	
X402	USB-B-Buchse	1	PC-Interface	
X201	PL-Buchse, Flansch	1	Kondensatorplatine	
(X201)	Winkel für PL-Buchse	1	Kondensatorplatine	
X5, X208	Buchsenleiste BL6-14	2	Controllerplatine, Kondensatorplatine	
X6, X8, X12	Buchsenleiste BL6-10	3	Controllerplatine	
X209	Steckerleiste SL6/223-14	1	Kondensatorplatine	
X210… X212	Steckerleiste SL6/223-10	3	Kondensatorplatine	
X308	Steckerleiste SL6/121-14	1	Spulenplatine	
X202	Flachstecker (hor.)	1	Kondensatorplatine	
X311, X312	Flachstecker (vert.)	2	Spulenplatine	
K201…K217, K301…K311,				
K321…K331	Relais RT424024	39	Kondensatorplatine, Spulenplatine	
T201	Ringkern FT 37-43	2	Kondensatorplatine	
(T201)	0,3 mm CuL	130 cm	Kondensatorplatine	
T202	Ringkern FT 140-43	1	Kondensatorplatine	
(T201, T202)	RG-316U	100 cm	Kondensatorplatine	
(T202)	Kabelbinder 140 mm × 2,5 mm	3	Kondensatorplatine	
(T202)	CuAg 1,0mm	4 cm	Kondensatorplatine	
	Lötöse 3 mm	1	Kondensatorplatine	
X204-X207	Abstandsbolzen M3/20	4	Kondensatorplatine	
X215, X216	Abstandsbolzen M3/30	2	Kondensatorplatine	
X213	Abstandsbolzen M3/30, Polyamid	1	Kondensatorplatine	
GEH17-GEH19	Abstandsbolzen M4/40	3	Spulenplatine	
L302, L322	40 nH	2	Spulenplatine	vorgefertigt
L303, L323	80 nH	2	Spulenplatine	vorgefertigt
L304	160 nH-re	1	Spulenplatine	vorgefertigt
L324	160 nH-li	1	Spulenplatine	vorgefertigt
L305	320 nH-li	1	Spulenplatine	vorgefertigt
L325	320 nH-re	1	Spulenplatine	vorgefertigt
L306	603 nH-re	1	Spulenplatine	vorgefertigt
L326	603 nH-li	1	Spulenplatine	vorgefertigt
L307	1,17 µH-li	1	Spulenplatine	vorgefertigt
L327	1,17 µH-re	1	Spulenplatine	vorgefertigt
L308	2,27 µH-re	1	Spulenplatine	vorgefertigt
L328	2,27 µH-li	1	Spulenplatine	vorgefertigt
L309	4,41 µH-re	1	Spulenplatine	vorgefertigt
L329	4,41 µH-li	1	Spulenplatine	vorgefertigt
L310	8,55 µH-li	1	Spulenplatine	vorgefertigt
L330	8,55 µH-re	1	Spulenplatine	vorgefertigt
L311	16,6 µH-li	1	Spulenplatine	vorgefertigt
L331	16,6 µH-re	1	Spulenplatine	vorgefertigt

Tabelle A1: Stückliste der im Bausatz enthaltenen Teile (Teil 2)

Kurzzeichen	Typ/Wert	Anzahl	Baugruppe	Anmerkung
	Schraube M3 × 4	4	Kondensatorplatine	
	Schraube M3 × 6	16		
	Schraube M3 × 8	3		1× für Lötöse (PL-Buchse)
	Schraube M4 × 8	6	Spulenplatine Gehäuse	
	Federscheibe M3	20		
	Federscheibe M4	3	Spulenplatine	
	Mutter M3	2	Kondensator-, Controllerplatine	
	Karosseriescheibe 4,3 × 12 × 1,0	3	Gehäuse	
	Blechschraube 2,9 × 6,5	4	PC-Interface	
	Hochspannungs-Isolatoren	2	Gehäuse	
	Flachsteckhülse 6,3 mm, gewinkelt	2		
	Flachsteckhülse 6,3 mm, gerade	1		
	Quetschkabelschuh 5 mm	2		
	Cu-Litze 2,5 mm^2 sw	20 cm		
	Platine	1	Controllerplatine	SMD-vorbestückt
	Platine	1	Kondensatorplatine	SMD-vorbestückt
	Platine	1	Spulenplatine	
	Platine	1	PC-Interface	SMD-vorbestückt
	Gehäuse	1	PC-Interface	bearbeitet
	Leergehäuse	1	Gehäuse	bearbeitet
	Warnschild „Hochspannung“	1	Gehäuse	
	Typenschild (Aufkleber)	1	Gehäuse	
	Bauanleitung und Software	1		CD

Tabelle A2: Wickeldaten der Spulen

Bezeichnung	Wickelsinn	Achse	Windungs-zahl 1	Durchmesser 1 [mm]	Windungs-zahl 2	Durchmesser 2 [mm]	Bestückungs-seite
L302/L322	rechts	liegend	2	9,5			unten
L303/L323	rechts	liegend	2	15,5			unten
L304/L324	rechts/links	liegend	3 1/2	12,7			unten
L305/L325	links/rechts	liegend	3 1/2	19,7			unten
L306/L326	rechts/links	liegend	6 1/2	17,5			unten
L307/L327	links/rechts	liegend	5 1/2	31,1			unten
L308/L328	rechts/links	liegend	10 1/2	27,9			unten
L309/L329	rechts/links	liegend	6 1/2	31,8	7	25,4	unten
L310/L330	links/rechts	liegend	7 1/2	41,6	8	35,3	oben
L311/L331	links/rechts	stehend	12 1/2	43,8	11 1/2	37,5	unten

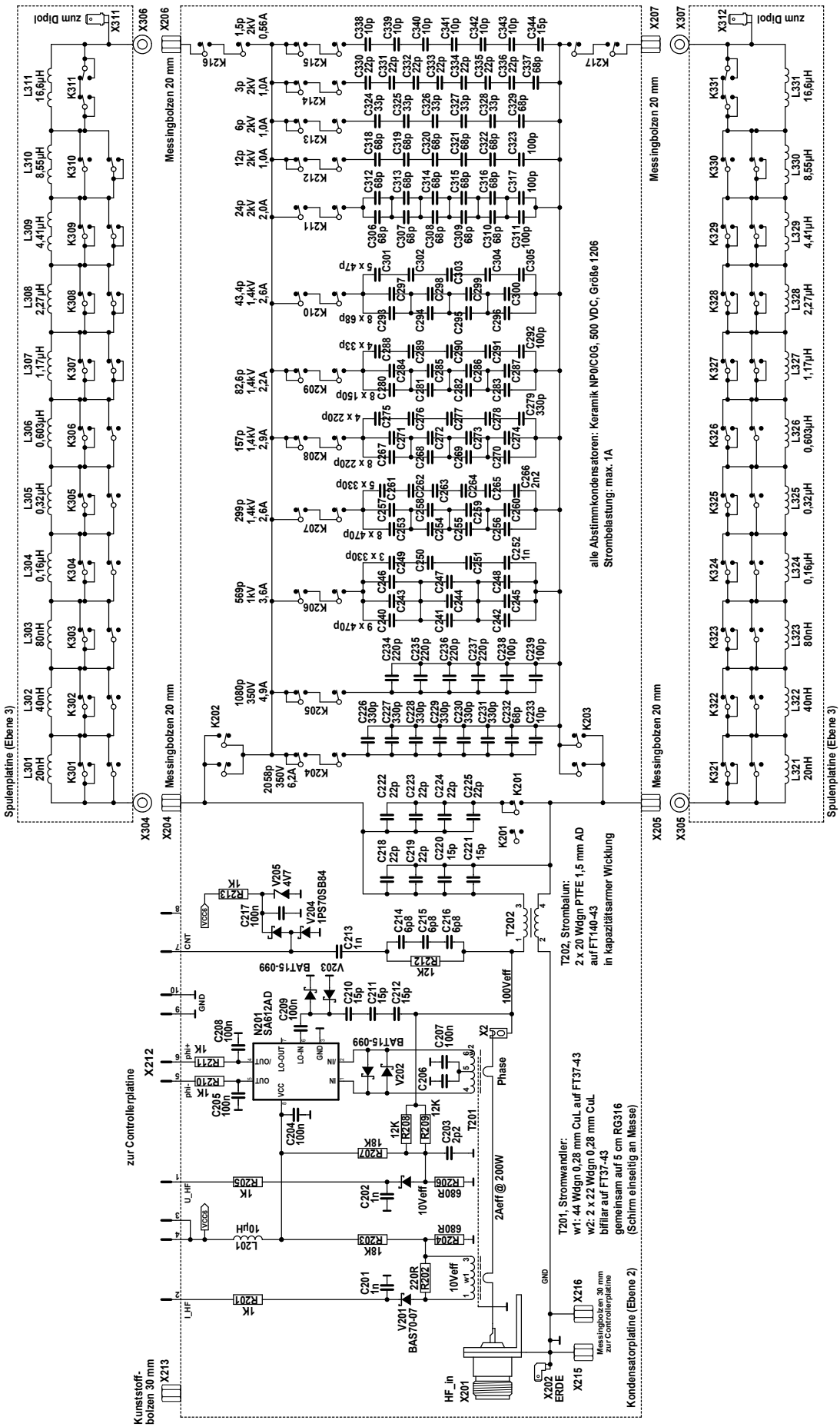


Bild A1: Schaltplan des HF-Teils

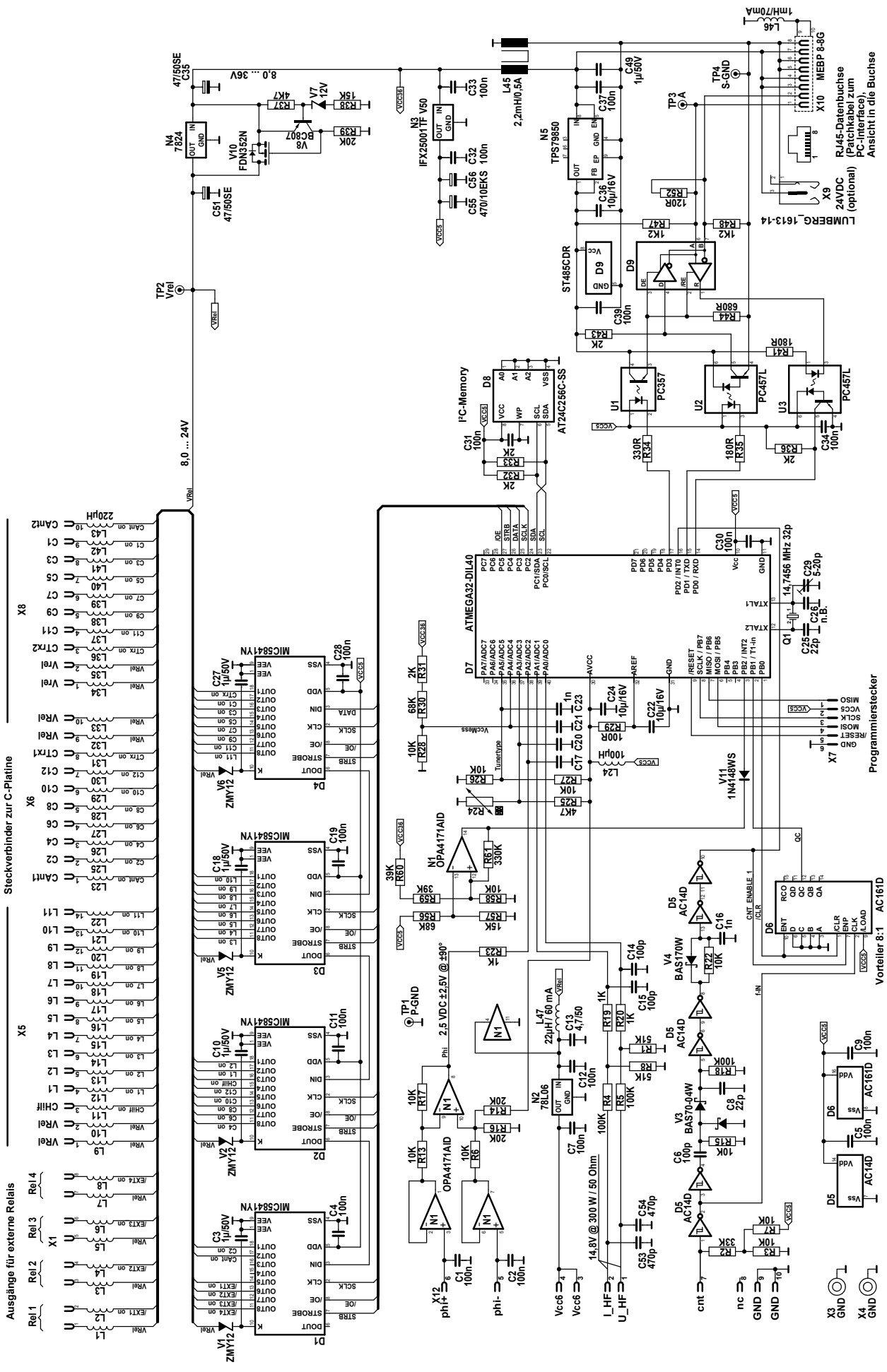


Bild A2: Schaltplan der Controllerplatine

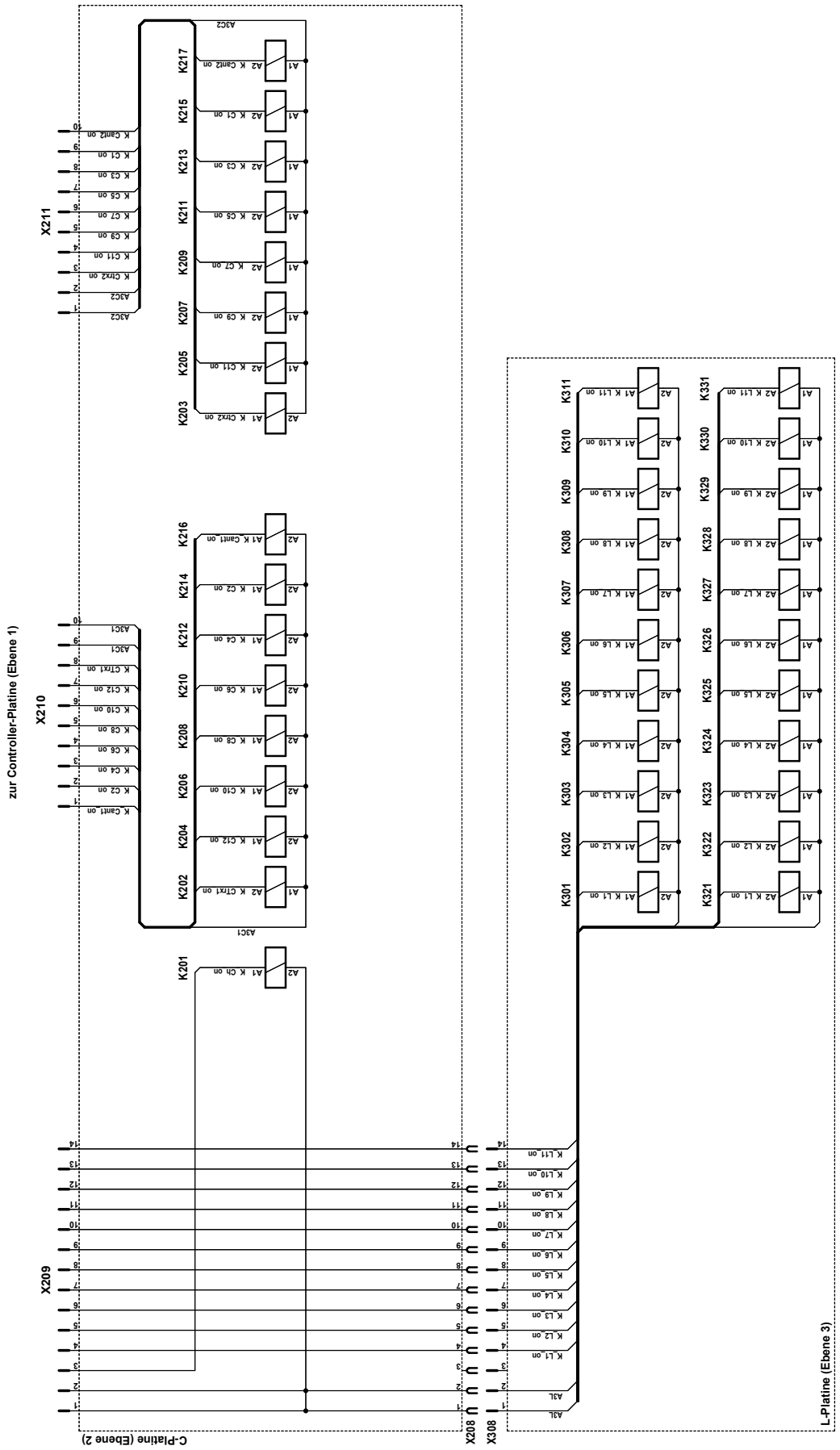


Bild A3: Schaltplan der Relais-Ansteuerung

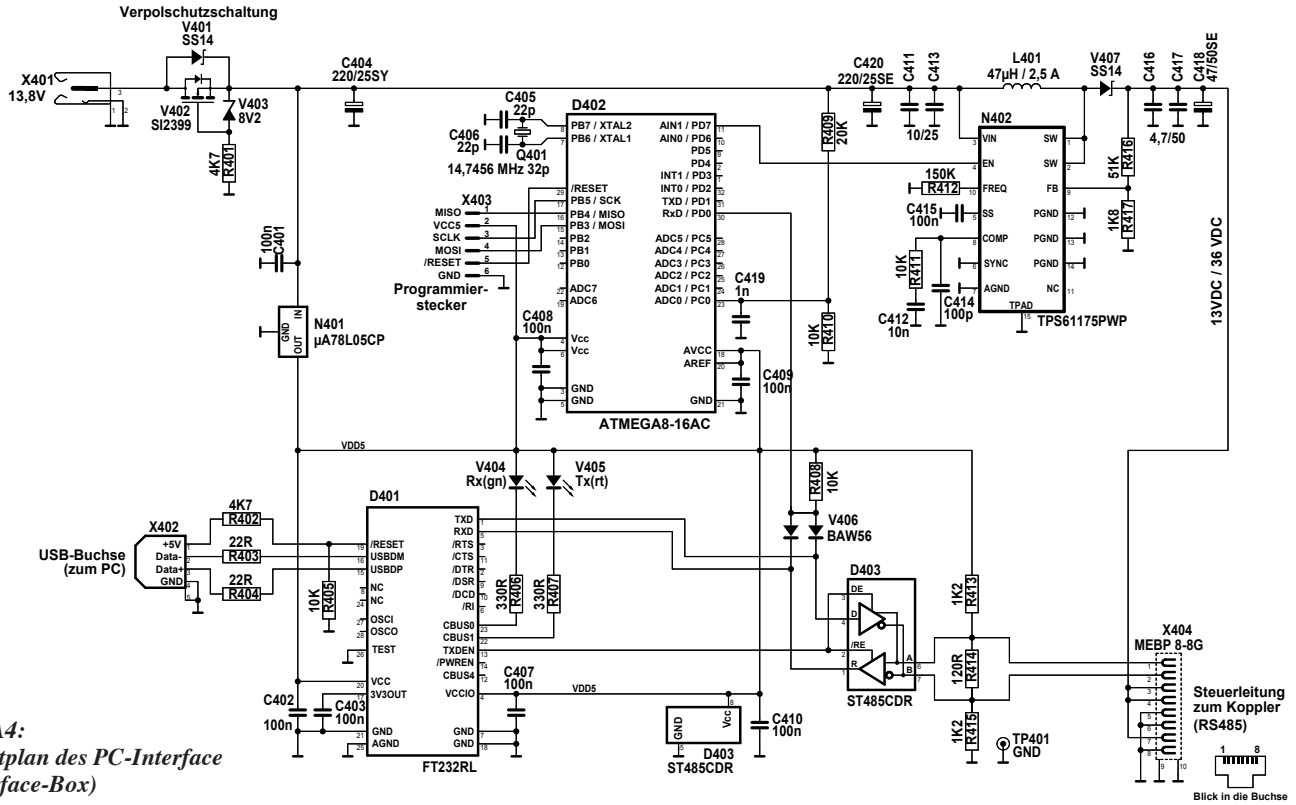


Bild A4:
Schaltplan des PC-Interface (Interface-Box)

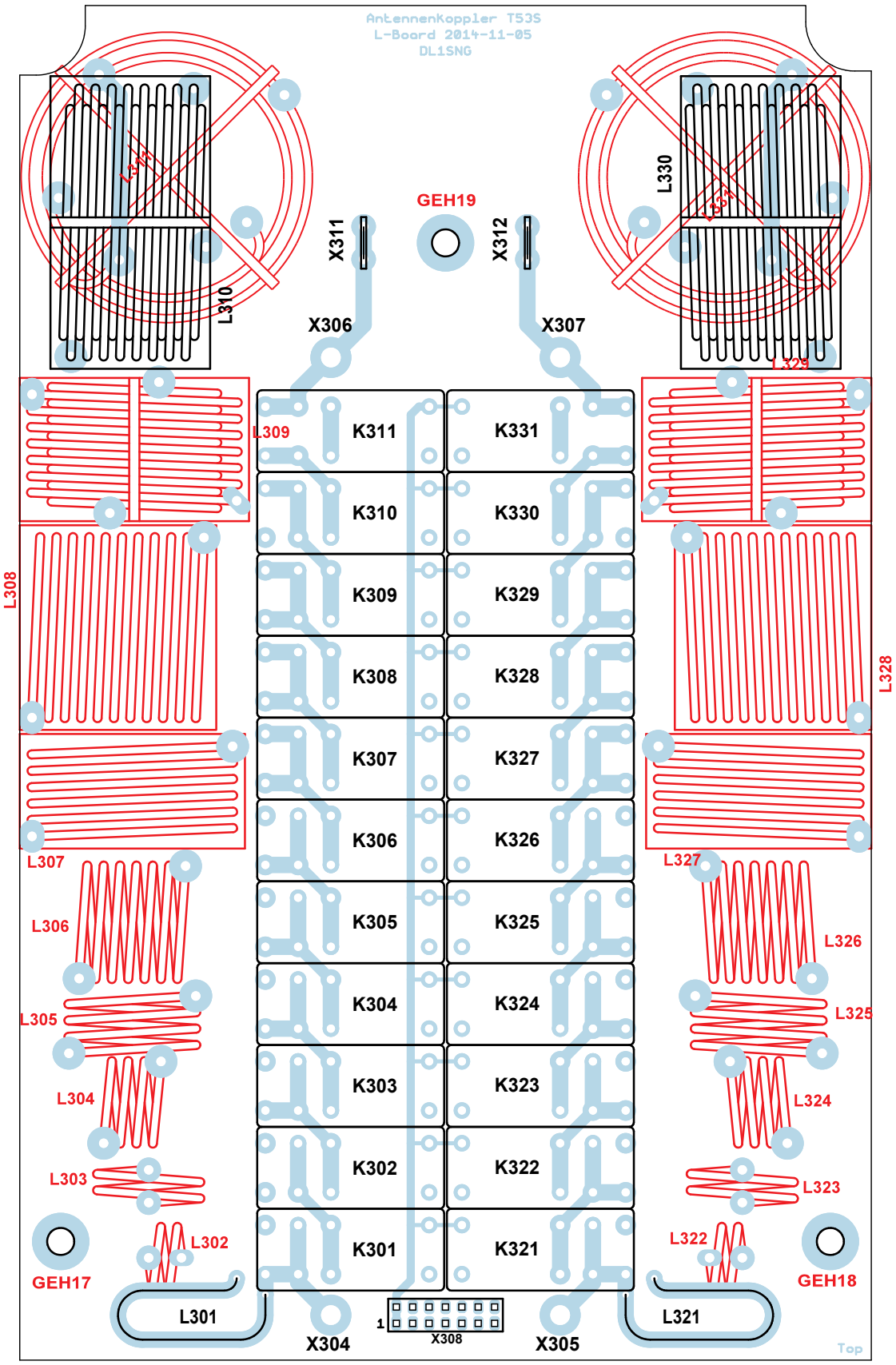


Bild A5: Bestückungsplan der Spulenplatine (oben); die rot eingezeichneten Spulen befinden sich auf der Unterseite.

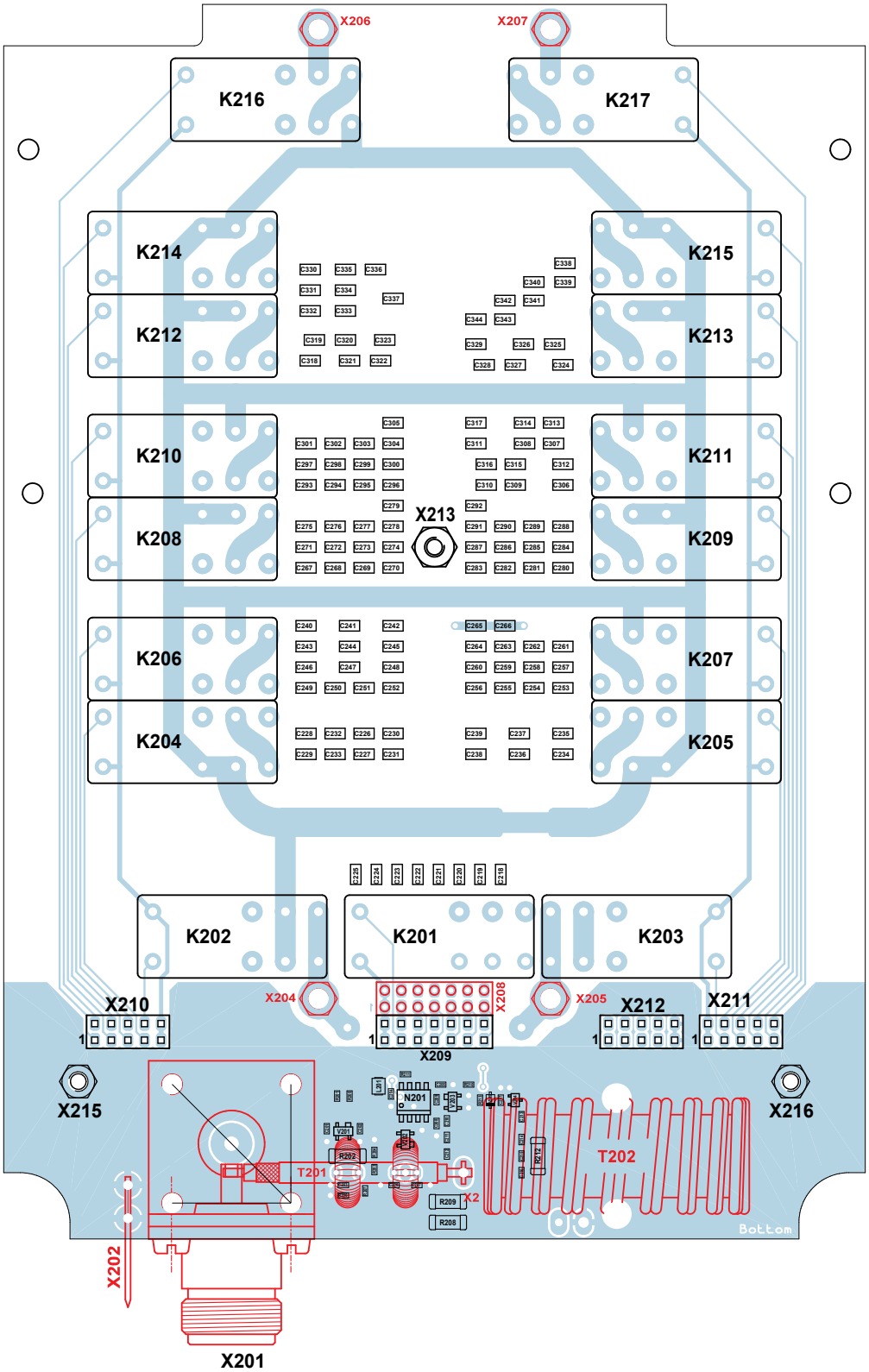


Bild A6: Bestückungsplan der Kondensatorplatine; die rot dargestellten Bauelemente befinden sich auf der anderen Platinenseite.

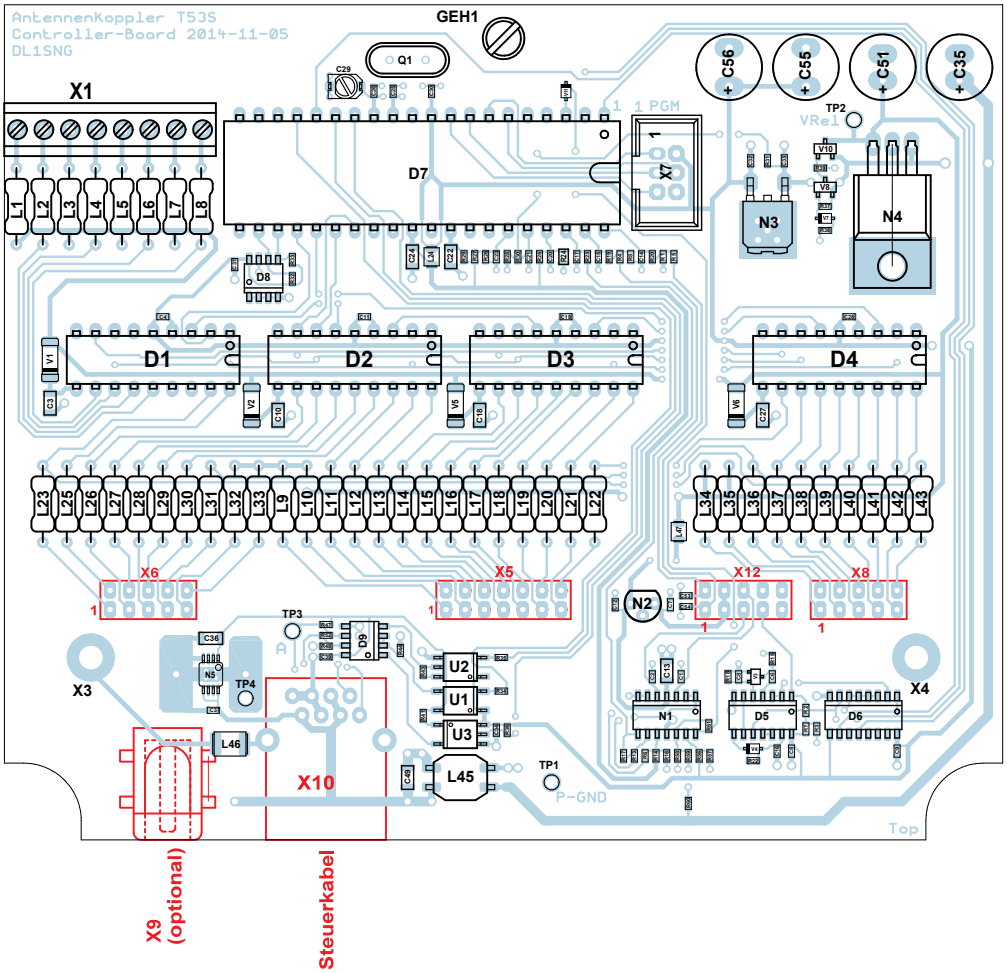


Bild A7: Bestückungsplan der Controllerplatine; die rot eingezeichneten Bauteile befindet sich auf der Unterseite, die Buchse X9 bleibt unbestückt.

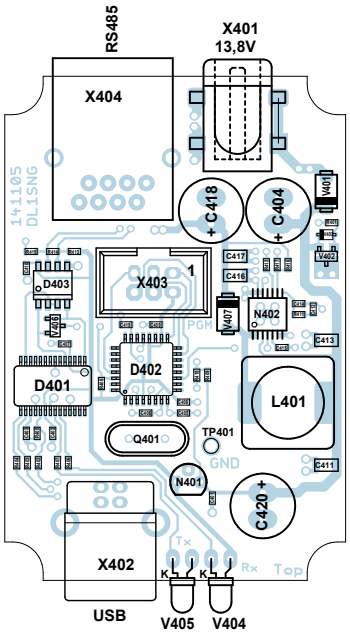


Bild A8: Bestückungsplan der Interface-Platine

Bilder der zum Einbau vorbereiteten, freitragenden Luftspulen:

Bild A9: Spule L302 (L322)

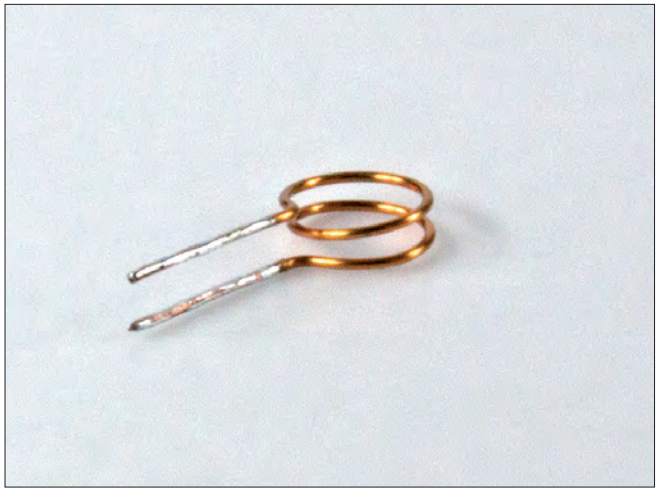


Bild A10: Spule L303 (L323)

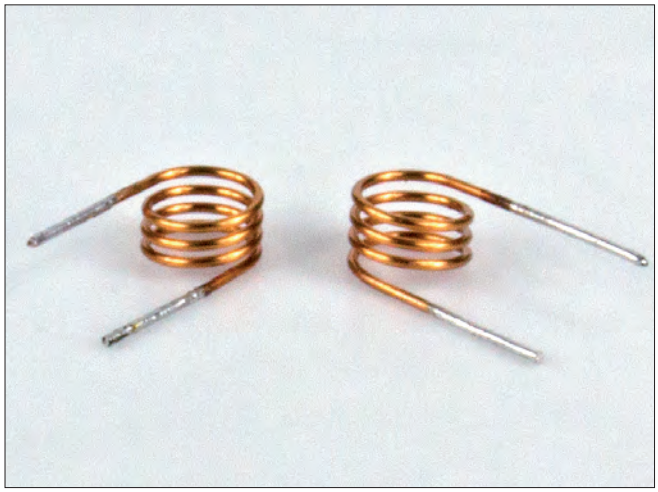


Bild A11: Spulen L304 und L324

Bild A12: Spulen L305 und L325

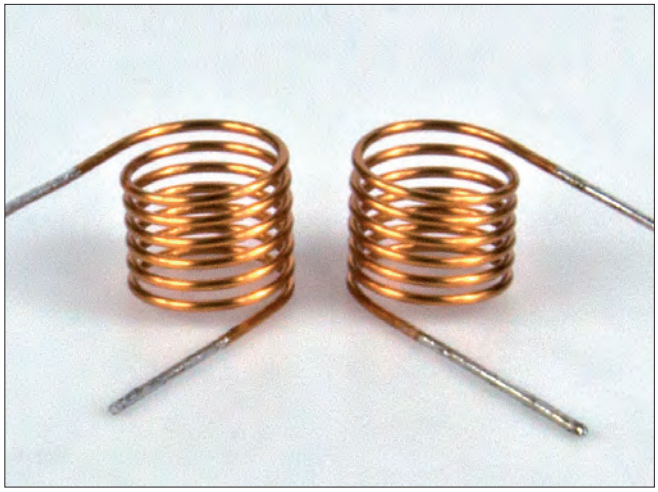


Bild A13: Spulen L306 und L326

Weitere Bilder der Spulenplatine:

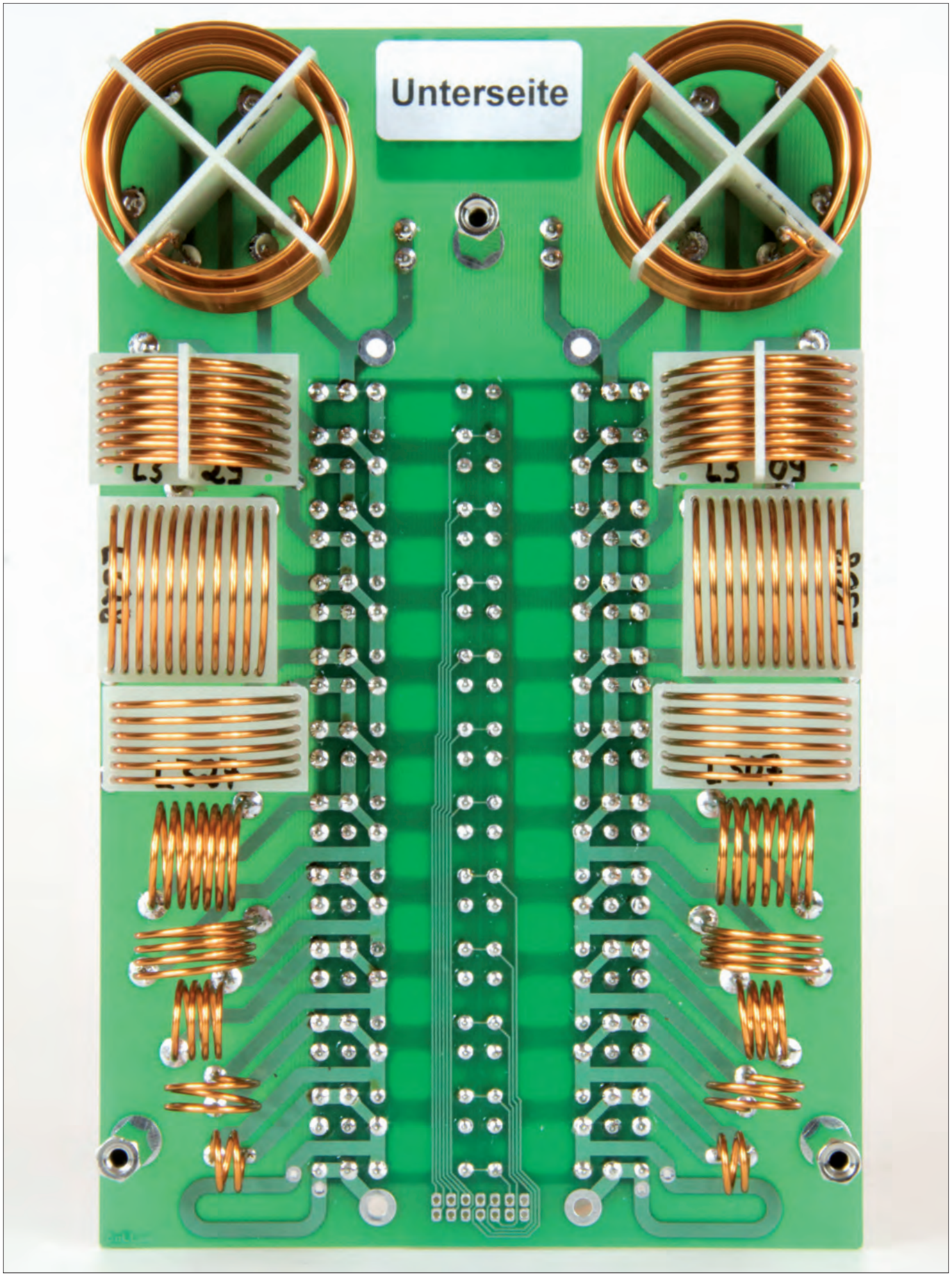
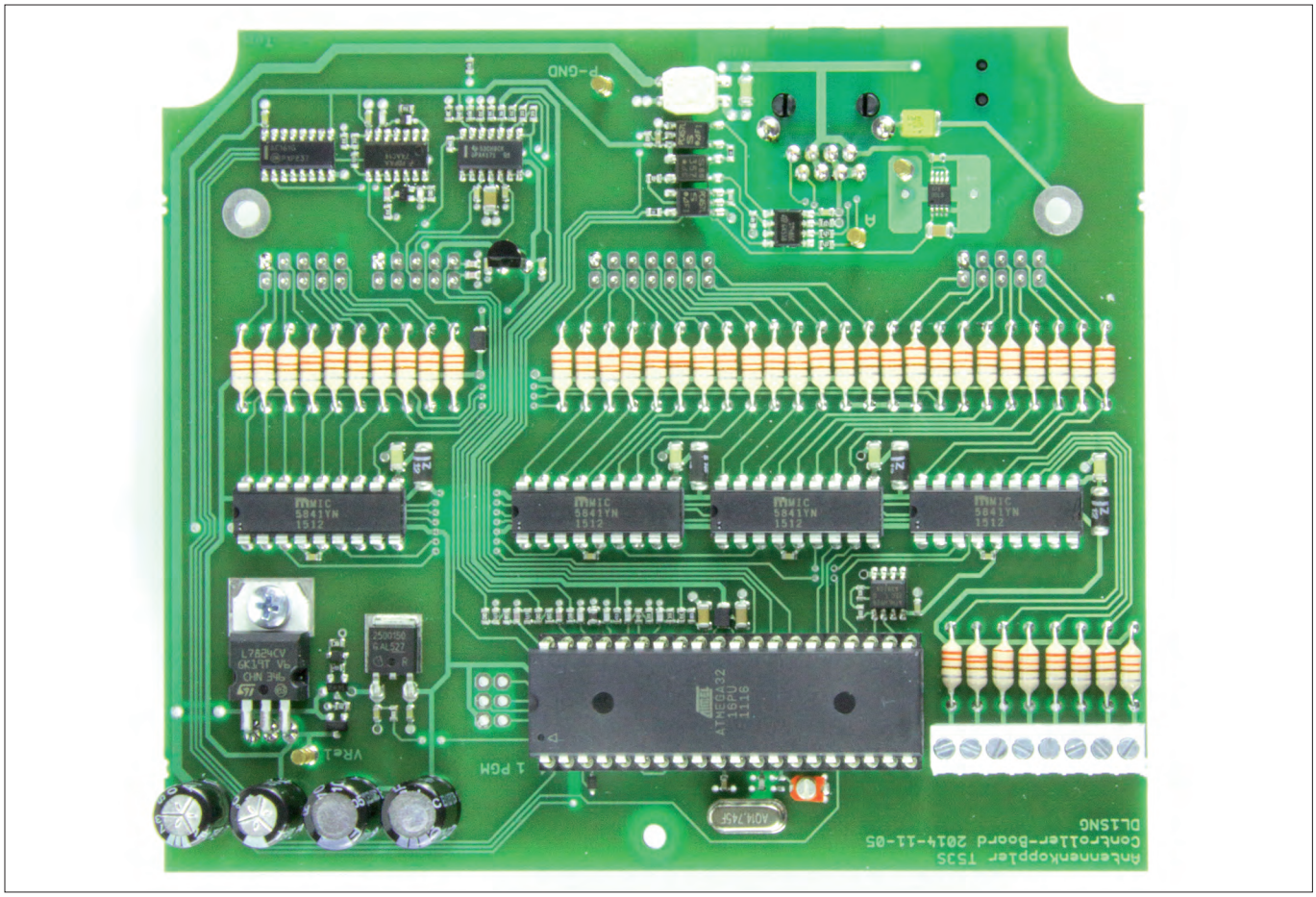


Bild A14: Bestückte Unterseite der Spulenplatine



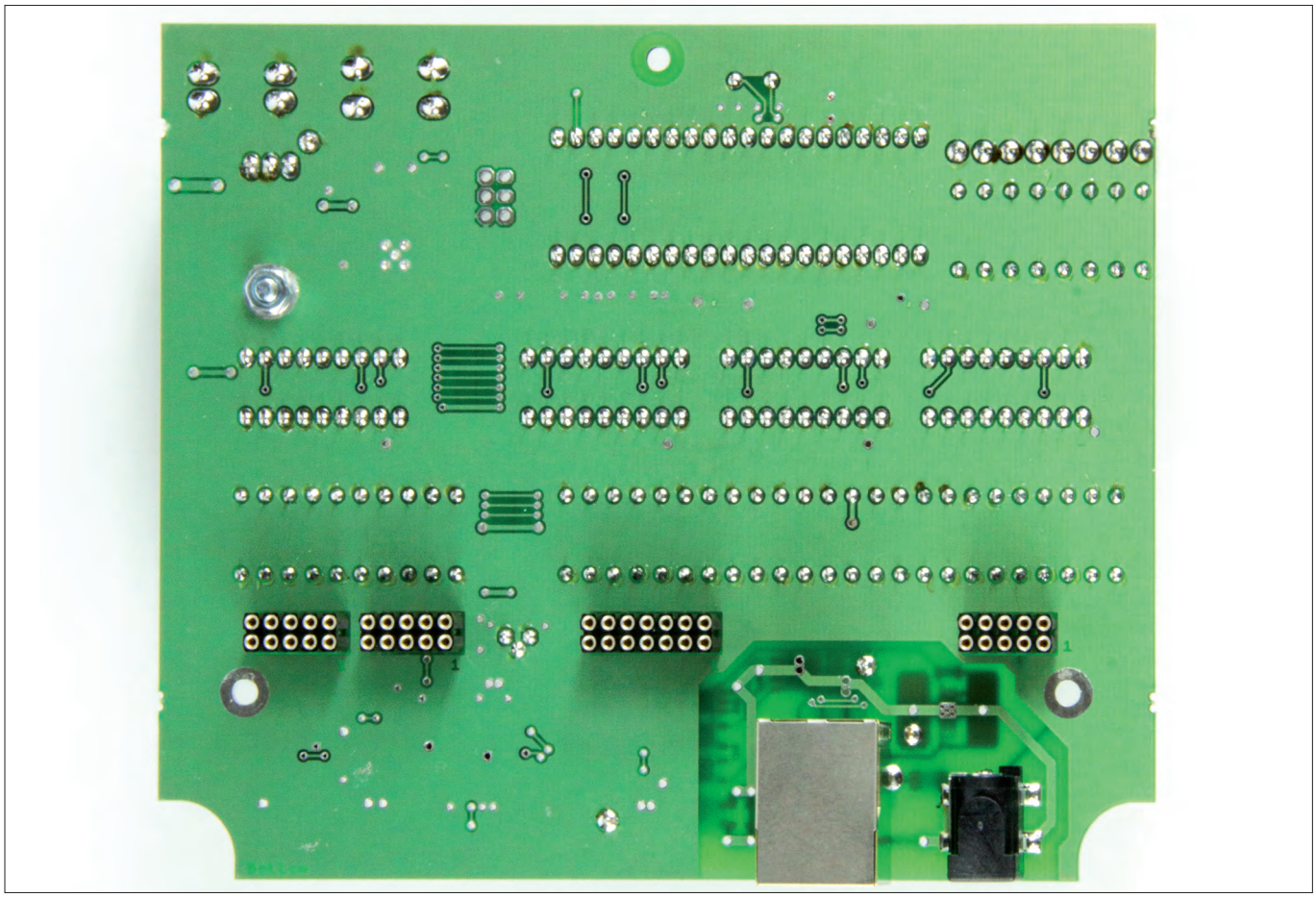
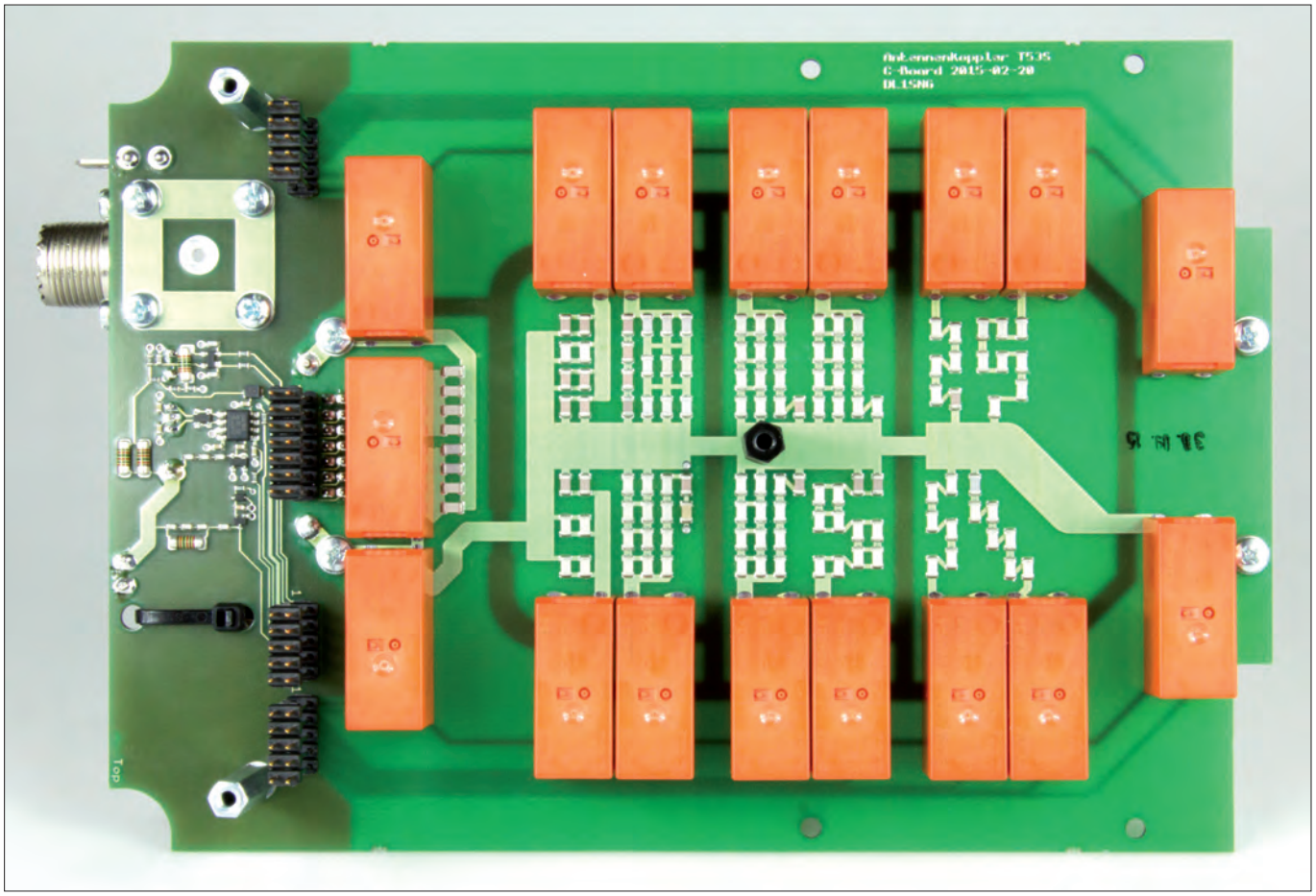


Bild A15: Bestückte Ober- und Unterseite der Controllerplatine (X9 wird nicht benötigt und daher nicht aufgelötet!)



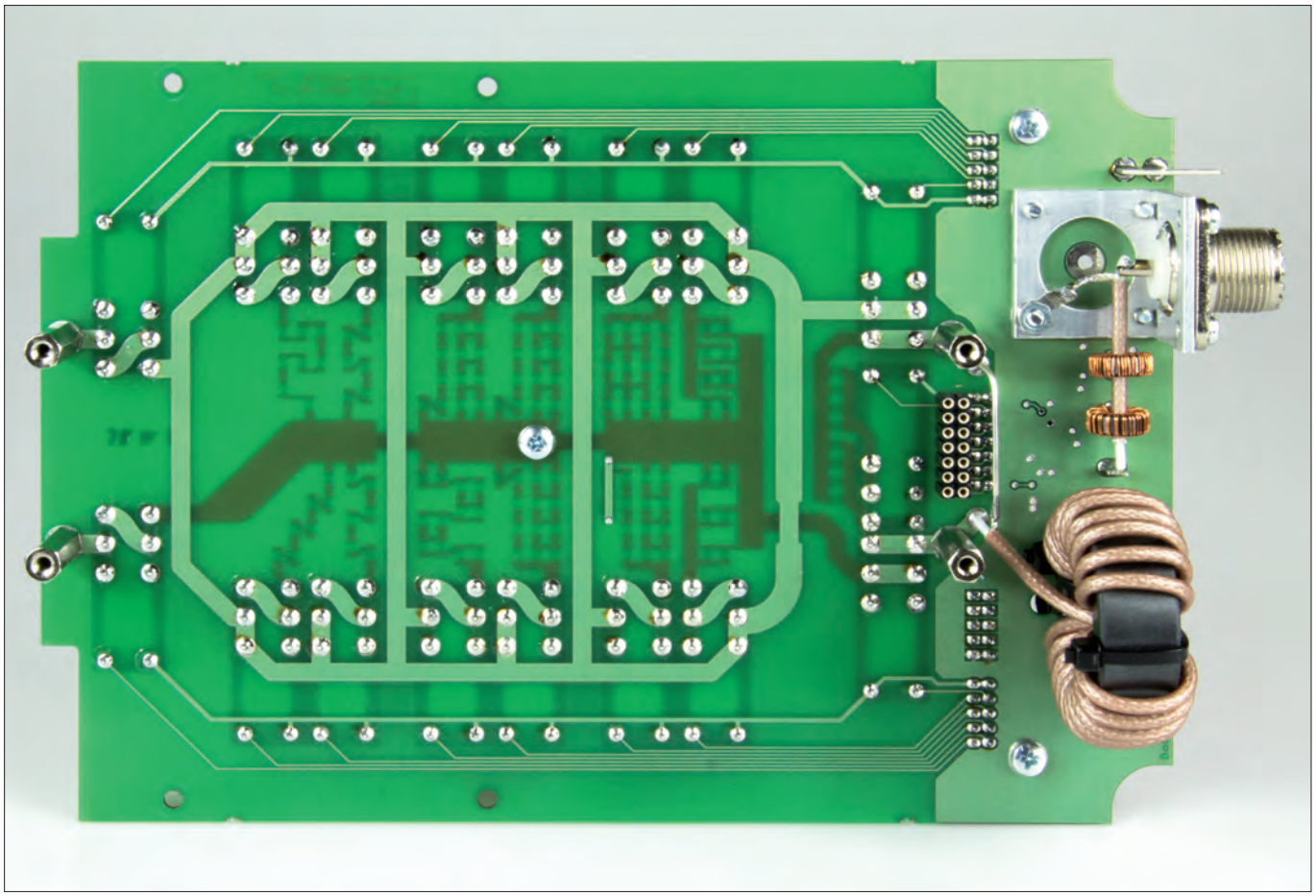


Bild A16: Bestückte Ober- und Unterseite der Kondensatorplatine

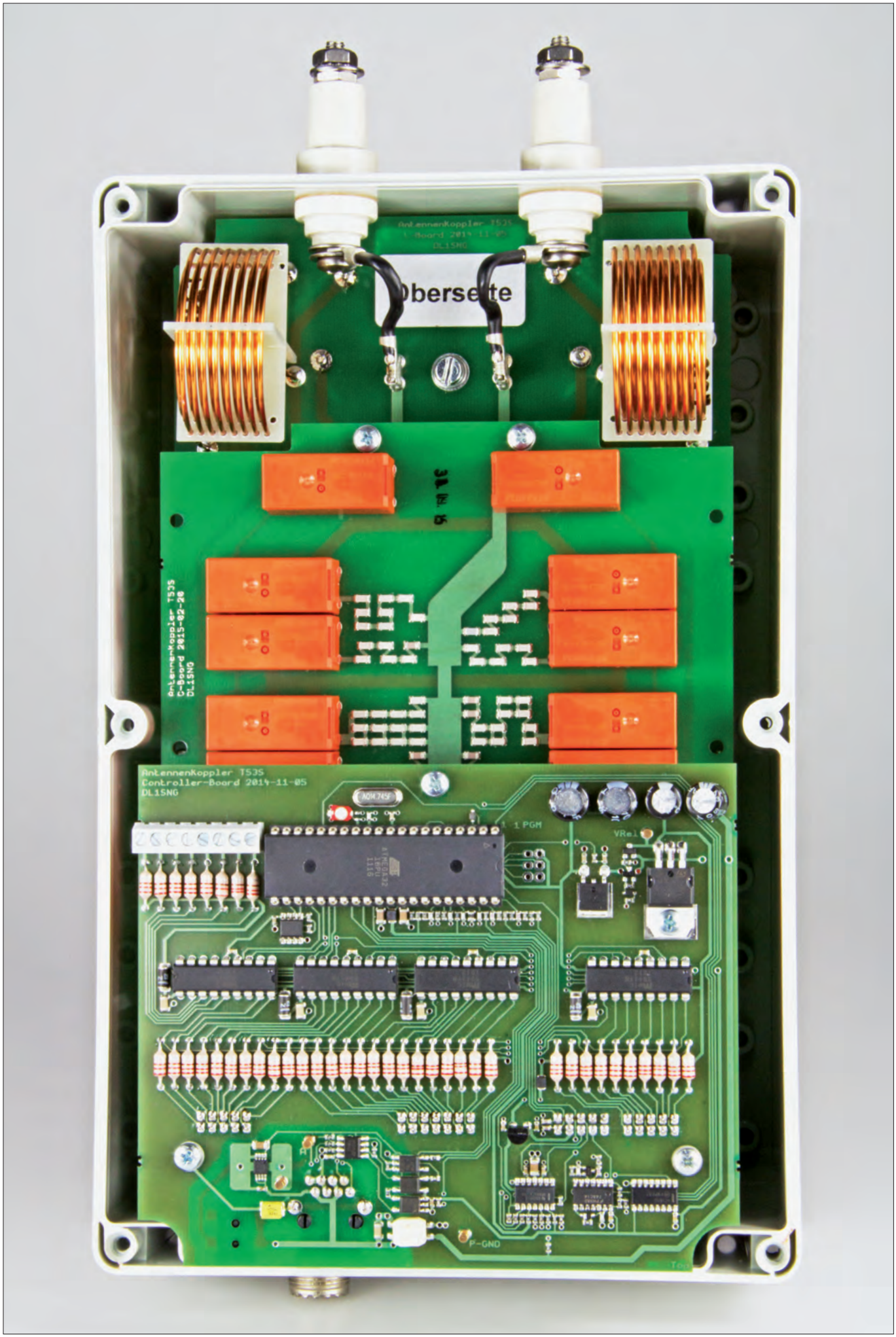


Bild A17: Vollständig montierter Antennenkoppler ohne Deckel