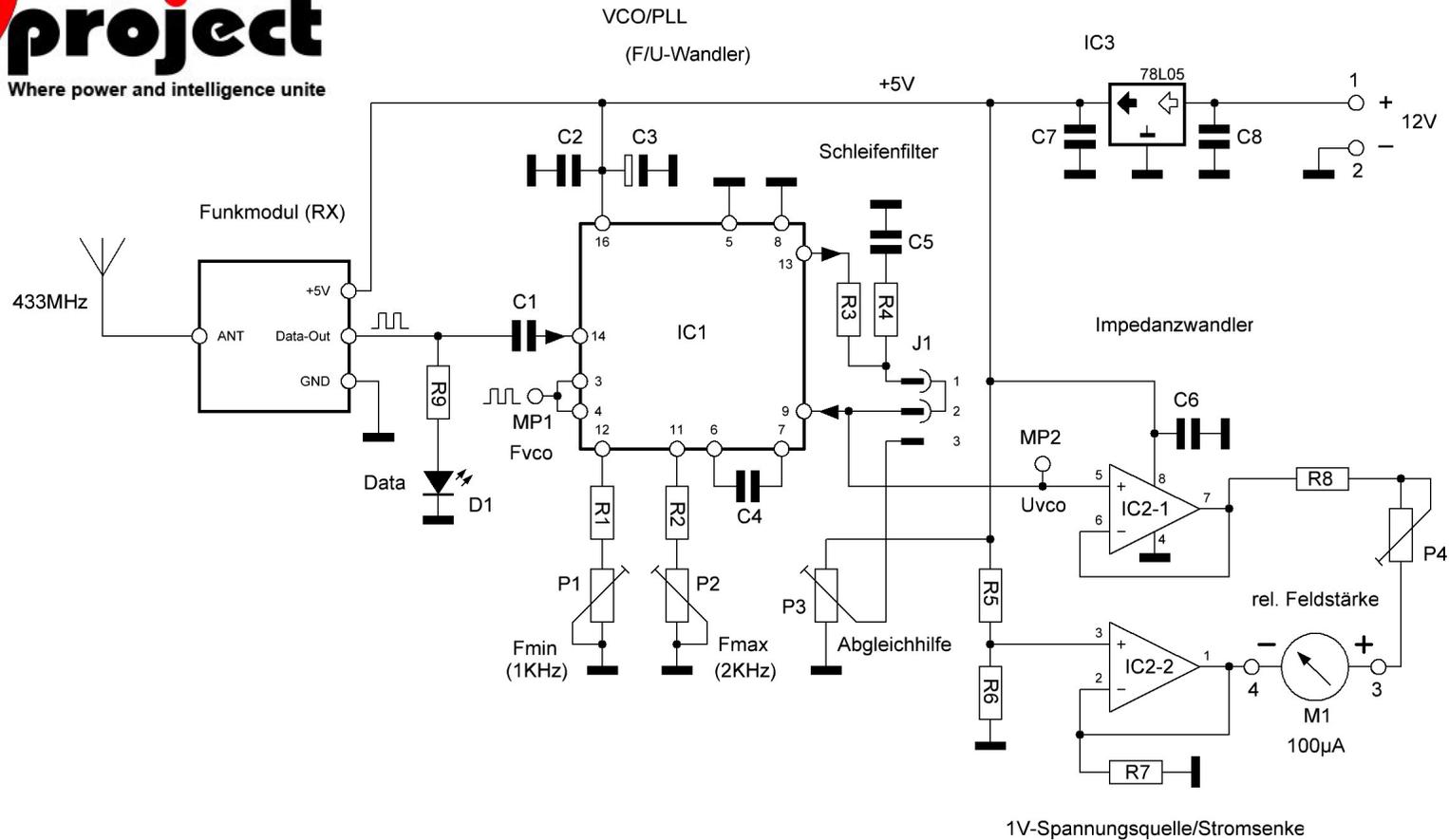


## Anzeigeteil WRFM15-RX



# WRFM-15

## Feldstärkemessung mit Datenfernübertragung

© QRProject Molchstr. 15 12524 Berlin <http://www.QRProject.de> Telefon: +49(30) 85 96 13 23 e-mail: [support@QRProject.de](mailto:support@QRProject.de)

## Vorwort

Hand aufs Herz: wie stimmen viele OM's ihren mit Hühnerleiter gespeisten nichtresonanten Multibanddipol auf die gewünschte Betriebsfrequenz ab? - Man „spielt“ an den Abstimmeelementen des obligatorischen Antennenkopplers wechselweise so lange, bis sich ein SWR von 1 ergibt. In der Praxis lassen sich schon mal 2 bis 3 Einstellkombinationen finden. Welche ist nun die richtige? Ein SWR von 1 bedeutet lediglich, daß der Sender vom Anpaßgerät eine reelle 50 Ohm Last angeboten bekommt. Leider sagt das aber nichts über die von der Antenne wirklich abgestrahlte Leistung aus. Schon die „alten Hasen“ unter uns erkannten dieses Problem. Sie installierten im Außenbereich ihrer Station einen kleinen Meßdipol (ca. 2 x 1,5m) mit einer Diode parallel zum Speisepunkt, nachgeschalteten HF-Drosseln sowie einem Abblockkondensator und führten die somit gewonnene feldstärkeabhängige Richtspannung über eine Zweidrahtleitung ins Shack. Ein angeschlossenes  $\mu$ A-Meter diente als optische Abstimmhilfe, um die Feldstärke mit Hilfe des Antennenkopplers auf Maximum einzustellen.

Diese Idee war nicht schlecht, hatte jedoch den Nachteil, daß diese Zweidrahtleitung mitunter als Antenne wirkte und vagabundierende HF aus dem Shack das Anzeigeergebnis verfälschte. Die vagabundierende HF wird unter Umständen hervorgerufen durch eine evtl. unsymmetrische Strom/Spannungsverteilung.

Die optimale Lösung ist eine von der Station völlig entkoppelte, sich im Freifeld der Sendeantenne befindliche Feldstärke-Messeinrichtung, deren Messdaten drahtlos mittels Telemetrie ins Shack zu einer Anzeigeeinheit hin übermittelt werden.

Die hier beschriebene Feldstärke-Messeinrichtung arbeitet nach diesem Verfahren und gestattet optimale Kopplereinstellungen auf max. Strahlungsleistung. Es wird dabei nicht der Absolutwert der Feldstärke in V/m übermittelt, sondern nur ein momentaner, dimensionsloser Relativwert, dessen Tendenz (+/-) für den Abstimmvorgang des Antennen-Anpaßgerätes völlig ausreichend ist.

Die Messwertübertragung erfolgt mittels allgemein zugelassener Funkmodulen, welche auf dem harmonisierten 433MHz-ISM-Band. Sendeseitig ermöglichen sie mit  $< 10\text{mW}$  ERP eine praktische Messstrecke von etwa 30m. Bei Verwendung einer kleinen Richtantenne (z.B. HB9CV) auf der Empfängerseite kann die erzielbare Reichweite noch erheblich verbessert werden.

Die Außen-Messtaste ist in einem wetterfesten Gehäuse eingebaut. Dank der sehr geringen Standby-Stromaufnahme von etwa 3mA (15mA im Betrieb) kann bequem aus solar-gepufferten Mignon-Akkus versorgt werden. Und das „unbegrenzt“.

Um den 433MHz-Funkkanal nur während des Antennen-Abstimmvorgangs zu belegen und die Telemetrie nicht durch normale CW/SSB Aussendungen zu starten (ausgenommen FM und PSK) spricht die Schaltung nur auf Dauerträger  $> 5\text{sec}$  an. Nach Unterschreitung einer Feldstärke-Mindestschwelle wird die UHF-Übertragung nach 15sec eingestellt.

Die Anzeige des aktuellen relativen Feldstärkewertes erfolgt nach erfolgreicher Decodierung über ein „antikes“ Drehspulinstrument im Empfangsteil, welches eine eindeutige und fein auflösende Ablesung der Feldstärke-Tendenz beim Abstimmen des Antennenkopplers ermöglicht.

## Schaltungsbeschreibung

### 1. Messkopf (Ausseneinheit)

Die von der E-Feld Sonde aufgenommene Empfangsspannung wird über C1 dem FET-Impedanzwandler T1 zugeführt. Die mechanische Länge der Sonde ist dabei der eingesetzten Sendeleistung anzupassen (bei Pout = 10W etwa 20cm). Der niedrige Ausgangswiderstand von T1 speist den nachfolgenden Messgleichrichter / Spannungsverdoppler D1, D2. Ein Tiefpassfilter aus Dr1, C20 begrenzt dabei die Messbandbreite auf etwa 35MHz und verhindert Störungen durch nahe gelegene starke VHF/UHF- Sender bzw. GSM-Basisstationen. Die mittels D1, D2 erzeugte positive der momentanen Feldstärke proportionale Richtspannung wird einer über R4, R5 erzeugten Gleichspannung (+1V) aufgestockt und dem nicht-invertierenden Eingang des Messwertverstärkers IC1-1 zugeführt. Die Stufenverstärkung ist durch das Verhältnis  $R9 : R8$  definiert. Mittels P1 wird der Arbeitspunkt des Verstärkers so eingestellt, daß sich an dessen Ausgang (Messpunkt MP1) ohne Antennensignal eine Gleichspannung von +1V einstellt. Bei HF-Beaufschlagung der Messsonde steigt dieser Gleichspannungswert feldstärkeproportional bis auf max. +4,5V. Der nachgeschaltete OPV (IC1-2) arbeitet als Komparator; mittels R10, R11 ist die Schaltschwelle auf 1,5V festgelegt. Wird diese Schwelle durch eine Mindestfeldstärke überschritten, wechselt der Ausgang auf „high“ (+4,5V). Die dem Komparator nachfolgenden Zeitglieder R15, R16, C12 dienen in Verbindung mit dem Fensterkomparator IC2-1 (CMOS-Timer NE556) zur Betriebsarterkennung des Empfangssignals. Die obere Schaltschwelle des Timers liegt bei 3,3V; die untere bei 1,65V. Im Ruhezustand (C12 entladen) bleibt die untere Schaltschwelle permanent unterschritten. Somit ist der Ausgang von IC2-1 auf „high“ (+5V). Ab dem zuvor beschriebenen Feldstärke-Mindestwert wird C12 über R15 in etwa 5 Sekunden auf die obere Schaltschwelle aufgeladen, bei welcher der Timer-Ausgang auf „low“ (0V) wechselt. Wird vor Erreichen dieser Schaltschwelle die Feldstärkeschwelle unterschritten (Ausg. IC1-2 wieder auf „low“) erfolgt über D3 und R16 eine sehr rasche Entladung von C12. In der Praxis bedeutet dies, daß ein CW, bzw. SSB-Signal wegen der multiplen Entladungen von C12 in den Feldstärke-Minimas nicht in der Lage ist IC2-1 zu triggern. Nur ein Dauerträger (ebenso FM,RTTY,PSK) welcher länger als 5 Sec ansteht bewirkt ein Umschalten des Ausgangs von IC2-1 auf

„low“. Bei Trägerabfall wechselt der Ausgang augenblicklich wieder auf „high“. Die 2. Komparatorhälfte (IC2-2) arbeitet als retriggerbares Monoflop. Mittels R17, R18, C15 ist die Impulsdauer auf 15Sekunden dimensioniert. Aufgabe ist es, bei Trägerabfall unter die Ansprechschwelle die Telemetrie für etwa 15Sec aufrecht zu erhalten (kann beim Abstimmen mittels Koppler vorkommen). Bei Trägererkennung wechselt der Ausgang von IC2-1 wie schon beschrieben auf „low“ und triggert die monostabile Kippstufe. Ihr Ausgang wechselt dabei auf „high“. Liegen andauernd gute Feldstärkeverhältnisse vor so befindet sich der Ausgang von IC2-1 permanent auf low-Potenzial und verhindert über D4 ein „Rückkippen“ der Stufe nach dem Ablauf von 15 Sekunden. Bei jedem evtl. kurzen Feldstärkeeinbruch wird das Monoflop dabei neu gesetzt und die Messzeit um 15 Sekunden verlängert. Wird der Abstimmvorgang des Antennenkopplers beendet und der Sender ausgeschaltet hält der Ausgang von IC2-2 den Transistor T2 noch 15 Sekunden durchgeschaltet und stoppt danach mit dem „high“-Signal an dessen Kollektor und somit an Pin 5 von IC4 (VCO inhibit) die Feldstärkemessung. R19, C17, D5 bewirken einen Reset des Monoflops beim Anlegen der Betriebsspannung und unterbinden somit ein Hochtasten des Senders beim Einschalten.

Das Herz der Messeinrichtung ist ein Spannungs / Frequenzwandler (VCO) welcher die von IC1-1 gelieferte der Empfangsfeldstärke proportionale Gleichspannung (MP1) in eine variable Tonfrequenz umwandelt. Als Schaltkreis kommt hierbei der bekannte PLL-Baustein 4046 (IC4) zur Anwendung, bei welchem nur der VCO-Teil verwendet wird. Die Schaltung zeichnet sich durch hohe Linearität der Wandlerkennlinie, guter Oszillatorstabilität sowie sehr geringer Leistungsaufnahme aus. Die Eingangsspannung (Pin 9) zwischen +1V und +4V stimmt den VCO in einem proportionalen Frequenzbereich zwischen 1000Hz und 2000Hz ab. Mittels der Potis P2, P3 werden die Eckfrequenzen des VCOs auf die untere bzw. obere Eingangsspannungsgrenze justiert. Das rechteckförmige Ausgangssignal (Pin4 an MP2) wird dem Modulationseingang (Data) des nachfolgenden 433MHz-ISM-Sendemoduls zugeführt. Der 10mW-Sender wird dabei amplitudenmoduliert (ASK). Liegt ein „low“-Signal am Data-Pin des Funkmoduls ist der Sender inaktiv.

Ein low-drop Spannungsregler (IC3) versorgt die gesamte Schaltung mit einer stabilen +5V Betriebsspannung. Sie gestattet den Einsatz der Messeinrichtung

in einem weiten Spannungsbereich von 5,5 - 12V, was die Verwendung div. Akkukonzepte nebst Solarpufferung ermöglicht.

## 2. Anzeigeeinheit

Das vom Sender im Messkopf abgestrahlte 433MHz-Telemetriesignal wird vom Empfangsmodul in der Anzeigeeinheit empfangen und demoduliert. Am Data-Ausgang steht das rückgewonnene frequenzmodulierte Tonsignal (1000Hz-2000Hz) zur Weiterleitung an Pin 14 des nachfolgenden PLL-Schaltkreises IC1 (4046) zur Verfügung. Pin 14 ist der eine Eingang des Phasenkomparators mit vorgeschaltetem Begrenzerverstärker (self biasing). Der andere Eingang des Phasenkomparators (Pin 3) wird vom identisch zum Messkopf aufgebauten VCO (Ausgang= Pin 4) gespeist. Mittels der Potis P1, P2 werden die Eckfrequenzen des VCO's auf die untere bzw. obere Abstimmspannungsgrenze (1V bzw. 4V) justiert. Pin13 ist der Ausgang des Phasenvergleichs, welchem das Schleifenfilter mit R3, R4, C5 zur Siebung der nunmehr gewonnenen VCO-Nachstimmspannung folgt. Über J1 wird diese Spannung dem VCO-Abstimmeingang (Pin 9) zugeführt.

Ändert sich nunmehr bei der Feldstärkemessung die Tonfrequenz des Telemetriesignals, erkennt der Phasenvergleich in IC1 die Abweichung zur momentanen internen VCO-Frequenz und stimmt diesen ggf. über die aus Pin 13 gewonnene Nachstimmspannung so lange nach, bis Frequenz bzw. Phasengleichheit der beiden Signale herrscht. Die VCO-Nachstimmspannung (MP2) folgt dabei streng der feldstärkeproportionalen Gleichspannung im Messkopf und kann somit als Anzeigegröße für die momentane relative Feldstärke dienen.

Die Impedanzwandlerstufe mit dem OPV (IC2-1) entkoppelt den niederohmigen Anzeigekreis von der hochohmigen VCO-Nachstimmspannung. IC2-2 arbeitet in Verbindung mit R5, R6 als 1V-Spannungsquelle zur Einstellung des 0-Punkts von M1. R7 verbessert die Stromsenkeigenschaften des OPVs. Mit dem Poti P4 wird Vollausschlag von M1 bei der max. Nachstimmspannung (+4V) eingestellt. Das Trimpoti P3 dient zu Abgleicheinstellungen des VCOs bzw. des Anzeigekreises.

Der Standardspannungsregler (IC3) versorgt die gesamte Anzeigeeinheit mit einer stabilen +5V - Betriebsspannung und gestattet den Einsatz in einem Spannungsbereich von 7-15V.

## Hinweise zum Aufbau

Bevor du mit dem Aufbau beginnst, möchten wir dir einige Grundregeln ans Herz legen. Auch der erfahrene Bastler macht mal einen Fehler, das ist fast unvermeidlich. Es gibt aber einige Regeln und Erfahrungswerte die helfen, die Anzahl der Fehler möglichst klein zu halten.

Viele gute Hinweise findest du in FI's Werkstattfibel. In der Fibel gehen wir auf viele Besonderheiten von Bauteilen ein, beschreiben unsere Löttechnik und erklären die besondere Wickeltechnik der verschiedenen benutzten Spulenbausätze.

Da unsere Bausätze grundsätzlich so konzipiert sind, dass auch Anfänger damit zurecht kommen, wird der alte Hase viel Bekanntes finden. Wiederholung hat noch nie geschadet und auch der erfahrene Bastler wird sicher noch manch guten Hinweis finden. Wir empfehlen jedem, sich die Sammlung vor Beginn des Aufbaus durch zu lesen.

Lesen ist überhaupt beim Selbstbau mit Bausätzen sehr wichtig. Das Entwicklerteam von QRPproject hat mehrere Prototypen des Gerätes aufgebaut, die letzten alle schon mit einem originalen Bausatz. Wir haben uns große Mühe gegeben, während unserer eigenen Bastelei möglichst alle Fallstricke zu erkennen und durch eine möglichst gute Beschreibung in diesem Handbuch die Nachbauer vor solchen Fallen zu bewahren. Es lohnt sich also für jeden Bastler, das Handbuch in jeder Bauphase immer genau zu studieren. Wir empfehlen jeden einzelnen Absatz immer erst bis zum Schluss zu lesen, bevor man zum LötKolben greift.

Die WRFM15-Baumappe ist in Baugruppen aufgeteilt. Zu jeder Baugruppe gehört der Textteil mit der Abhakliste und den Beschreibungen, ein Schaltplan und eine Bestückungszeichnung. Im Textteil wird jedes Teil in der Reihenfolge des Aufbaus aufgeführt. Bitte benutze die Abstreickkästchen! Aus unserer Erfahrung heraus wissen wir, dass diese Methode wirklich hilft, Fehler zu vermeiden. Neue Bauteile werden im Text bei Bedarf kurz vorgestellt.

Am Ende eines Bauabschnittes folgt ein Test der Baugruppe. Wir bitten dich, mit der nächsten Baugruppe immer erst zu beginnen, wenn die vorhergehenden Test bestanden hat.

Und wenn man nicht mehr weiter weiß?

Dann wendet man sich vertrauensvoll an uns. Das geht einfach und sicher per Email an [support@QRPproject.de](mailto:support@QRPproject.de) oder per Telefon unter 030 859 61 323. Und damit du eine Vorstellung hast, mit wem du es dann zu tun hast, stelle ich mich kurz vor:



DL2FI, Peter, genannt QRPeter. Funkamateurl seit 1964. Ich bin Bastler und QRPer aus Leidenschaft. Und das seit vielen Jahren mit der festen Überzeugung, dass die große Chance des Amateurfunks in der Wiederentdeckung des Selbstbaus liegt. Mein Wahlspruch: Der Amateurfunk wird wieder wahr, wenn Amateurfunk wird, wie er war. Aus dieser Überzeugung heraus habe ich auch im Jahre 1997 die DL-QRP-AG, Arbeitsgemeinschaft für QRP und Selbstbau ins Leben gerufen. Die Arbeitsgemeinschaft hat inzwischen mehr als 2300 Mitglieder und ihre Mitglieder haben mit vielen hervorragenden Geräteentwicklungen zum internationalen Erfolg der QRP- und Selbstbau Bewegung beigetragen.

Die internationale QRP Bewegung hat mich als erstes deutsches Mitglied in die QRP Hall of Fame aufgenommen. Ich wünsche dir viel Spaß beim Aufbau unseres WRFM15!

## **Auspacken und Inventur, Vorsorge vor Zerstörungen durch Elektrostatik (ESD)**

Probleme, die durch ESD verursacht werden, hinterlassen oft schwer zu findende Fehler, weil die beschädigten Bauteile oft noch halbwegs arbeiten. Wir erwarten dringend, dass die folgenden Regeln des ESD-sicheren Arbeitens genau eingehalten werden.

Die Regeln sind in der Reihenfolge ihrer Wichtigkeit aufgelistet:

1. Lasse die ESD-empfindlichen Teile in ihren antistatischen Packungen, bis du sie wirklich installieren willst. Die Packung besteht entweder aus einer antistatischen Plastik-Tüte oder die Beinchen des Bauteiles sind in leitfähiges Moosgummi gesteckt. Teile mit besonderer Empfindlichkeit gegen ESD sind in der Teileliste und in den Aufbau Beschreibungen besonders gekennzeichnet.
2. Trage ein leitfähiges ESD-Armband, das über 1 MegOhm in Serie an Masse gelegt ist. Besitzt du kein solches Armband, dann fasse jedes Mal an Masse (Potenzialausgleich des Lötkolbens), bevor du ein ESD-empfindliches Teil berührst, um dich zu entladen. Mache das auch häufiger, während du arbeitest. Unterschätze das Problem nicht! Schon das Sitzen auf dem Stuhl kann zu erheblicher Aufladung deines Körpers führen. Schließe dich auf keinen Fall selbst direkt an Masse an! Unter bestimmten Umständen kann das zu einem schweren, lebensgefährlichen elektrischen Schlag führen.
3. Benutze eine ESD-sichere Lötstation mit Potenzialausgleich der Spitze
4. Benutze eine Antistatik-Matte an deinem Arbeitsplatz. Eine gute Alternative ist eine Metallplatte, die über 1M0hm geerdet wird z.B. ein Magnet-Pinboard.

### **Inventur**

Bitte mache eine komplette Inventur. Benutze dazu die Inventurliste im Anhang. Während der Inventur solltest du die Teile gleich entsprechend ihrer Baugruppenzugehörigkeit in separate Behälter packen (Eierkarton ist prima geeignet). Schau dir die Inventurliste an. Die Spalte ganz links dient zum

Abhaken, wenn du die Teile in entsprechender Anzahl gefunden hast. In der zweiten Spalte ist angegeben, in welcher Stückzahl das Teil vorliegt. Es folgt die genaue Bezeichnung und darauf die Aufteilung auf die Baugruppen. Achte auch auf die Feinheiten z.B. : Zum Bausatz gehören Kondensatoren im Rastermaß 2,5 (die Bauteile Beinchen haben einen Abstand von 2,5mm, genauer 2,54mm zueinander) oder das Rastermaß (RM) 5

Das Material der Kondensatoren bis 1000 pF ist COG (oder NPO). COG/NPO wird immer dann benötigt, wenn es auf besonders hohe Güte ankommt also z.B., wenn der Kondensator z.B. als Parallelkapazität in einem Schwingkreis eingesetzt wird. Die weiteren Spalten zeigen an, in welchen Baugruppen dieser Kondensator in welchen Stückzahlen vorkommt.

Achte sorgfältig darauf die Teile nicht durcheinander zu bringen oder in falsche Beutel zu packen. Sollten Teile fehlen, melde dich gleich bei QRPproject, wir schicken fehlende Teile sofort nach.

Teile, die wir in Alu Folie packen, sind besonders durch Statik gefährdet, sie müssen bis zum Einbau in der Folie bleiben.

SMD Teile haben wir auf ein Blatt geklebt, damit sie nicht verloren gehen. Lass die Bauteile in ihren Containern, bis du sie brauchst.

### **Identifizierung von Widerständen und HF Drosseln**

Widerstände und Drosseln werden mittels eines Farbcodes identifiziert.

In unseren Bausätzen werden fast nur noch Metallschicht Widerstände eingesetzt, deren Grundfarbe leider meist blaugrün ist, was den meisten Menschen das sichere Erkennen der Code-Farben sehr schwer macht.

Erschwerend kommt dazu, dass laut Statistik etwa 15% der erwachsenen Männer farbfeldsichtig ist, ohne das zu wissen. Wir empfehlen daher DRINGEND, die Widerstände vor Gebrauch mit einem Ohmmeter zu messen. Lass dich nicht irritieren, wenn das DVM kleine Abweichungen vom Sollwert anzeigt. Die typischen Fehler eines preiswerten DVM und die Toleranzen des Widerstandes führen zu leichten Abweichungen zwischen gemessenem und aufgedrucktem Wert. Bei Widerständen mit 1% Toleranz werden 5 Ringe benutzt: 3 für die signifikanten Ziffern, ein Multiplikator an Stelle der goldenen oder silbernen Toleranz Codes und der fünfte, um die Toleranz zu kennzeichnen. Da die 5 Ringe normalerweise den ganzen Platz ausfüllen, ist der fünfte Ring breiter um darauf hin zu weisen, dass der Widerstandswert am gegenüberliegenden Ende beginnt. Beispiel: Die ersten vier Ringe eines

1k5 1% Widerstandes sind braun, grün, schwarz, braun. Der Multiplikator ist 1 an Stelle von 2, da die dritte Ziffer bei diesem Widerstand noch signifikant ist.

HF Drosseln und andere kleine Induktivitäten sehen den Widerständen recht ähnlich. Ihre Farbringe repräsentieren die gleichen Ziffernwerte, sind aber oft schwieriger zu lesen. Generell sind die Multiplikatorringe oder Toleranz Ringe näher am Ende der Drossel, wie die erste Ziffer. Gerade umgekehrt also wie bei den Widerständen. Bei sehr kleinen Drosseln können die Farbmarkierungen auch in der Mitte sein. Wenn du die Induktivitäten vor Beginn des Aufbaus alle aussortierst, dann ist es mit Hilfe der Teileliste einfacher sie positiv zu identifizieren. Wer ein HF-Multimeter von QRPproject oder ein ähnliches Messinstrument besitzt, sollte die Drosseln ebenfalls messen.

### Identifizierung von Kondensatoren

Kondensatoren werden durch ihren Wert und durch den Abstand der Beinchen voneinander identifiziert.

Kleine Fest-Kondensatoren sind meist mit 1, 2, oder 3 Ziffern markiert und haben keinen Dezimalpunkt. Sind es eine oder zwei Ziffern, handelt es sich immer um Pico-Farad. Bei drei Ziffern, ist die dritte Ziffer wie der Multiplikator (Anzahl der Nullen) So hat zum Bsp. ein 151 markierter Kondensator den Wert 150 pF (15 und eine Null) 330 ist demnach 33 pF (33 und NULL Nullen :-). 102 bedeutet 1000 pF oder 1 nF (oder 0,001uF) und 104 ist dann wieder 100.000 pF = 100nF = 0,1uF. Ausnahmen werden an entsprechender Stelle in der Baumappte und in der Teileliste genannt. Kondensatoren > 1000 pF sind oft mit einem Dezimalpunkt versehen, die Bezugsgröße ist dann uF. Ein Aufdruck von .001 bedeutet dann also 0,001uF = 1 nF = 1000 pF Dementsprechend sind .047 = 47 nF. In unseren Bausätzen werden meist Kondensatoren im Rastermaß 2,54 mm eingesetzt. Wenn 5mm erforderlich sind, dann weisen wir im Handbuch ausdrücklich darauf hin (RM5 bedeutet Rastermaß 5mm = Abstand der Anschlussdrähte voneinander 5mm)

**Besonderheit** - Elektrolyt- und Tantalkondensatoren. Bei diesen ist beim Einbau die Polarität zu beachten. Bei Elektrolytkondensatoren ist der Minuspol auffällig gekennzeichnet, bei Tantalkondensatoren ist es der Pluspol, der besonders markiert ist.

### Löten

Hoffentlich ist dies nicht Deine erste Begegnung mit einem Lötkolben. Falls doch, oder wenn dies Dein erstes Halbleiterbauprojekt ist, hier einige Tipps um Deinen Erfolg zu sichern.

### Leiterplatten

Die meisten unserer Leiterplatten sind beidseitig beschichtet und alle Löcher sind durchkontaktiert. Das heißt, dass du nicht auf der Bestückungsseite löten musst. (Auch nicht sollst). Besonders Anfänger haben die Tendenz, zu viel Lötzinn zu benutzen. Bei modernen Leiterplatten, die eine Lötstopmaske aufgedruckt haben, ist aber nicht sehr viel Platz für das Zinn.

### Lötzinn

Wir empfehlen bei modernen Leiterplatten mit Lötstopmaske ausschließlich mit modernem Elektroniklot mit 0,5mm Durchmesser zu arbeiten. 1mm Lötzinn eignet sich nur, wenn keine Lötstopmaske vorhanden ist. Die Verwendung von Löthonig, Lötwasser und ähnlichen archaischen Löthilfen ist eher für das Löten von Dachrinnen geeignet und sollte bei Leiterplatten vermieden werden. Das moderne Elektroniklot enthält eine Seele aus Flussmittel, so dass eine zusätzliche Zugabe von Flussmittel nicht nötig ist. Es ist ein Ammenmärchen, dass man zusätzlich noch Kolophonium brauchen würde, das Flussmittel im Elektronik Lot reicht allemal aus. Gebräuchlich sind zurzeit Legierungen unterschiedlicher Zusammensetzung. Der hohe Anteil an giftigem Blei macht es erforderlich, die Vorschriften des Arbeitsschutzes zu beachten. Während der Lötarbeiten sollte man seine Nase nicht unbedingt direkt in den aufsteigenden Rauch halten, da auch dieser doch erhebliche Anteile an Blei enthält. In der Industrie werden Absauganlagen benutzt, die aber im Hobby Bereich auch bei Viel-Löttern durch eine gewisse Vorsicht während des Lötens ersetzt werden können. Im Handel erhältliches, so genanntes „umweltfreundliches“, Lötzinn hat sich in der Praxis nicht bewährt. Die preiswerteste und meist gebrauchte Legierung nennt sich Sn64Pb36 und besteht aus 64% Zinn und 36% Blei. Legierungen mit 2% Kupfer oder Silbergehalt haben einen niedrigeren Schmelzpunkt, was das Löten etwas leichter macht, und ergeben glänzende Lötstellen. Letzteres hat elektrisch natürlich keinerlei Bedeutung, macht aber manchen Bastlern besondere Freude. Ob Silber oder Kupfer macht keinen wirklich dramatischen Unterschied, außer beim Preis. Ich

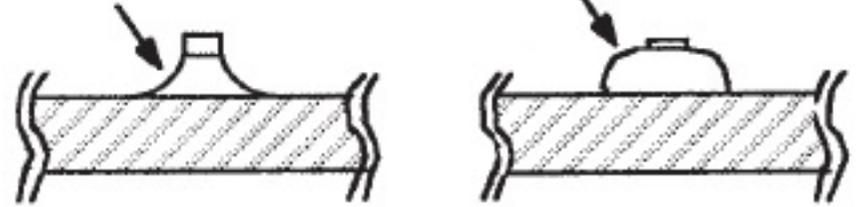
habe in meinen Bastelkursen oft festgestellt, dass die „Sparsamkeit“ der Funkamateure gerade bei Lötzinn sehr groß ist. Manche Lötzinnrolle, die ich bei solchen Treffen sah, war wohl offensichtlich vom Großvater geerbt. Du brauchst ja das alte Zeug nicht unbedingt wegzuwerfen, Gehäuse kann man damit sicherlich noch löten und vielleicht ist ja auch mal eine Dachrinne defekt. Beim Zusammenbau eines Bausatzes solltest du aber auf jeden Fall auf das alte Zeugs verzichten, sonst wirst du möglicherweise später um die Suche nach kalten Lötstellen und Lötbrücken nicht herum kommen.

### Lötkolben

Benutze möglichst einen Lötkolben mit einer Leistung zwischen 50 und 80 Watt. Ein 15W- oder auch 30W-Kolben ist nach meiner Erfahrung nur etwas für Masochisten. Unsere Leiterplatten mit durchgehender Massefläche haben eine sehr große Wärmekapazität d.h. sie können sehr viel Energie in Form von Wärme aufnehmen.

Optimal ist eine Lötstation, die mit Niederspannung und Potentialausgleich arbeitet. Wir benutzen heutzutage sehr viele empfindliche Bauteile, die bei ungenügender Erdung des Werkzeugs schnell Schaden nehmen. Es gibt sehr gute Lötstationen bereits sehr preiswert im Handel zu kaufen. Schlechte Erfahrung habe ich mit allen Lötkolben gemacht, bei der die Spitze in den Kolben gesteckt und mit einer Schraube befestigt wird. Bei dieser Art sitzt die Spitze oft schlecht im Heizelement und hat dadurch schlechten Wärmeübergang. Die Spitze sollte heute immer eine veredelte Lötspitze sein! Die Zeit der handgeschmiedeten Lötspitzen aus Kupfer oder Schweißdraht ist bei aller Sparsamkeit vorbei. Halte die Lötkolbenspitze sauber. Wenn Du mit dem Lötkolben arbeitest, benutze einen feuchten Schwamm oder ein feuchtes Küchentuch aus Leinen, um die Spitze regelmäßig zu reinigen. Für die Leiterbahnen ist eine 0,8mm Bleistiftspitze ideal. Auf der Massefläche macht diese Spitze aber manchmal Probleme. Hier ist die breitere Hammerspitze wegen der besseren Wärmeabgabe von Vorteil. Erhitze die Lötstelle nur so viel, wie für eine gute Lötverbindung nötig ist. Ein kleiner „Schraubstock“ oder ein Platinenhalter zum Halten der Leiterplatte macht die Arbeit leichter.

So sehen eine korrekte und eine unkorrekte Lötstelle aus:



ideal: der Lötspitzen ist gerundet und konkav.

Lötzinn ist zugeführt bis nichts mehr passt

Berühre mit der Lötspitze Leiterzug und Bauelementanschluss gleichzeitig. Führe das Lötzinn innerhalb von einer oder zwei Sekunden zu. Du wirst sehen, wie das Zinn in die Lötstelle fließt. Ziehe den Lötzinn und dann den Lötkolben weg. Widerstehe der Versuchung, soviel Zinn in die Lötstelle zu stopfen, bis nichts mehr reinpasst. Zuviel Lötzinn führt meist zu Schwierigkeiten. Es können sich Zinnbrücken über dicht benachbarte Leiterzüge bilden. Alle Bauelemente werden zum Löten, so weit es geht, auf die Platine gedrückt. Das ist keine Frage der Ästhetik, sondern eine hochfrequenztechnische Notwendigkeit. Widerstände liegen also mit dem Körper flach auf der Platine auf, wenn sie nicht gerade stehend eingelötet werden. Kondensatoren gehören ebenfalls bis runter auf die Platinen. Mit anderen Worten: es gibt keine Bauteile mit langen Beinen.

## Werkzeuge

Du benötigst folgendes Werkzeug zum Aufbau:

- Eine ESD-sichere Lötstation mit Potentialausgleich und feiner Spitze, einstellbar von 370-430 Grad C. Ideal ist eine Bleistiftspitze 0,8 mm oder eine Spatenspitze mit 1,3mm. Benutze keine LötKolben mit 230V Speisung oder Lötpistolen. Die Zerstörung von Leiterbahnen und Bauteilen ist sonst vorprogrammiert.
- Elektroniker-Lötzinn mit 0,5 mm Durchmesser. Lötzinn mit 1mm Durchmesser ist für moderne Leiterplatten mit Lötstopmaske definitiv zu dick, wir warnen ausdrücklich davor (Gefahr von Kurzschlüssen auf der Platinenoberseite durch Kapillareffekt). Benutze niemals Lötzinn mit saurem oder wasserlöslichem Flussmittel. Du verlierst nicht nur die Garantie, du wirst auch keine Freude an Deinem Gerät haben!
- Gutes Entlötwerkzeug ist unbezahlbar. Besorge dir wirklich gute Entlötlitze. Die billige aus dem Versandgroßhandel tut es meist nicht richtig. Man erkennt gute Entlötlitze daran, dass sie wie Seide glänzt. Eine gute Entlötpumpe ist ebenfalls hilfreich.
- Schraubendreher: Kleine Kreuzschlitz- und spatenförmige Schraubendreher gehören zur Grundausrüstung. Nimm keinen Schraubendreher, bei dem die Kanten schon verbogen sind.
- Eine gute Spitzzange
- Ein Elektroniker Seitenschneider. Der aus der großen Werkzeugkiste ist nicht der richtige! Halbmondförmige Schneiden sind besser als Quetscher. Zur Not reicht ein Nagelknipser aus der Drogerie.
- DVM Digitalvoltmeter zum Messen von Strom, Spannung und Widerstand. Wenn das DVM Kondensatoren messen kann, ist man im Vorteil.
- WICHTIG: eine Lesebrille oder Lupe oder beides. Die Erfahrung sagt, das viele Fehler wegen fehlender Lupe oder Brille gemacht werden. Beide

nutzen nur, wenn gleichzeitig wirklich gutes Licht vorhanden ist. Daraus resultiert zwangsläufig der nächste Punkt:

- Eine gute Arbeitsplatzlampe.

Wie schon erwähnt, sollen alle Arbeiten an einem ESD sicheren Arbeitsplatz durchgeführt werden. Armband und Antistatik Unterlage gehören bei modernen Bauteilen einfach dazu.

Sollte etwas unklar sein, wende dich an den QRPproject Support.

Das meiste benötigte Werkzeug kannst du direkt von QRPproject bekommen.

## Entlöten

Die in unseren Bausätzen benutzten Leiterplatten sind doppelseitig und durchkontaktiert. Das bedeutet, es gibt auf beiden Seiten Leiterbahnen und Masseflächen, die durch die Platinen hindurch an jeder Bohrung miteinander verbunden sind. Bauteile von einer solchen Leiterplatte zu entfernen kann ziemlich schwierig sein. Dazu muss das Zinn komplett aus der Bohrung entfernt sein, bevor ein Bauteilanschluss heraus gezogen werden kann. Dazu wird wirklich gute Entlötlitze und/oder eine Entlötpumpe gebraucht. Man benötigt einige Erfahrung. Deswegen geben wir einige Tipps. Die beste Strategie den Entlöt-Stress zu vermeiden ist, die Bauteile gleich beim ersten Mal richtig zu platzieren! Prüfe den Wert und die Einbaurichtung eines jeden Bauteiles zwei mal, bevor du die Anschlüsse verlötetest. Denk immer an die ESD Problematik und mach den Arbeitsplatz ESD-sicher!

Wenn Bauteile entlötet werden müssen: Bevor der „offizielle“, international übliche Text über das Entlöten kommt, stelle ich hier mal meine eigenen Ansichten dazu vor. Sie haben sich in vielen Reparaturstunden bewährt:

Es macht in der Regel keinen Sinn, unbedingt das Bauteil retten zu wollen. Geiz soll zwar angeblich geil sein, aber letztlich ist eine zerstörte Platine teurer als ein aufgegebenes Bauteil. Viele von euch werden noch daran gewöhnt sein, mit ausgebauten Teilen neue Projekte zu realisieren. Aber seid mal ehrlich, das stammt aus einer Zeit, als die Teile sehr groß waren und auch nicht besonders empfindlich. Ich persönlich setze keine Gebrauchtteile mehr ein, weil das Risiko, dass sie beim Ausbau Schaden

genommen haben einfach zu groß ist.

Wie gehe ich also vor:

Als erstes schneide ich mit dem Elektroniker-Seitenschneider die Bauteile so zurecht, dass jedes Bauteilbeinchen einzeln übrig bleibt. Ein Widerstand wird also zur Hälfte durchgeschnitten, ein Transistor in drei Teile zerlegt, ein IC kreuz und quer zerlegt, bis jedes Beinchen einzeln da steht.

Nun geht es weiter auf zwei verschiedene Weisen: Steht ein Helfer bereit (Frau, Sohn, Tochter, Freund, es braucht kein Fachmann zu sein) so ist der Rest ganz einfach: die Hilfsperson zieht die freigelegten Beinchen eins nach dem anderen mit einer Spitzzange heraus, sobald ich die entsprechende Lötstelle von der anderen Seite her genügend aufgeheizt habe.

Ist kein Helfer da, so muss ich beides gleichzeitig ausführen: heizen und ziehen. Das geht nur, wenn ich einen stabilen Leiterplattenhalter benutze.

Problematisch ist auch, dass es besonders bei größeren Platinen nahezu unmöglich ist, beide Seiten der Platine gleichzeitig im Auge zu halten. In diesem Falle wende ich eine etwas andere Methode an: Ich halte die Platine fest in der Hand, die Platine schwebt dabei waagrecht mit der Bauteilseite nach unten über dem Tisch. Auf der oben befindlichen Lötseite heize ich nun das entsprechende Lötauge auf. Ist das Zinn geschmolzen, schlage ich mit der Faust kurz und sehr kräftig auf den Tisch. Wohlgemerkt: mit der Faust, nicht mit der Platine.

Durch das heftige Abbremsen beim Aufschlag wird das Bauteilbeinchen beschleunigt und fliegt nach unten aus dem Lötpad. Sind die Bauteilbeinchen entfernt, kann ich mit guter Entlötlitze die Bohrung säubern, ohne großen Schaden anzurichten.

So, das war die DL2FI Methode, es folgt die Offizielle:

Ziehe niemals ein Bauteil-Beinchen aus der Bohrung ohne vorher das Zinn komplett entfernt zu haben. Alternativ kannst du an dem Beinchen ziehen, wenn genug Hitze zugeführt wird, um das Zinn zu schmelzen. Ist das nicht der Fall, besteht Gefahr, dass die Durchkontaktierung zerstört wird.

Heize auch beim Entlöten nur für wenige Sekunden. Die Leiterbahnen können sich lösen, wenn zu lange geheizt wird.

Benutze Entlötlitze mit 2,5mm Breite.

Wenn möglich, entferne das Zinn von beiden Seiten der Platine her.

Wenn du mit einer Entlötpumpe arbeitest, benutze eine große (Jumbo)

Pumpe. Die kleinen arbeiten nicht sehr effizient. Wer sich den Luxus leisten

kann benutze eine Vacuum Entlötpumpe.

Der sicherste Weg IC oder Bauteile mit drei und mehr Beinchen zu entlöten ist, die Beinchen am Bauteilkörper abzuschneiden und sie dann einzeln auszulöten. Eine zerstörte Leiterplatte durch erfolgloses Entlöten ist teuer. Der Versuch, das Bauteil zu retten lohnt meist nicht.

Leiste dir einen Leiterplattenhalter. Das macht beide Hände frei für die Entlötarbeit. Auch das Löten geht damit viel einfacher. Kommst du mit einer bestimmten Reparatur nicht weiter, berate dich mit unserem Support.

Bemerkungen zum Aufbau: Jeder Schritt beim Aufbau des WRFM15 ist mit einer Kontrollbox [ ] versehen. Überschlage niemals einen Arbeitsschritt. Möglicherweise schadest du mit einer Änderung der Reihenfolge des Aufbaus der Funktion oder Performance des Bausatzes.

Teile einbauen:

Folge immer der Anweisung zur Positionierung von Bauteilen.

Werkzeuge bei QRPproject:

Entlötlitze

Lötzinn 0,5mm

Lupe

Platinenhalter

Elektroniker Seitenschneider

DVM

# Aufbau und Test

## Baugruppe 0: Inventur

Es ist unbedingt notwendig, dass Du vor Beginn des Aufbaus überprüfst, ob alle Teile im Bausatz enthalten sind. Dazu dienen die im Anhang befindlichen Tabellen.

Beachte dabei, dass einige Bauteile wie Transistoren und IC's empfindlich auf statische Entladungen(ESD) z.B. beim Anfassen reagieren. Nutze unbedingt entsprechende Sicherheitsmaßnahmen.

Bauteile Meßkopf vollzählig

Bauteile Anzeigeeinheit vollzählig

Sollte etwas fehlen, dann wende dich bitte an den Support.

## Baugruppe 1: Anzeigeeinheit Stromversorgung

### Aufbau

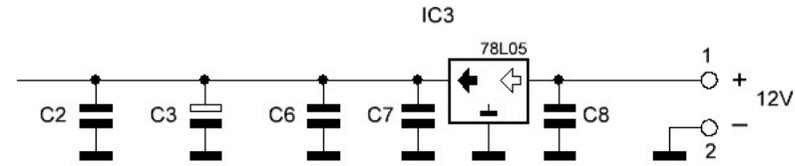


Bild1: Schaltung BG1

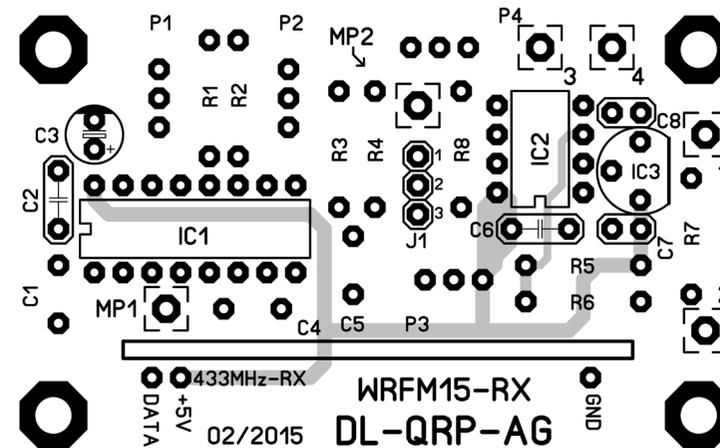


Bild 2: Lage der Bauteile BG1

Es geht los mit einigen mechanischen Bauteilen:

J1 Stiftleiste 3pol + Jumper RM 2,54mm

Lötstift MP 1

Lötstift MP 2

Lötstift „1“

Lötstift „2“

Lötstift „3“

Lötstift „4“

nun nur die Sockel

[ ] SK 1 Präzisionssockel DIL16 für IC 1

[ ] SK 2 Präzisionssockel DIL8 für IC 2

Die IC's werden noch nicht bestückt!

Jetzt folgen die ersten elektronischen Bauteile. Grundsätzlich werden alle Bauteile so dicht wie irgend möglich auf die Leiterplatte gesetzt und verlötet, es sei denn, es wird ausdrücklich darauf hingewiesen.

[ ] C 2 100nF RM 5mm

[ ] C 6 100nF RM 5mm

[ ] C 7 100nF

[ ] C 8 100nF

[ ] C 3 47µF 25V radial low ESR 105°C (Polarität beachten!)

[ ] IC 3 78L05

### Test der Baugruppe 1:

Bei jeder Baugruppe beginnt der Test mit einer selbstkritischen Überprüfung der Arbeiten. Sind die bestückten Bauteile auf ihrem richtigen Platz? Sind alle notwendigen Lötstellen ausgeführt? Sind und das keine ungewollten Lötbrücken zustande gekommen?

[ ] optische Überprüfung OK

[ ] schließe eine 12V-Spannungsquelle an, Plus an Lötstift 1, Minus an Lötstift 2

[ ] schalte die Stromversorgung ein. Sollte viel Strom fließen oder sich Rauchwölkchen bilden, sofort ausschalten und den Fehler suchen

[ ] mit einem Voltmeter ist an den Lötäugen GND und +5V für das Funkempfangsmodul eine Spannung von 5 Volt zu messen.

[ ] Ausschalten nicht vergessen, Spannungsquelle abklemmen ;-)

## Baugruppe 2: Impedanzwandler/Stromsenke Aufbau

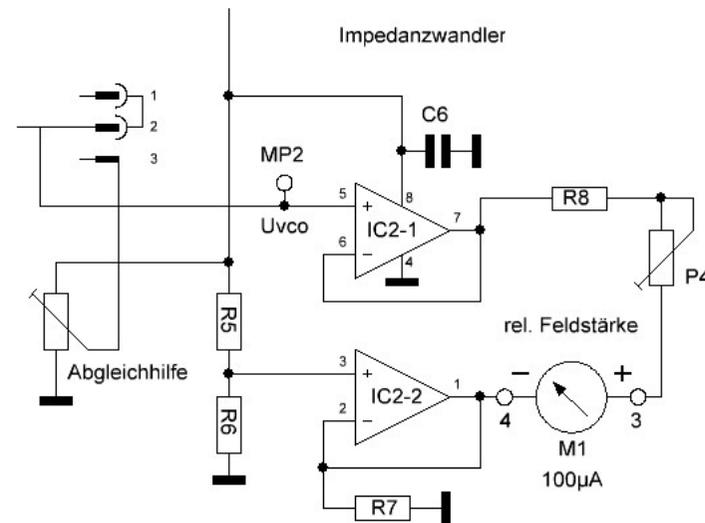


Bild 3: 1V Spannungsquelle und Stromsenke

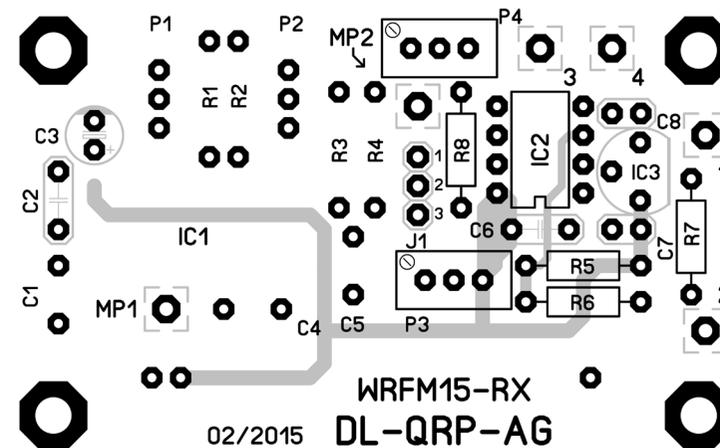


Bild 4. Lage der Bauteile BG 2

Diese Baugruppe besteht nur aus wenigen Bauteilen, von denen C 6, MP 2,

die Lötstifte 3 und 4 sowie der IC-Sockel für IC 2 schon bestückt sind.  
Weiter geht es mit den Widerständen:

- [ ] R 5 39K Metall 1%
- [ ] R 6 10K Metall 1%
- [ ] R 7 820R
- [ ] R 8 18K Metall 1%

den Trimpotis

- [ ] P 3 10K 25 Gang Trimpoti
- [ ] P 4 20K 25 Gang Trimpoti vertikal

und IC 2

- [ ] IC2 TL062 DIL8

### Test der Baugruppe 2:

- [ ] optische Prüfung OK
- [ ] lege die Versorgungsspannung an
- [ ] stelle mittels P3 eine Spannung von +4,00V an MP2 ein
- [ ] verbinde Lötpins 3-4 mit  $\mu$ A-Meter
- [ ] stelle mit P4 exakt Vollausschlag an M1 ein
- [ ] stelle mit P3 wieder exakt +1,00V an MP2 ein
- [ ] ausschalten und abklemmen nicht vergessen

## Baugruppe 3: Empfänger und F/U-Wandler

### Aufbau

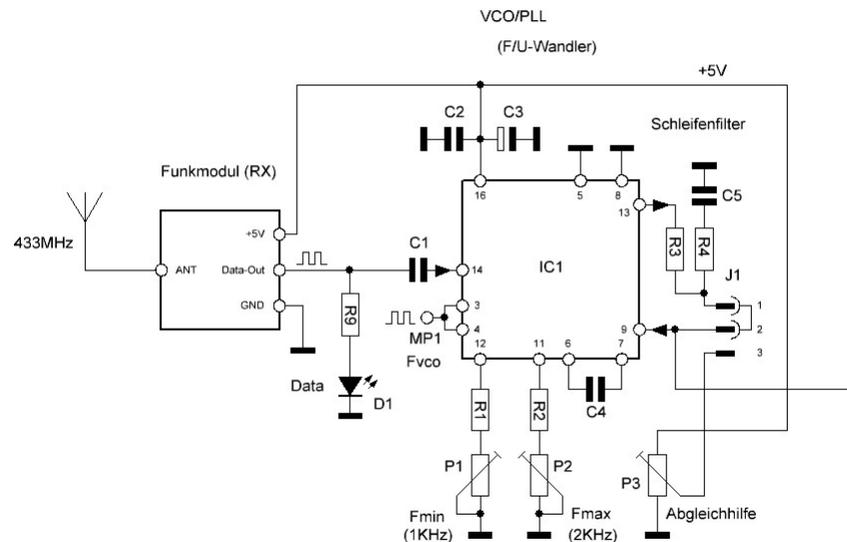


Bild 5: Schaltung der BG 3

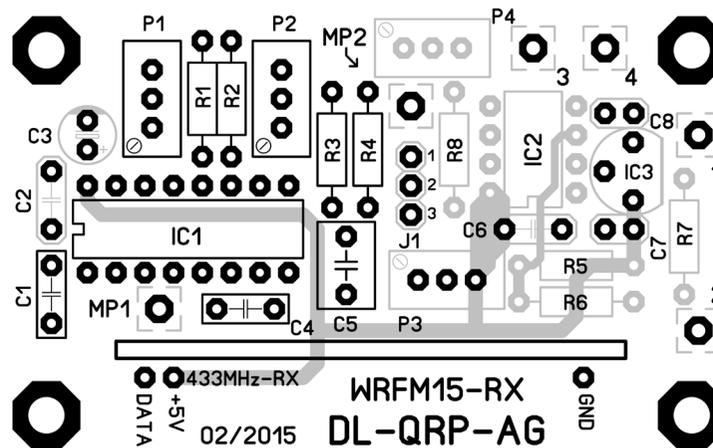


Bild 6: Lage der Bauteile BG 3

C 2, C 3, P3 und der Jumper J1 wurden schon bestückt.

Weiter mit den Kondensatoren

- [ ] C 1 22nF Folie 63V MKS-2
- [ ] C 4 15nF Folie 63V 5% MKS-2-5
- [ ] C 5 1,5µF Folie 63V MKS-2

und den Widerständen:

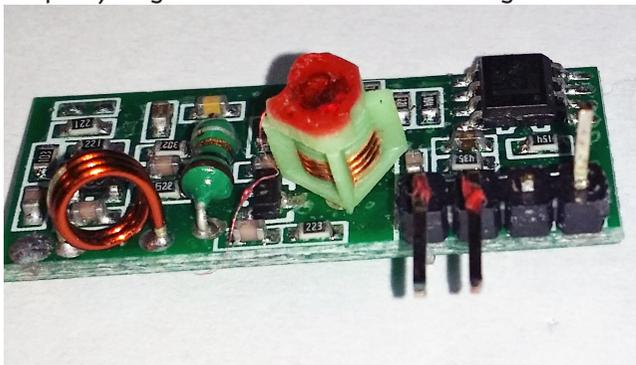
- [ ] R 1 82K Metall 1%
- [ ] R 2 39K Metall 1%
- [ ] R 3 47K
- [ ] R 4 4,7K

Nun folgen die Spindeltrimmer

- [ ] P 1 50K 25 Gang Trimpoti
- [ ] P 2 50K 25 Gang Trimpoti

sowie das Funkempfangsmodul. Leider sind die ursprünglich vorgesehenen Module nicht mehr verfügbar, so dass wir hier etwas improvisieren müssen.

Nimm den Empfänger so in die Hand, dass sich die Stiftleiste rechts unten befindet. Biege nun die beiden rechten Beinchen der Stiftleiste vorsichtig um 90 Grad nach vorn. Anschließend kann der dritte Stift von links (zweiter Datenport) abgeschnitten werden. Das Ergebnis sollte in etwa so aussehen:



Den verbliebenen weggebogenen Stift kann man jetzt etwas kürzen. An diesen wird ein kurzes Stück Draht gelötet, das bis zum GND Lötpad des ursprünglichen Modules reichen muß.

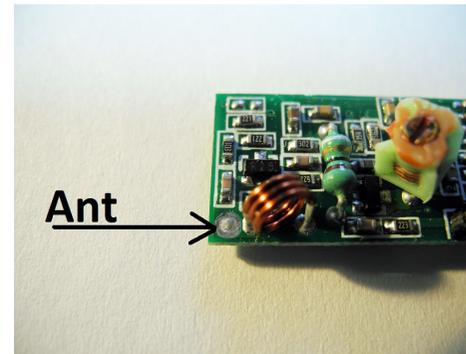
Stecke nun des Empfängers mit den nicht weggebogenen Lötstiften in die Platine der Anzeigeeinheit.



Bild 8: Einbaulage des Funkempfängers

- [ ] Funkmodulset 433MHz (Rx)

Ein ca. 17cm langes Stückchen Draht wird an das Lötauge ANT gelötet. Damit kann die Kommunikation mit dem Meßkopf später getestet werden.



Die superhelle LED und R 9 werden erst bestückt, wenn die Lage der LED in einem gewünschten Gehäuse klar ist.

Sonst in „fliegenden Aufbau“ R 9 an den Datenport (DATA) des Funkempfängers löten. Das freie Ende von R 9 wird mit der Anode der LED verbunden, während die Kathode auf Masse gelötet wird.

- R 9 1,5K
- D 1 LED rot

IC 1 bestücken

### **Test der Baugruppe 3 und Abgleich Anzeigeeinheit**

- optische Prüfung OK
- 1. an den Lötstiften 1-2 12V DC aus ext. Netzteil einspeisen
- 2. setze Jumper J1 auf Position 2-3
- 3. verbinde MP1 mit hochohmigem Zählereingang oder Scope (10:1 Tastkopf)
- 4. stelle mit P3 eine Spannung von +1,00V an MP2 ein
- 5. stelle mit P1 eine Frequenz von exakt 1,00KHz bzw. 1,00msec ein (MP1)
- 6. stelle mittels P3 eine Spannung von +4,00V an MP2 ein
- 7. stelle mit P2 eine Frequenz von exakt 2,00KHz bzw. 0,500msec ein (MP1)
- 8. wiederhole nochmals die Punkte 4 bis 7 dieses Abgleichs
- 9. setze Jumper J1 auf Position 1-2; die Baugruppe ist nun betriebsbereit.

- 10. Spannung ausschalten und abklemmen nicht vergessen

## Baugruppe 4: Spannungsversorgung Messkopf

### Aufbau

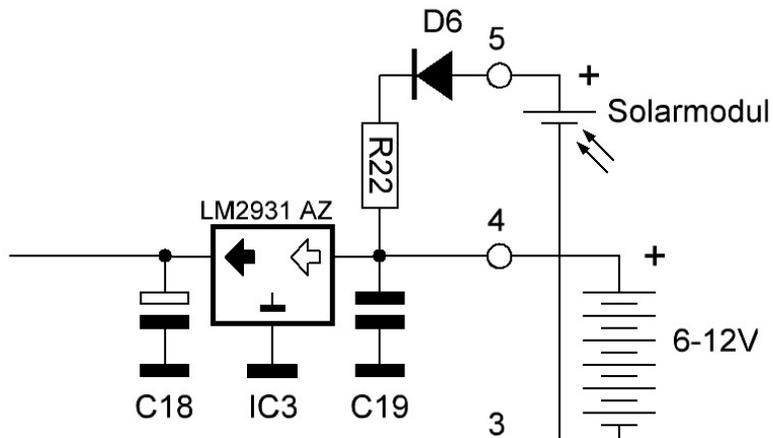


Bild 9: Schaltung BG 4

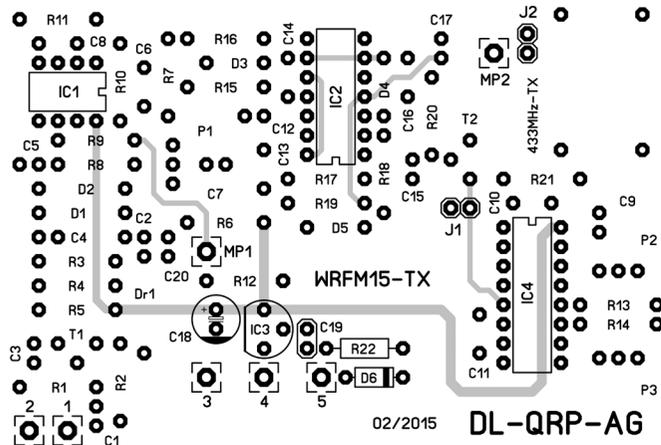


Bild 10: Lage der Bauteile

Starten wir wieder mit dem Lötstiften und Jumperbrücken:

- Lötstift „1“
- Lötstift „2“

- Lötstift „3“
- Lötstift „4“
- Lötstift „5“

- Lötstift „MP1“
- Lötstift „MP2“

- J 1    Stiftleiste 2pol + Jumper
- J 2    Stiftleiste 2pol + Jumper

Wie schon beim Anzeigeteil bestücken wir nur die Sockel für die IC's

- Präzisionssockel DIL8 für IC 1
- Präzisionssockel DIL14 für IC 2
- Präzisionssockel DIL16 für IC 3

gefolgt von den Kondensatoren

- C 19    100nF
- C 18    100µF, 10V, radial, low ESR, 105°C    **Polarität beachten!**

und dem Spannungsregler

- IC 3    LM2931 AZ 5V    T092

Die folgenden Bauteile werden nur benötigt, wenn Du ein Solarmodul zur Pufferung des Akkus einsetzt:

- D 6    BAT42

- R 22    muss abhängig vom Solarmodul ausprobiert werden

## Test der Baugruppe 4:

- [ ] optische Prüfung OK
- [ ] an den Lötstiften 3 (minus) und 4 (plus) eine Spannung von 12 Volt aus einem externen Netzteil einspeisen
- [ ] an Pin 8 von IC 1 ist eine Spannung von 5 Volt (+/- 0,25V) zu messen
- [ ] Spannung ausschalten und abklemmen

## Baugruppe 5: HF-Teil Messkopf Aufbau

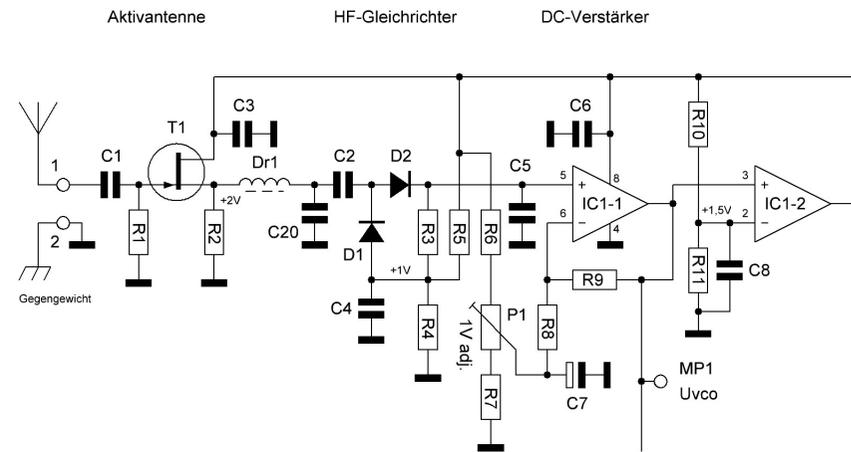


Bild 11: Schaltung HF-Teil

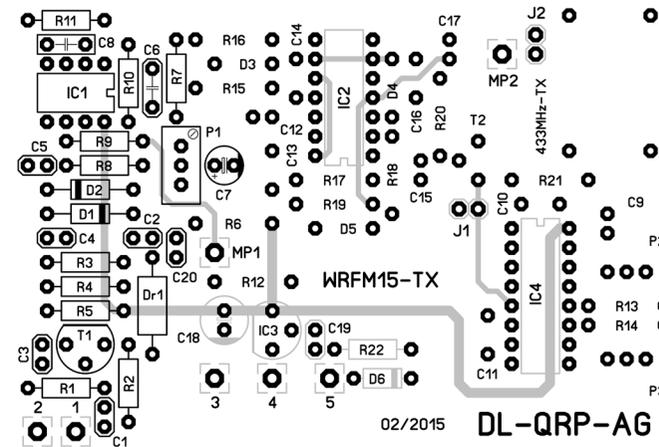


Bild 12: Lage der zu bestückenden Bauteile BG5

Starten wir bei der Bestückung mit den Widerständen, die sämtlich flach auf der Leiterplatte liegen sollen.

- R 1 1M
- R 9 1M Metall 1%
- R 2 2k2
- R 3 10K Metall 1%
- R 4 5k6 Metall 1%
- R 5 22K Metall 1%
- R 6 18K Metall 1%
- R 7 2k7 Metall 1%
- R 8 47K Metall 1%
- R 10 27K Metall 1%
- R 11 12K Metall 1%

Es folgen die Kondensatoren:

- C 1 33pF
- C 2 10nF
- C 3 47nF
- C 5 47nF
- C 4 100nF
- C 6 100nF RM 5mm
- C 7 10µF 50V radial low ESR
- C 8 100nF Folie 63V MKS-2 RM 5mm
- C 20 12pF

Bei den Dioden unbedingt die richtige Einbaulage beachten:

- D 1 Ge-Diode AA143 o.ä.
- D 2 Ge-Diode AA143 o.ä.

Endspurt der Baugruppe:

- Dr 1 1,5µH SMCC
- P 1 2K 25 Gang Trimpoti
- IC 1 TL062 DIP

**Beim Einbau des Transistors ESD-Vorschriften beachten!**

- T 1 BF244B

**Test der Baugruppe 5:**

- optische Kontrolle OK
- an den Lötstiften 3 (minus) und 4 (plus) eine Spannung von 12 Volt aus einem externen Netzteil einspeisen
- an Source von T 1 (R 2) sollten etwa +2V zu messen sein
- mittels P 1 muß sich eine Spannung zwischen +1,00V und +4,00V an MP 1 einwandfrei einstellen lassen.
- Stromversorgung ausschalten und abklemmen

## Baugruppe 6: U/F-Wandler (VCO)

### Aufbau

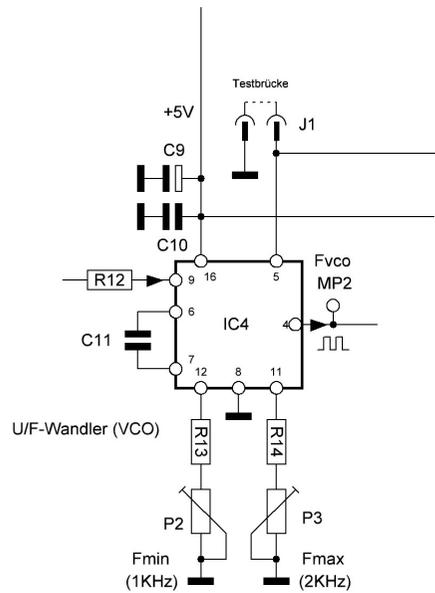


Bild 13: Schaltung des Spannung-Frequenz-Wandlers

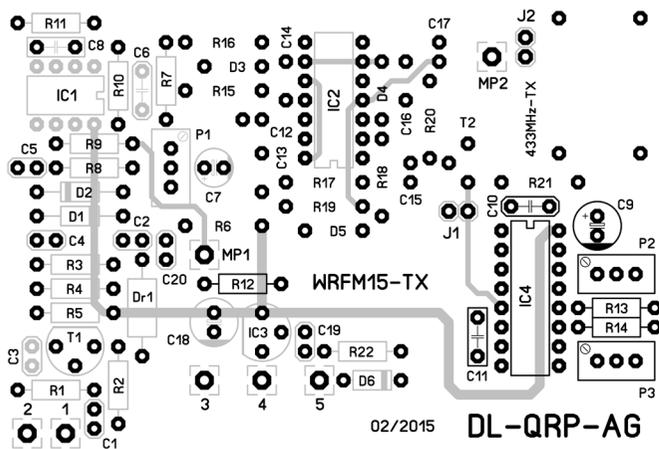


Bild 14: Lage der Bauteile BG 6

Diese Baugruppe besteht aus nur wenigen Bauteilen

[ ] R 12 1K (befindet sich links vom Schriftzug WRFM15-TX)

Alle anderen Bauteile sind in der Nähe von IC 4:

[ ] R 13 82K Metall 1%

[ ] R 14 39K Metall 1%

[ ] C 9 47 $\mu$ F 25V radial low ESR 105°C

[ ] C 10 100nF RM 5mm

[ ] C 11 15nF Folie 63V 5% MKS-2-5 RM 5mm

[ ] P 2 50K 25 Gang Trimpoti vertikal

[ ] P 3 50K 25 Gang Trimpoti vertikal

Das war es schon, weiter geht es mit dem

### Test der Baugruppe 6:

[ ] optische Kontrolle OK

[ ] 1. stecke IC 4 in Fassung ein (**ESD beachten**) und setze Jumper J 1

[ ] Spannungsversorgung anlegen und einschalten

[ ] 2. verbinde MP 2 mit hochohmigem Zählereingang oder Scope (10:1 Tastkopf)

[ ] 3. stelle mit P 1 eine Spannung von +1,00V an MP 1 ein

[ ] 4. stelle mit P 2 eine Frequenz von exakt 1,00KHz bzw. 1,00msec ein (MP 2)

[ ] 5. stelle mittels P 1 eine Spannung von +4,00V an MP 1 ein

[ ] 6. stelle mit P 3 eine Frequenz von exakt 2,00KHz bzw. 0,500msec ein (MP 2)

[ ] 7. wiederhole nochmals die Punkte 3 bis 6

[ ] Spannung ausschalten und abklemmen

## Baugruppe 7: Steuerung

### Aufbau

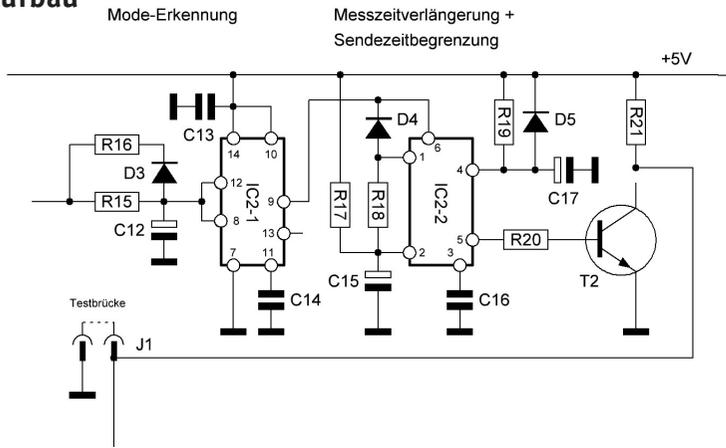


Bild 15: Schaltung der Steuerung

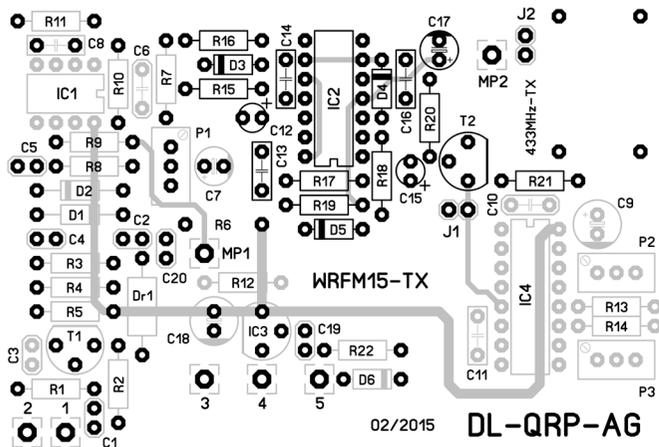


Bild 16: Lage der Bauteile BG 7

Bei den Dioden unbedingt wieder die richtige Einbaulage beachten!

- D 3 BAT42
- D 4 BAT42
- D 5 BAT42

weiter geht es mit den Widerständen:

- R 15 1M
- R 17 1M
- R 16 10K
- R 18 2k7
- R 19 33K
- R 20 39K
- R 21 18K

und den Kondensatoren

- C 12 4,7µF 16V Tantalperle (Erinnerung: Plus ist gekennzeichnet!)
- C 13 100nF Folie 63V MKS-2 RM 5mm
- C 14 100nF Folie 63V MKS-2 RM 5mm
- C 16 100nF Folie 63V MKS-2 RM 5mm
- C 15 15µF 16V Tantalperle
- C 17 22µF 25V radial low ESR 105°C

fehlt noch der Transistor

- T 2 BC546B

und der Schaltkreis

- IC 2 ICM7556 DIL14 ESD beachten !

### Test der Baugruppe 7:

- optische Kontrolle OK
- 1. entferne Jumper J 1
- 2. stelle mit P 1 eine Spannung von +1,00V an MP 1 ein
- 3. Pin1 von IC 1 muß auf 0V liegen; Pin9 von IC 2 muß auf +5V liegen; Pin5 von IC2 muß auf 0V liegen; Kollektor von T2 sollte auf +5V

liegen

- [ ] 4. erhöhe mit P 1 vorsichtig die Spannung an MP 1; bei einem Wert von etwa +1,5V sollte Pin1 von IC 1 auf +5V springen; Pin9 von IC 2 nach etwa 5sec. auf 0V wechseln und Pin5 von IC 2 zeitgleich auf +5V; Kollektor von T2 sollte dabei auf 0V liegen.
- [ ] 5. stelle mit P1 eine Spannung von +1,00V an MP1 ein.
- [ ] 6. es müssen sich wieder die Spannungswerte wie unter Punkt 3 ein stellen.
- [ ] 7. setze Jumper J2; die Baugruppe ist nun betriebsbereit
- [ ] 8. Spannung ausschalten und abklemmen

## Baugruppe 8: Funksendemodul

Eigentlich ist es gar keine einzelne Baugruppe, aber durch die Abkündigung des ursprünglich vorgesehenen Senders müssen wir wieder (wie schon beim Empfänger in der Anzeigeeinheit) ein wenig improvisieren.

Die beiden linken Stifte Data und VCC der Anschlußleiste werden vorsichtig mit einer kleinen Zange um 90 Grad nach vorn gebogen. Löte nun den verbliebenen Stift GND in den GNV Anschluß den ursprünglichen Moduls. Mit einem kurzen Drahtstück stellst Du die Verbindung vom mittleren Stift zum Löttauge +5V her. Der linke Stift wird gleichermaßen mit dem Löttauge DATA verbunden.

So sieht das bei mir aus:

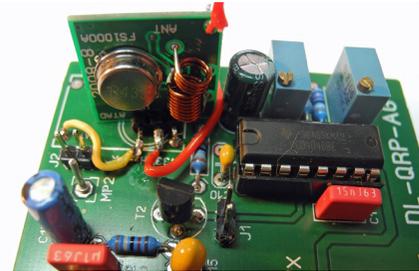


Bild 17: Anschluß des neuen TX-Moduls

Ein ca. 17cm langes Stückchen starrer Draht wird an das Löttauge ANT (ganz rechts oben am TX Modul) gelötet. In Bild 17 eben noch zu erkennen.

Teste entsprechend Anhang B die Kommunikation zwischen Messkopf und Anzeigeeinheit. Ist alles ok, dann:

# FERTIG!

# Anhang:

## Anhang A: Inventurlisten

### Stückliste Anzeigeteil WRFM15-RX

[ ]	IC1	MOS 4046	DIL16	ESD beachten !	BG 3
[ ]	IC2	TL062	DIL8		BG 2
[ ]	IC3	78L05	T092		BG 1
[ ]	D1	LED rot superhell !!			BG 3
[ ]	R1	82K Metall 1%			BG 3
[ ]	R2	39K Metall 1%			BG 3
[ ]	R3	47K			BG 3
[ ]	R4	4,7K			BG 3
[ ]	R5	39K Metall 1%			BG 2
[ ]	R6	10K Metall 1%			BG 2
[ ]	R7	820R			BG 2
[ ]	R8	18K Metall 1%			BG 2
[ ]	R9	1,5K			BG 3
[ ]	P1	50K 25 Gang	Trimpoti vertikal		BG 3
[ ]	P2	50K 25 Gang	Trimpoti vertikal		BG 3
[ ]	P3	10K 25 Gang	Trimpoti vertikal		BG 2
[ ]	P4	20K 25 Gang	Trimpoti vertikal		BG 2
[ ]	C1	22nF Folie 63V	MKS-2		BG 3
[ ]	C2	100nF RM 5mm			BG 1
[ ]	C3	47µF 25V radial	low ESR 105°C		BG 1
[ ]	C4	15nF Folie 63V	5% MKS-2-5		BG 3
[ ]	C5	1,5µF Folie 63V	MKS-2		BG 3
[ ]	C6	100nF RM 5mm			BG 1
[ ]	C7	100nF			BG 1

[ ]	C8	100nF			BG 1
[ ]	SK1	Präzisionssockel	DIL16		BG 1
[ ]	SK2	Präzisionssockel	DIL8		BG 1
[ ]	FM	Funkmodulset	433MHz (RX)		BG 3
[ ]	LS	6 Stk Lötstifte	1mm D		BG 1
[ ]	J1	Stiftleiste	3pol + Jumper RM 2,54mm		BG 1
[ ]	M1	Drehspul-Einbauinstrument	100µA		
[ ]	PCB	Leiterplatte	WRFM15-RX		

### Stückliste Messkopf WRFM15-TX

[ ]	D1	Ge-Diode	AA143 o.ä.		BG 5
[ ]	D2	Ge-Diode	AA143 o.ä.		BG 5
[ ]	D3	BAT42			BG 7
[ ]	D4	BAT42			BG 7
[ ]	D5	BAT42			BG 7
[ ]	D6	BAT42			BG 4
[ ]	T1	BF244B			BG 5
[ ]	T2	BC546B			BG 7
[ ]	IC1	TL062	DIP		BG 5
[ ]	IC2	ICM7556	DIL14	ESD beachten !	BG 7
[ ]	IC3	LM2931	AZ 5V T092		BG 4
[ ]	IC4	MOS 4046	DIL16	ESD beachten !	BG 6
[ ]	R1	1M			BG 5

[ ]	R2	2,2K		BG 5	[ ]	C11	15nF Folie 63V 5% MKS-2-5 RM 5mm	BG 6
[ ]	R3	10K Metall 1%		BG 5	[ ]	C12	4,7µF 16V Tantalperle	BG 7
[ ]	R4	5,6K Metall 1%		BG 5	[ ]	C13	100nF Folie 63V MKS-2 RM 5mm	BG 7
[ ]	R5	22K Metall 1%		BG 5	[ ]	C14	100nF Folie 63V MKS-2 RM 5mm	BG 7
[ ]	R6	18K Metall 1%		BG 5	[ ]	C15	15µF 16V Tantalperle	BG 7
[ ]	R7	2,7K Metall 1%		BG 5	[ ]	C16	100nF Folie 63V MKS-2 RM 5mm	BG 7
[ ]	R8	47K Metall 1%		BG 5	[ ]	C17	22µF 25V radial low ESR 105°C	BG 7
[ ]	R9	1M Metall 1%		BG 5	[ ]	C18	100µF 10V radial low ESR 105°C	BG 4
[ ]	R10	27K Metall 1%		BG 5	[ ]	C19	100nF	BG 4
[ ]	R11	12K Metall 1%		BG 5	[ ]	C20	12pF	BG 5
[ ]	R12	1K		BG 6				
[ ]	R13	82K Metall 1%		BG 6	[ ]	Dr1	1,5µH SMCC	BG 5
[ ]	R14	39K Metall 1%		BG 6				
[ ]	R15	1M		BG 7	[ ]	SK1	Präzisionssockel DIL8	BG 4
[ ]	R16	10K		BG 7	[ ]	SK2	Präzisionssockel DIL14	BG 4
[ ]	R17	1M		BG 7	[ ]	SK3	Präzisionssockel DIL16	BG 4
[ ]	R18	2,7K		BG 7				
[ ]	R19	33K		BG 7	[ ]	FM	Funkmodulset 433MHz (TX)	BG8
[ ]	R20	39K		BG 7				
[ ]	R21	18K		BG 7	[ ]	LS	7 Stk Lötstifte 1mm D	BG 4
[ ]	R22	Abgleichwert (je nach Solarpanel)						
[ ]	P1	2K	25 Gang Trimpoti vertikal	BG 5	[ ]	J1	Stiftleiste 2pol + Jumper RM 2,54mm	BG 4
[ ]	P2	50K	25 Gang Trimpoti vertikal	BG 6	[ ]	J2	Stiftleiste 2pol + Jumper RM 2,54mm	BG 4
[ ]	P3	50K	25 Gang Trimpoti vertikal	BG 6	[ ]	PCB	Leiterplatte WRFM15-TX	
[ ]	C1	33pF		BG 5				
[ ]	C2	10nF		BG 5				
[ ]	C3	47nF		BG 5				
[ ]	C4	100nF		BG 5				
[ ]	C5	47nF		BG 5				
[ ]	C6	100nF RM 5mm		BG 5				
[ ]	C7	10µF 50V radial low ESR 105°C		BG 5				
[ ]	C8	100nF Folie 63V MKS-2 RM 5mm		BG 5				
[ ]	C9	47µF 25V radial low ESR 105°C		BG 6				
[ ]	C10	100nF RM 5mm		BG 6				

## **Anhang B: Abgleichanweisung Bausteine drahtlose rel. Feldstärkemessung**

### **1. Messkopf WRFM15-TX**

1. kplt. bestückte Platine ohne aufgesteckte ICs
2. an Lötpins 3-4 9V DC aus ext. Netzteil einspeisen.
3. am Ausgang von IC3 sollten +5V +/- 0,25V anliegen (DVM)
4. an Source von T1 (R2) sollten etwa +2V zu messen sein
5. stecke IC1 in Fassung ein; verbinde MP1 mit DVM
6. mittels P1 muß sich eine Spannung zwischen +1,00V und +4,00V an MP1 einwandfrei einstellen lassen.
7. stecke IC4 in Fassung ein und setze Jumper J1
8. verbinde MP2 mit hochohmigem Zählereingang oder Scope (10:1 Tastkopf)
9. stelle mit P1 eine Spannung von +1,00V an MP1 ein
10. stelle mit P2 eine Frequenz von exakt 1,00KHz bzw. 1,00msec ein (MP2)
11. stelle mit P1 eine Spannung von +4,00V an MP1 ein
12. stelle mit P3 eine Frequenz von exakt 2,00KHz bzw. 0,500msec ein (MP2)
13. wiederhole nochmals die Punkte 9 bis 12
14. entferne Jumper J1 und stecke IC2 in Fassung ein
15. stelle mit P1 eine Spannung von +1,00V an MP1 ein
16. Pin1 von IC1 muß auf 0V liegen; Pin9 von IC2 muß auf +5V liegen; Pin5 von IC2 muß auf 0V liegen; Kollektor von T2 sollte auf +5V liegen
17. erhöhe mit P1 vorsichtig die Spannung an MP1; bei einem Wert von etwa +1,5V sollte Pin1 von IC1 auf +5V springen; Pin9 von IC2 nach etwa 5sec. auf 0V wechseln und Pin5 von IC2 zeitgleich auf +5V; Kollektor von T2 sollte dabei auf 0V liegen.
18. stelle mit P1 eine Spannung von +1,00V an MP1 ein.
19. es müssen sich wieder die Spannungswerte wie unter Punkt 16 einstellen.
20. setze Jumper J2; die Baugruppe ist nun betriebsbereit

### **2. Anzeigeteil WRFM15-RX**

1. kplt. bestückte Platine ohne aufgesteckte ICs
2. an Lötpins 1-2 9V DC aus ext. Netzteil einspeisen.
3. am Ausgang von IC3 sollten +5V +/- 0,25V anliegen (DVM)
4. stecke IC1 in Fassung ein und setze Jumper J1 auf Position 2-3
5. verbinde MP1 mit hochohmigem Zählereingang oder Scope (10:1 Tastkopf)
6. stelle mit P3 eine Spannung von +1,00V an MP2 ein
7. stelle mit P1 eine Frequenz von exakt 1,00KHz bzw. 1,00msec ein (MP1)
8. stelle mittels P3 eine Spannung von +4,00V an MP2 ein
9. stelle mit P2 eine Frequenz von exakt 2,00KHz bzw. 0,500msec ein (MP1)
10. wiederhole nochmals die Punkte 6 bis 9
11. stecke IC2 in die entsprechende Fassung ein und verbinde Lötpins 3-4 mit  $\mu$ A-Meter M1
12. stelle mit P4 exakt Vollausschlag an M1 ein
13. stelle mit P3 wieder exakt +1,00V an MP2 ein
14. setze Jumper J1 auf Position 1-2; die Baugruppe ist nun betriebsbereit.

### **3. Überprüfung der 433MHz-Datenübertragung**

1. Verbinde den Messkopf sowie den Anzeigeteil jeweils mit einer Spannungsquelle
2. Das Messwerk am Anzeigeteil geht auf Vollausschlag; die Daten-LED bleibt dunkel
3. sind in der Nachbarschaft 433MHz Wetterstationen im Einsatz kann die Daten-LED sporadisch kurzzeitig aufflackern (Datentelegramme).
4. verbinde beim Messkopf MP1 mit einem Voltmeter (es muß 1,00V zu messen sein)
5. erhöhe mittels P1 die Spannung (MP1) auf etwa +2V; nach etwa 5sec muß die Daten-LED am Anzeigeteil zu leuchten beginnen und das Messwerk eine Anzeige liefern.
6. erhöhe mit P1 langsam die Spannung an MP1 bis auf max. +4V; die Messwerkanzeige muß dem Spannungsanstieg linear bis zum Vollausschlag folgen.
7. stelle mit P1 wieder eine Spannung von +1,00V an MP1 ein (Standby-Spannung)

8. nach etwa 15sec erlischt die Daten-LED und das Messwerk zeigt wieder Vollausschlag.

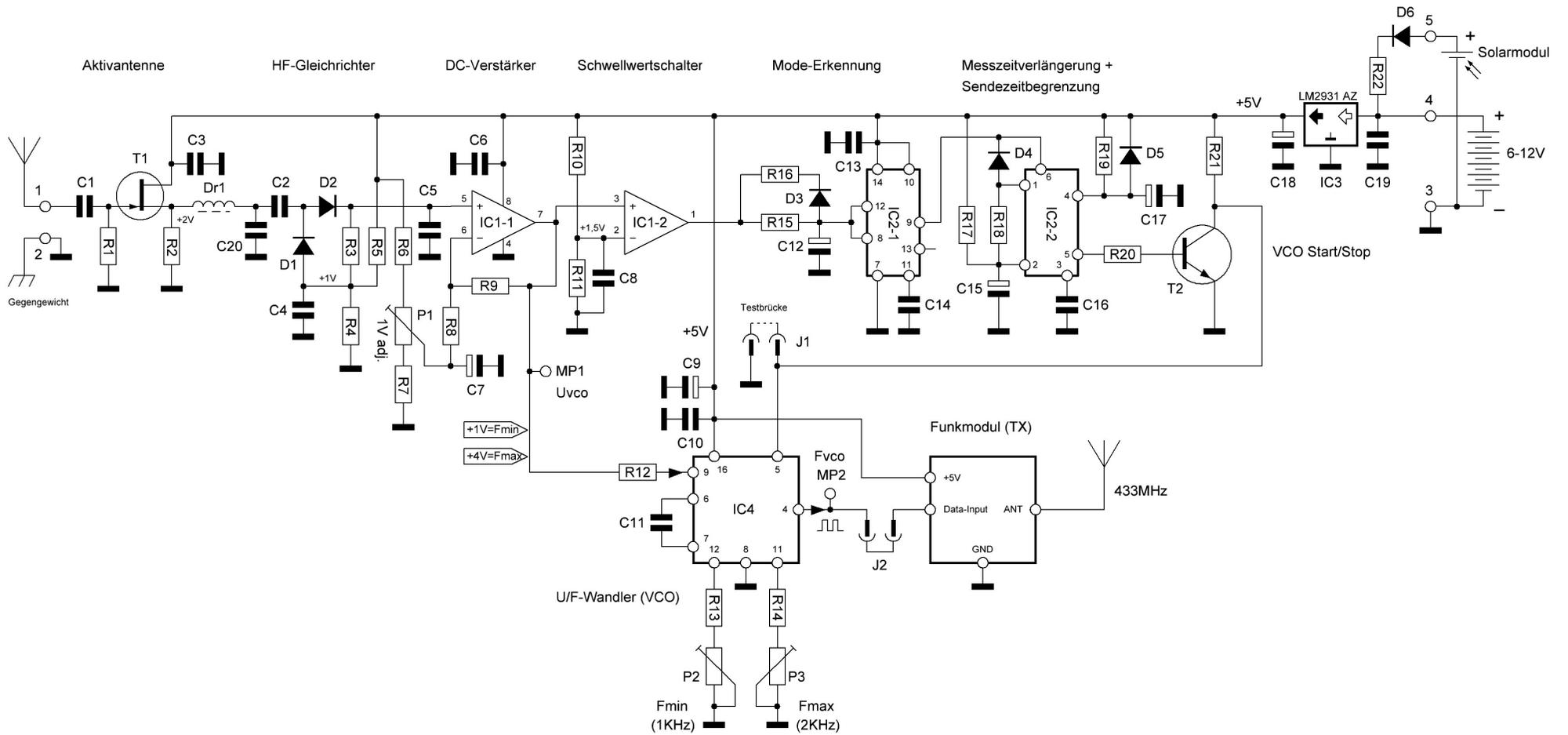
Wer einen HF-Signalgenerator besitzt kann zusätzlich die Funktion der Aktiv-Antenne und des HF-Gleichrichters überprüfen; für ihn entfallen die o.g. Punkte 5 bis 7.

folgende Vorgehensweise ist zu empfehlen:

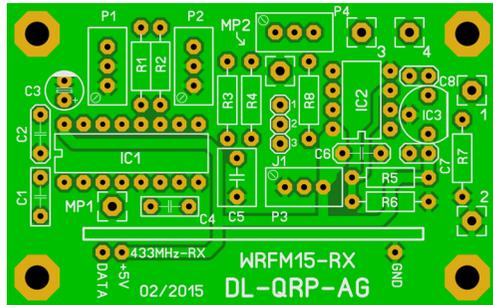
1. schließe den Antenneneingang (Lötpin 1-2) am Messkopf mit einem 50R Widerstand ab
2. verbinde Pin1-2 über ein Stück Koaxleitung mit dem HF-Signalgenerator ( $f=14\text{MHz}$ ; keine Ausgangsspannung)
3. Verbinde den Messkopf sowie den Anzeigeteil jeweils mit einer Spannungsquelle
4. Das Messwerk am Anzeigeteil geht auf Vollausschlag; die Daten-LED bleibt dunkel
5. sind in der Nachbarschaft 433MHz Wetterstationen im Einsatz kann die Daten-LED sporadisch kurzzeitig aufflackern (Datentelegramme).
6. verbinde am Messkopf MP1 mit einem DVM (es muß 1,00V zu messen sein)
7. erhöhe am HF-Signalgenerator die Ausgangsspannung bis sich an MP1 eine Spannung von etwa +2V einstellt ( etwa 25mVeff erforderlich); nach etwa 5sec muß die Daten-LED am Anzeigeteil zu leuchten beginnen und das Messwerk eine Anzeige liefern.
8. erhöhe die HF-Spannung langsam bis die Spannung an MP1 +4V erreicht; die Messwerkanzeige muß dem Spannungsanstieg linear bis zum Vollausschlag folgen.
9. schalte den HF-Signalgenerator aus - die Messwerkanzeige geht auf 0-
10. nach etwa 15sec erlischt die Daten-LED und das Messwerk zeigt wieder Vollausschlag.



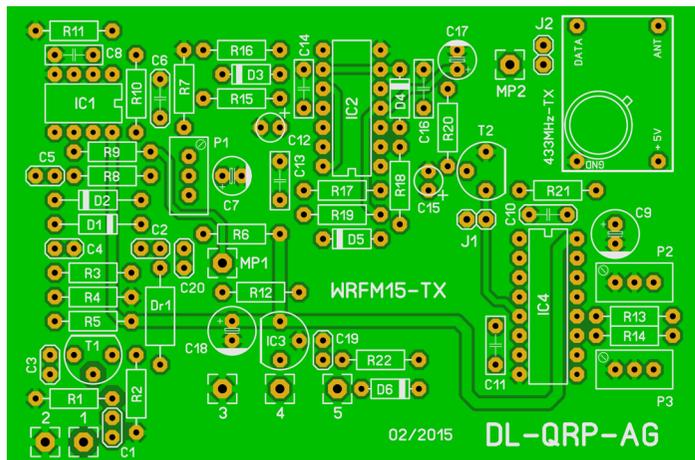
# Messkopf WRFM15-TX



## Anhang D: Ansicht der Platinen



Platine Anzeigeeinheit



Platine Meßkopf