

Gehäuse-Herstellung aus kupferkaschiertem Material



Wie oft hast du schon ein Projekt begonnen und das fertige Aussehen basiert auf etwas, was du gerade so herumliegen hattest, anstatt was du dir so vorgestellt hast. Das Gehäuse hat vielleicht überzählige Bohrlöcher oder Ausschnitte, die nicht verwendet werden und es ist für jeden offensichtlich, woher es stammt.

Mit etwas Mühe kannst du Gerätegehäuse oder Chassis aus kupferkaschiertem Leiterplattenmaterial für deine Elektronik-Projekte mit herkömmlichen Werkzeugen herstellen. Mit teuren Werkzeugen sparst du zwar Zeit, aber du erreichst die gleiche Qualität des Endproduktes mit leicht verfügbaren Handwerkzeugen, die du wahrscheinlich bereits hast.

Die in diesem Dokument beschriebene Gehäuse-Herstellung verwendet nur herkömmliche Werkzeuge und Techniken. Du kannst natürlich auch alle dir zur Verfügung stehenden Werkzeuge benutzen, um die Arbeit zu optimieren. Nach dem Lackieren, wird es dir gefallen und das Äußere unterscheidet sich nicht von einem mit der Abkantpresse hergestelltem Metallgehäuse. Mit zusätzlichen maßgeschnittenen Aufklebern verleihst du dem Ganzen ein professionelles Aussehen.

Ich benutze dieses Verfahren sehr oft, um die Formgestaltung und Passgenauigkeit von Neuentwicklungen zu überprüfen, bevor das Gehäuse von einer Firma aus Blech gefertigt wird.

Kupferkaschiertes Leiterplattenmaterial ist ein sehr praktisches Material zur Bearbeitung. Es ist stabil, einfach erhältlich, leicht nach verschiedenen Methoden zu schneiden, und da kupferbeschichtet, lässt es sich leicht löten und hat auch eine sehr gute elektrische Abschirmung. Es ist in größeren Stückzahlen auf Flohmärkten zu erwerben. Auch bei eBay oder im Versandhandel ist es zu beziehen.

Da du doch einige Zeit für die Fertigung brauchst, solltest du nicht mit Billigware arbeiten, sondern auf Qualität achten, es zahlt sich aus. Einseitig beschichtete Platinen können auch verwendet werden, außer für Stützen und Winkel, wo beide Seiten verlötet werden müssen. Ich benutze für meine Gehäuse doppelseitige Platinen. Die zusätzliche Kupferbeschichtung verleiht dem Endprodukt noch mehr Stabilität.

Suchst du entsprechendes Material, schau mal bei <http://www.mmetoolshop.eu>. Sicher gibt es weitere interessante Anbieter von zweiseitigen Epoxid in den Stärken 1,0mm, 1,5mm oder 2mm mit CU 35µ oder 70µ.

Größere Stücke des Materials sind oft preiswerter zu bekommen. Daraus kann man einige kleine Gehäuse herstellen. Ein kleiner Vorrat ist immer gut. Es gibt auch viele Anbieter, die kleinere Stücke zum Verkauf anbieten. Du musst einfach mal in den Katalogen blättern. Ich arbeite hier mit ca. 1,5mm dicken, beidseitig kupferbeschichteten Epoxid Platinen, benutze einfache Werkzeuge. Hier werden einige Bearbeitungsmethoden gezeigt, um zu veranschaulichen, wie man dieses Material einsetzen kann. Ich fertige das Gehäuse, bohre die benötigten Bohrlöcher, lackiere das Gehäuse und beschrifte es selbst.

Alle Bedienelemente werden so angeordnet wie ich es mir vorstelle. Ich lege fest, welche Baugruppen zum Einsatz kommen und wie diese angeordnet werden, ob ich Abschirmkammern

brauche, wie die Abdeckung aussehen soll und welche Farbgebung und Beschriftung ich mir vorstelle. Einfache Projekte können als so genannte offene Projekte gefertigt werden.

Benötigte Werkzeuge

- Ein Werkzeug, um das kupferkaschierte Material zu schneiden. Ich benutze eine schwere Blechschere, aber es kann auch mit einer Eisensäge geschnitten werden. Diejenigen, die eine Schlagschere ihr Eigen nennen, können diese verwenden.
- Schreibzeug
- Ein Stahllineal, eine Reißnadel und ein Körner, um die Lage der Bohrlöcher zu fixieren.
- Ein preiswerter analoger oder digitaler Messschieber ist äußerst hilfreich.
- Eine freie Fläche, um überprüfen zu können, dass die fertigen Platinenteile rechtwinklig sind und später die 90° Winkel Kontrolle der Platinen mit den gesetzten Lötunkten durchzuführen.
- Zwei Winkeleisen etwa 150mm lang, gut sind auch Aluminium Winkel.
- Ein paar Federklemmen.
- Bogen von 120er Schmirgelpapier.
- LötKolben, 40 bis 60 Watt sollten ausreichen, Lötzinn mit Kolophonium.
- Entlötlitze für die Korrektur bzw. Reparatur, falls erforderlich.
- Einen Scotch-Brite Scheuerschwamm.
- Eine ebene Fläche, um mit dem Schmirgelpapier die genauen Platinengrößen zu fertigen. Eine zugeschnittene laminierte Holzplatte wäre ideal.
- Feine Feile zum Abrunden der Kanten und Entgraten.
- M3 oder M4 Messing Muttern, weiterhin M3 oder M4 Edelstahlschrauben zum Fixieren der Muttern an Ort und Stelle, während des Lötens.
- Verschiedene Bohrer und Feilen für Löcher und Ausschnitte.

Es wird davon ausgegangen, dass du weißt, wie man sicher mit dem Handwerkzeug umgeht und die entsprechenden Sicherheitsvorkehrungen bei den Arbeiten beachtest und anwendest.

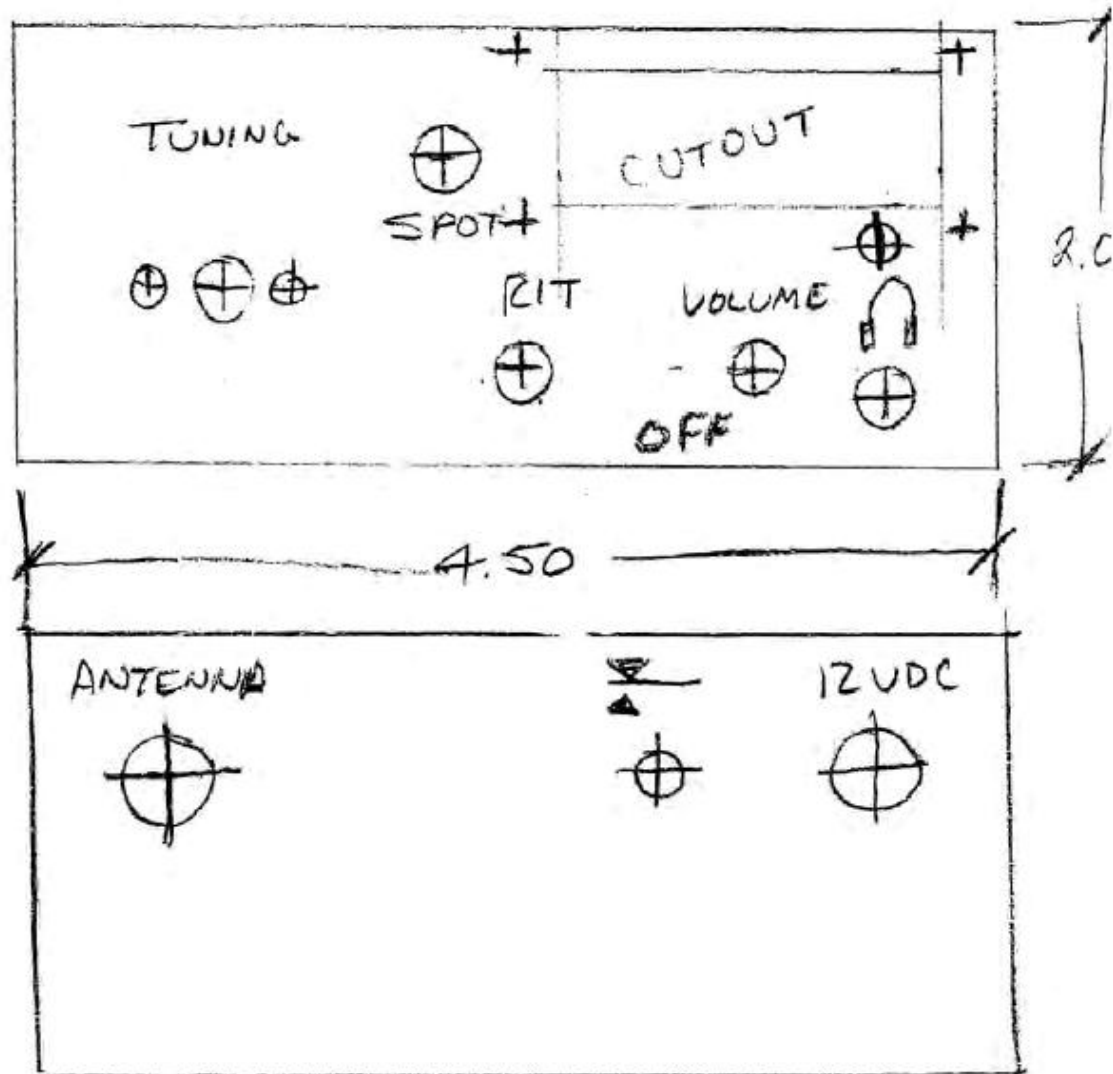
Wissen was zu tun ist

Je mehr Zeit du dich mit der Planung beschäftigst, umso besser lassen sich Fehler im Vorfeld erkennen und beseitigen. Es lohnt sich. Idealerweise ist dein Projekt abgeschlossen und es müssen nur noch die Arbeiten am Gehäuse erledigt werden. Willst du es immer auf deinem Schreibtisch anschauen während du arbeitest oder ist es nur ein funktionales Prüfgerät, was du nur manchmal aus dem Schrank holst?

Jetzt ist es an der Zeit, darüber nachzudenken wie die Platinen anzuordnen sind, welche und wo du Komponenten im Gehäuse montieren möchtest, wo genau die Bohrlöcher und Durchbrüche sein müssen, wie die Bedienteile miteinander harmonisieren sollen, um so dem Gehäuse sein endgültiges Design zu verpassen. Weiterhin, welche Bedienelemente verwendet werden sollen, wie weit sie auseinander anzuordnen sind, will ich wirklich die Klinkenbuchse an der Frontseite oder doch rückseitig montieren. Alle diese und noch weitere Überlegungen müssen aufmerksam bedacht werden. Hast du dich entschieden und dich festgelegt, kann es losgehen.

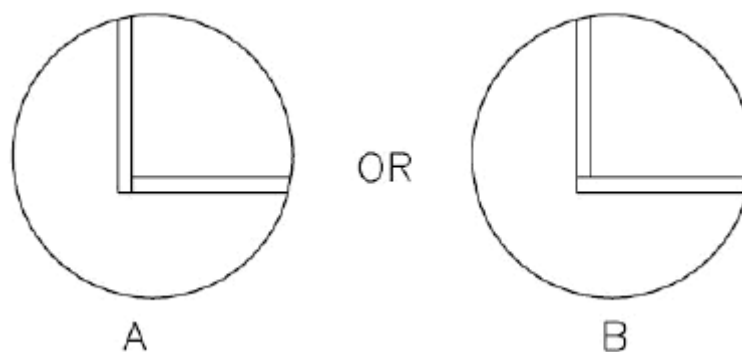
Fangen wir an

Es ist immer gut, zuerst eine grobe Skizze vom Aussehen des gewünschten Gehäuses zu machen. Bleistift, Papier, Lineal und Radiergummi zu benutzen sind meine bevorzugte Methode. Später kann ein CAD-Programm zum Einsatz kommen, aber alle Arbeiten beginnen zunächst auf Papier. Das Gehäuse wird erst mal als Front- und Rückseite gezeichnet.

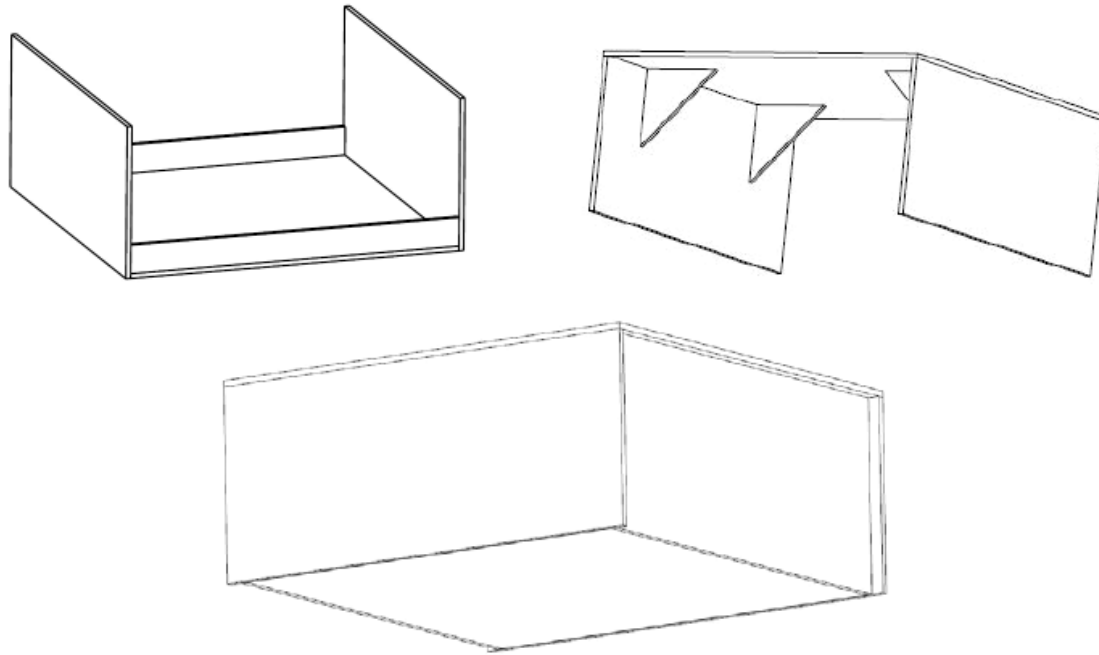


Die Maße in der oberen Skizze sind in Zoll.

Wenn du dir im Klaren bist, wo die Bohrungen und Durchbrüche im Original hingehören, musst du über die Anordnung der Platinenstücke entscheiden. Nachfolgende Skizze zeigt, was ich meine.



Angenommen, du schaust von links auf beide Abbildungen und nimm an, dass es die Frontseite ist. Skizze A ist B vorzuziehen, weil du dann keinen „Spalt“ an der Unterseite der vorderen Seite erkennen wirst. Von größerer Bedeutung ist es auch, dass du damit den Einfluss der Materialstärke der einzelnen Platinenteile vernachlässigen kannst und die Kanten immer zusammen passen. Es ist einfach die Platinenteile zusammenzulöten. Denke aber immer an die Gehäuse Abdeckung, wenn du verschiedene Materialstärken verwendest und es dann zum Schluss nicht mit dem Hauptchassis zusammenpasst.

Unser Übungsprojekt

So soll das Gehäuse aussehen, das hier gebaut wird. Es wird ca. 115mm breit, 110mm tief und 50mm hoch sein. Die Abdeckung hat einen ca. 3mm Überhang zur Front- und Rückseite. Wir machen die Abdeckung ca. 0,2mm breiter, damit zum Schluss alles passt.

Die Grundplatine hat zwei schmale Streifen zur Verbindung der Front- und Rückseitenplatine. Auf diesen Streifen werden in der Innenseite je zwei Messing Muttern gelötet, so dass die Abdeckung guten Halt hat. Diese Streifen wirken auch als Eckstützen für die Verbindung zwischen der Front- und Rückseitenplatine mit der Grundplatine. Es ist nicht gut, sich nur auf weiche Lötstellen zu verlassen, die das fertige Gehäuse nicht sehr stabil wirken lassen. Wie du auch sehen wirst, gibt es keine durchgängigen Lötverbindungen, sondern nur Lötunkte. Es werden weiterhin Verstärkungswinkel eingesetzt, um die Seiten zu stabilisieren.

Mach dir eine Liste mit allen Materialien, die du für das Gehäuse brauchst.

Dieses Gehäuse soll folgende Abmessungen haben.

Grund-Chassis:

Front-und Rückwand	2 Platinen zu 115 x 50
Unten	1 Platine zu 110 x 115
Seiten	2 Platinen zu 110 x 10

Abdeckung:

Top	1 Platine zu 118 x 120
Seiten	2 Platinen zu 120 x 50
Verstärkungswinkel	4 Platinen zu 25 x 25 x 45°

Wir beginnen mit dem Bekleben auf der gesamten Länge und Breite eines jedes Platinenstückes und zwar ca. 2 bis 3mm über das geforderte Maß. Dann markiere mit einem Farbstift auf dem Markierungsband alle Linien, die anschließend geritzt werden sollen. Das verhindert ein falsches Ritzen und Schneiden einer vielleicht früher falsch gezogenen Linie. Beschrifte die so markierte Platine. Sei clever und miss lieber zwei oder dreimal als einmal falsch zu schneiden!

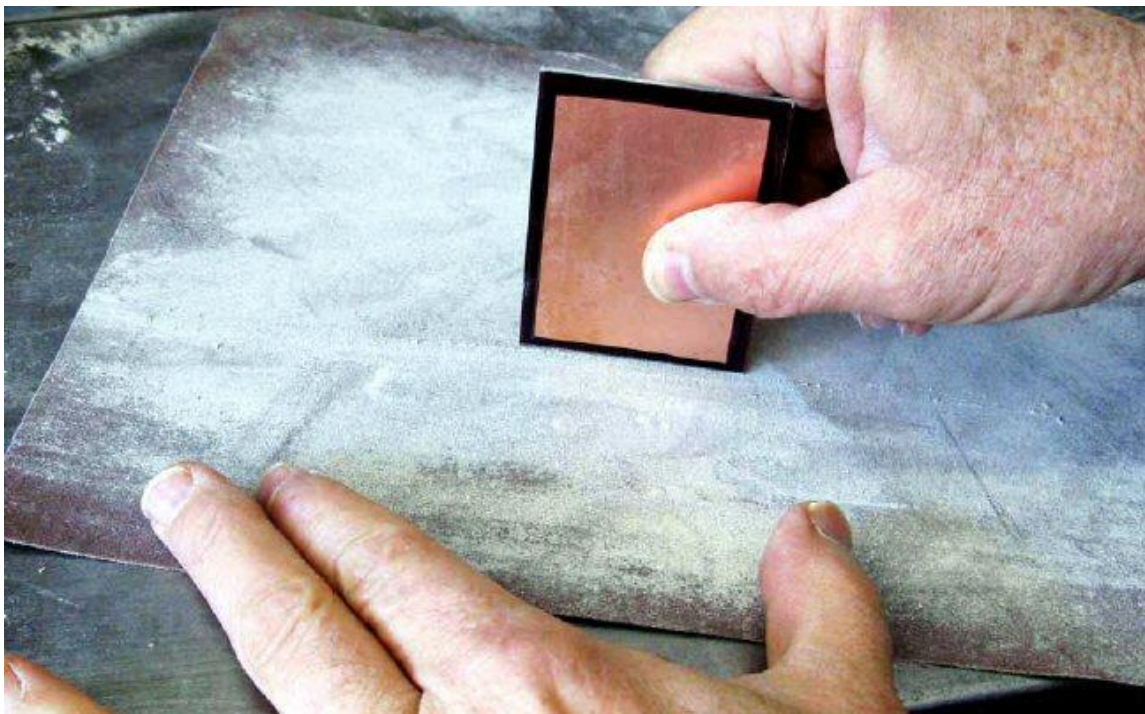
Verwende bei der Arbeit mit Fiberglas oder ähnlichem Material, das Staub produziert, einen geeigneten Gesichts- und Atemschutz, um das Einatmen von Staub zu verhindern!

Die Schneidefläche hinterlässt eine etwas zerfranste Schnittkante. Wenn du alle Platinenteile geschnitten hast, schleife exakte quadratische Ecken bis zur fertigen Größe und achte sehr auf rechtwinklige Ecken aller vier Kanten. Um das zu tun, schleife alle vier Kanten auf dem 120er Schmirgelpapier, das auf einer ebenen Fläche liegt. Beginne aber langsam zu schleifen, da die Größe sich sehr schnell ändern kann und du leicht zu einem Untermaß kommst, das nicht wieder rückgängig zu machen ist. Überprüfe beim Schleifen öfters die vier Ecken auf Rechtwinkligkeit und korrigiere diese, wenn notwendig.

Als Ergebnis sollten alle auf der Liste stehenden Platinen in den exakten Größen mit vier rechtwinkligen, gesäuberten und glatten Ecken auf dem Tisch liegen.



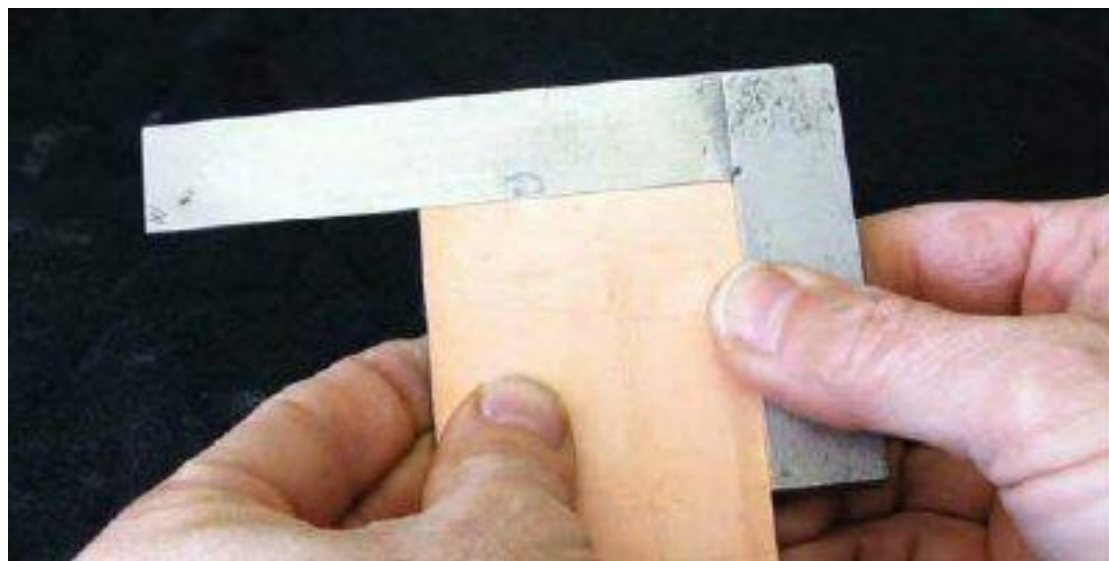
Schneide immer etwas größer.



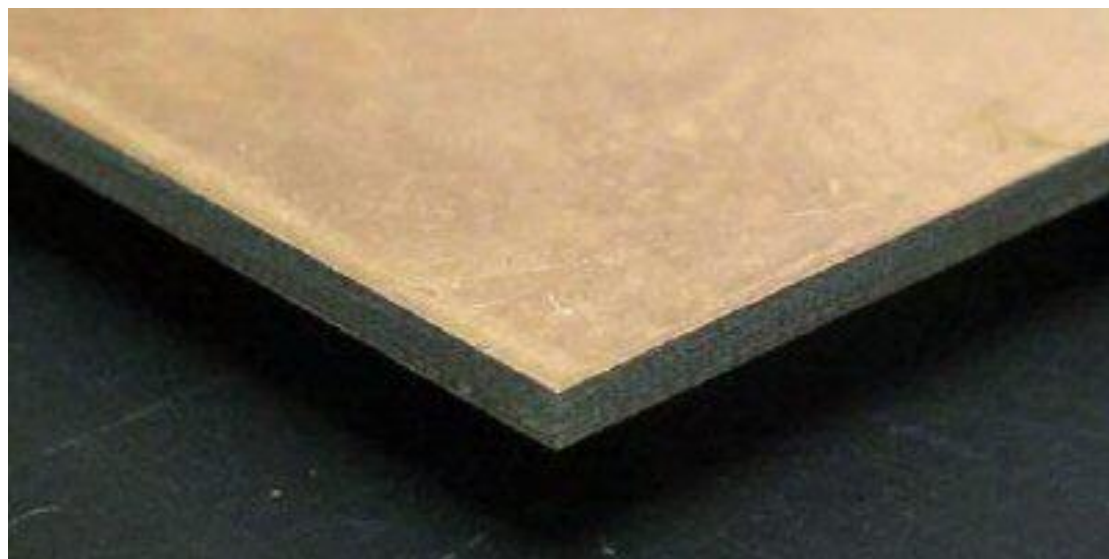
Schleifen der Kanten.



Überprüfe die Größen öfters.



Überprüfe öfters auf Rechtwinkligkeit.



Achte auf Rechtwinkligkeit und saubere Kanten.

Wiederhole diese Arbeitsabläufe für alle Teile. Je mehr Zeit du dir für die Überprüfung der Maße und die Rechtwinkligkeit nimmst, je weniger Nacharbeit hast du.

Überprüfe alle Teile noch einmal in der Gesamtheit

Jetzt ist eine gute Zeit zu überprüfen, ob du richtig gerechnet hast. Halte die einzelnen Teile zusammen, um zu sehen, dass sie die richtige Passform zueinander haben. Wenn du irgendwo eine Ungenauigkeit feststellst, kannst du noch ein Ersatzteil mit den richtigen Abmaßen fertigen. Nachdem du dich versichert hast, dass alles korrekt ist, nimm alle Teile und lege diese in ein Waschbecken und schrubbe mit einem Scheuerschwamm, um die Oberfläche für das Löten vorzubereiten. Entferne damit alle Oberflächenkorrosionen, Öle, und Spuren des Stiftes, so dass das Kupfer glänzend aussieht und sich leicht löten lässt.



Hier sind alle Teile, rechtwinklig, gesäubert und damit zum Löten bereit

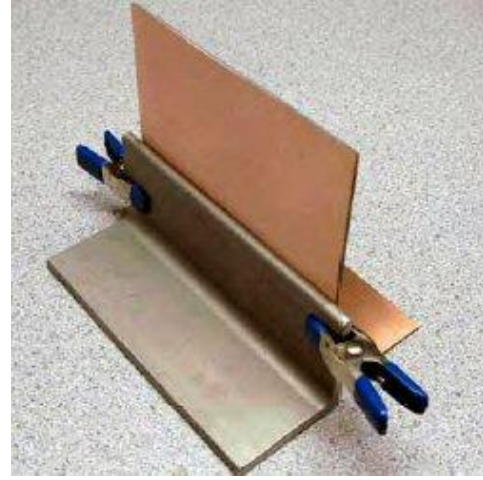
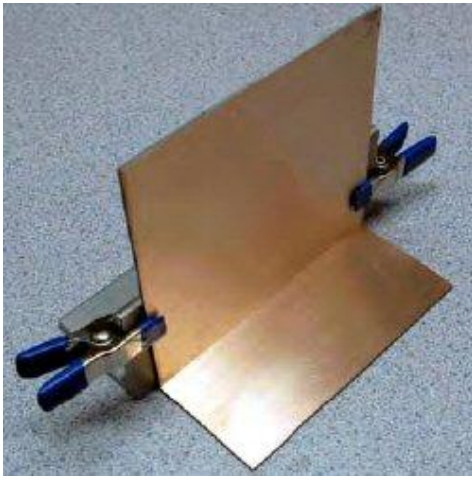
Löte die Platinen zu einem Gehäuse zusammen

Es gibt einige physikalische Eigenschaften des Lots, die verstanden werden müssen, damit alles so funktioniert wie es soll. Erstens und am wichtigsten, musst du verstehen, dass sich das Lot zusammenzieht, wenn es abkühlt. Dieses Wissen kannst du nun anwenden.

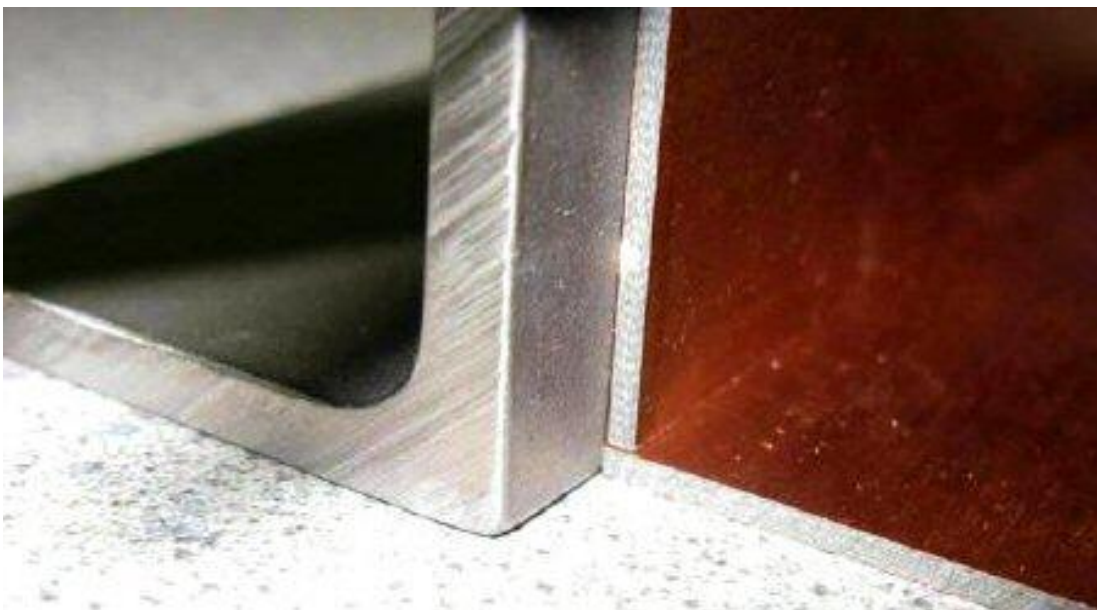
Wenn zwei Teile des kupferkaschierten Materials genau bei 90° angeordnet sind und du gemeinsame Lötunkte setzt, verzieht sich das Material um etwa 1° bis 2°, egal wie gut du es eingeklemmt hast und du wirst am Ende eine 88° Ecke sehen. Das ist zwar nicht viel, aber für das Gehäuse sehr schlecht.

Es gibt ein paar Möglichkeiten, um diese Winkelabweichung zu korrigieren. Du könntest mit einem Winkel von 92° beginnen, und dann würde es sich auf 90° zusammenziehen. Doch nicht jeder hat die Fähigkeit, diesen Winkel genau einzustellen. Was du tun kannst ist, beide Teile in einem Winkel von 90°, so gut du kannst einzuspannen. Dann den bereits vorhandenen Lötunkt noch einmal erwärmen und die Platine in den gewünschten 90° Winkel zu bekommen. Es klingt schwierig, ist aber ganz einfach. Das hatte ich ja bereits erwähnt. Die Lötstellen die du setzt sind ja nicht zu einer langen Lötnaht aneinander gereiht.

Wir werden nun ca. 3mm lange Lötnahte oder Lötunkte in einem Abstand von 15 bis 20mm entlang der gewünschten Länge setzen. Mit zusätzlichen Kammern und Winkelverstreungen erhalten wir ein festes verwindungsfreies Gehäuse ohne eine durchgehende Lötnaht zu ziehen. Wir verwenden nun das Winkeleisen und die unter Federspannung stehenden Klemmzangen, um zwei Platinen zu verbinden.

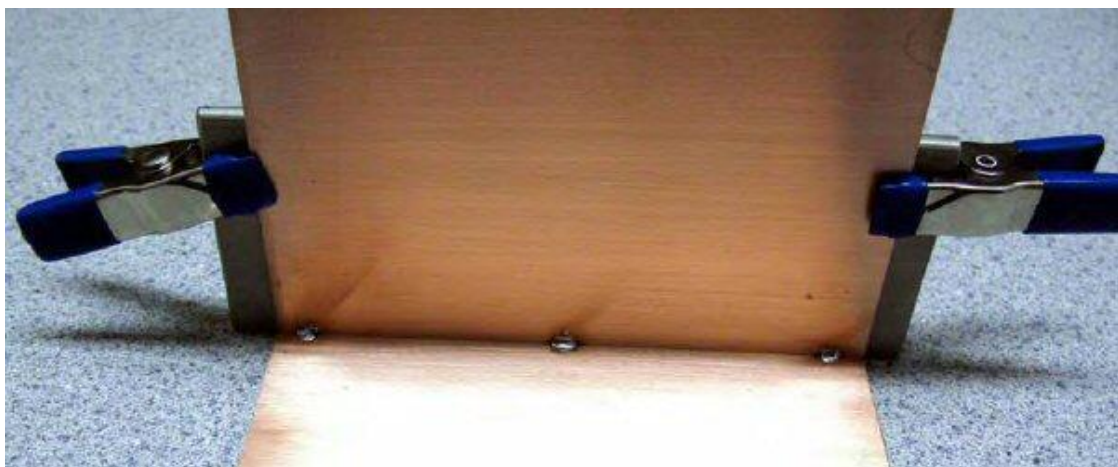


Hier steht die Bodenplatte gegen das Winkeleisen und die Frontplatte liegt flach auf dem Tisch.

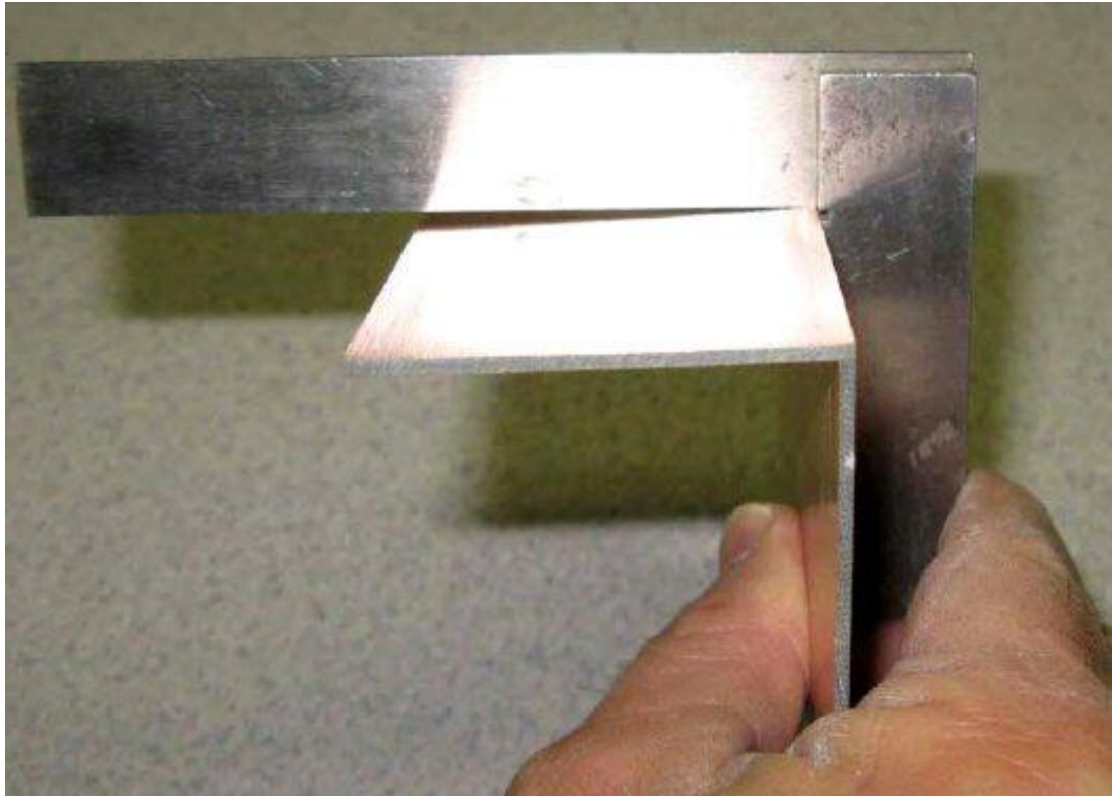


Beachte die Orientierung der Ecken.

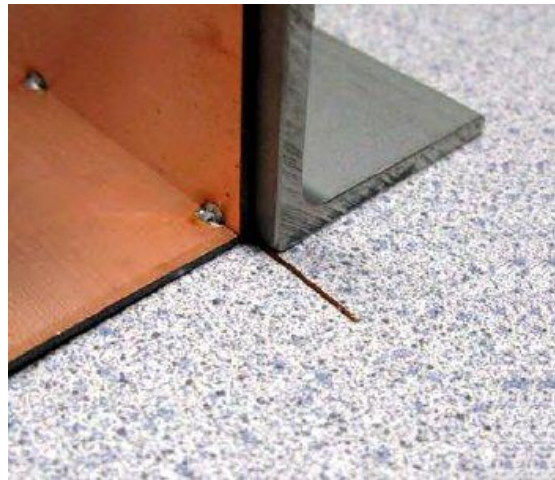
Jetzt ist eine ausgezeichnete Zeit, um das noch mal zu überprüfen, denn es geht sehr schnell und die erste Eckverbindung ist falsch ausgerichtet.



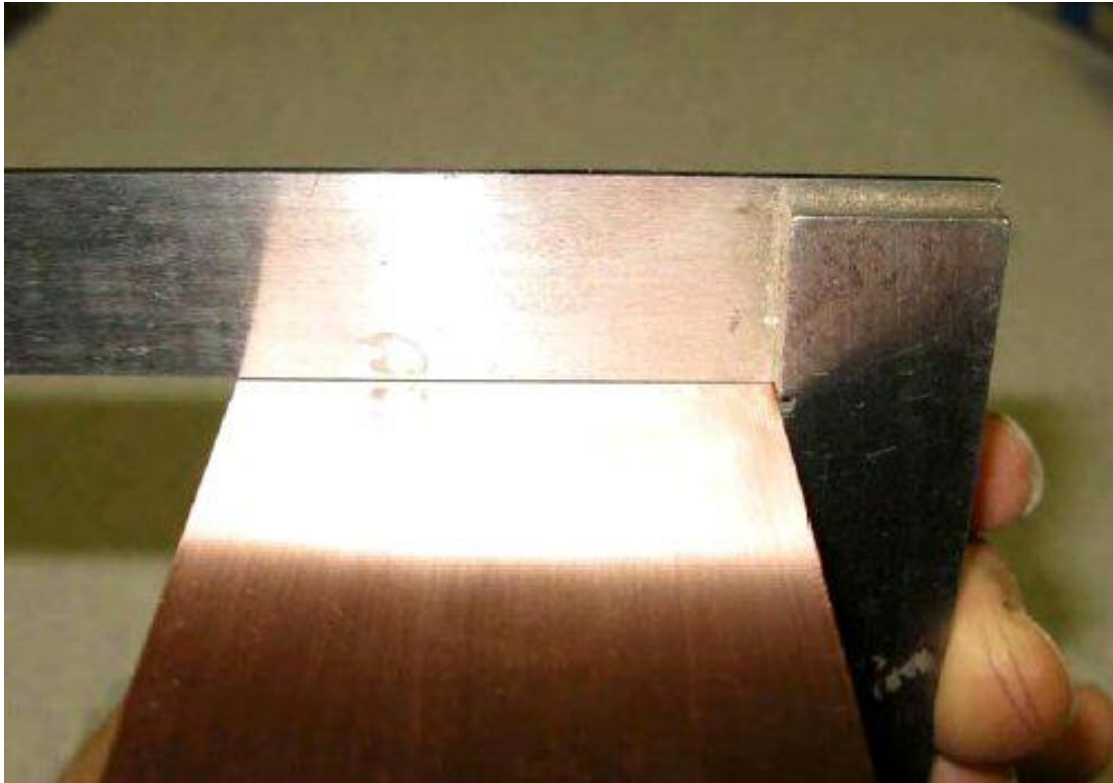
Wir beginnen zu löten, wenn beide Teile richtig positioniert sind, indem kurze ca. 3mm lange Lötperlen in der Mitte und eine an jedem Ende, etwa 6mm von der Kante positioniert werden.



Entferne das Winkeleisen, das beide Teile verbunden hatte. Bei der Überprüfung mit dem Winkeleisen kannst du sehen, um wie viel sich nach der Abkühlung beide Platinen zusammengezogen haben.

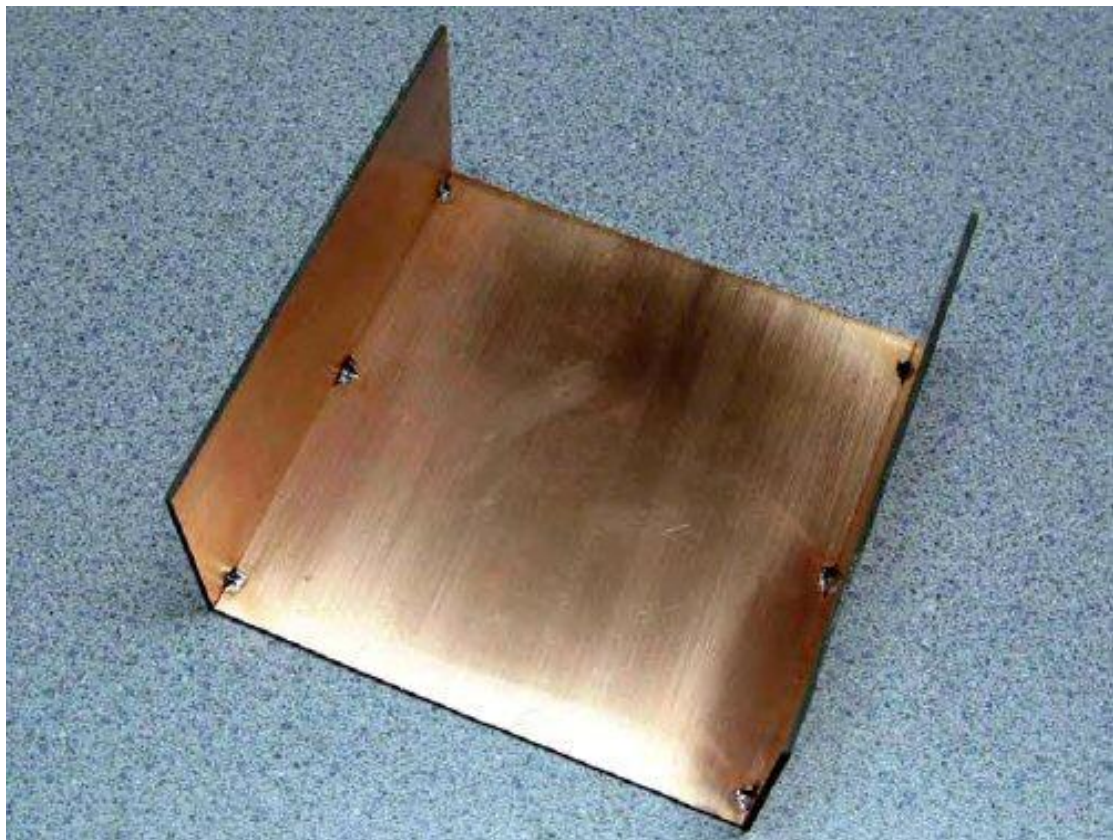


Wir werden das korrigieren, indem du ein Stück Draht zwischen Winkeleisen und Platine legst und an der Spitze abwinkelst. Berühre den LötKolben an jeder der drei Lötunkte, und drücke auf dem Brett wenn das Lot flüssig wird, und halte die Position bis das Lot abkühlt ist. Es dauert nur ein oder zwei Sekunden. Unter Umständen musst du einen größeren Drahtdurchmesser verwenden, aber du erkennst das Prinzip und kannst sehen, wie dadurch ein größerer Winkel als 90° entsteht.



Wie du im oberen Bild siehst, ist das Ergebnis perfekt. Nimm dir Zeit, und dann kannst du jede Platine im Winkel zu 90° herstellen.

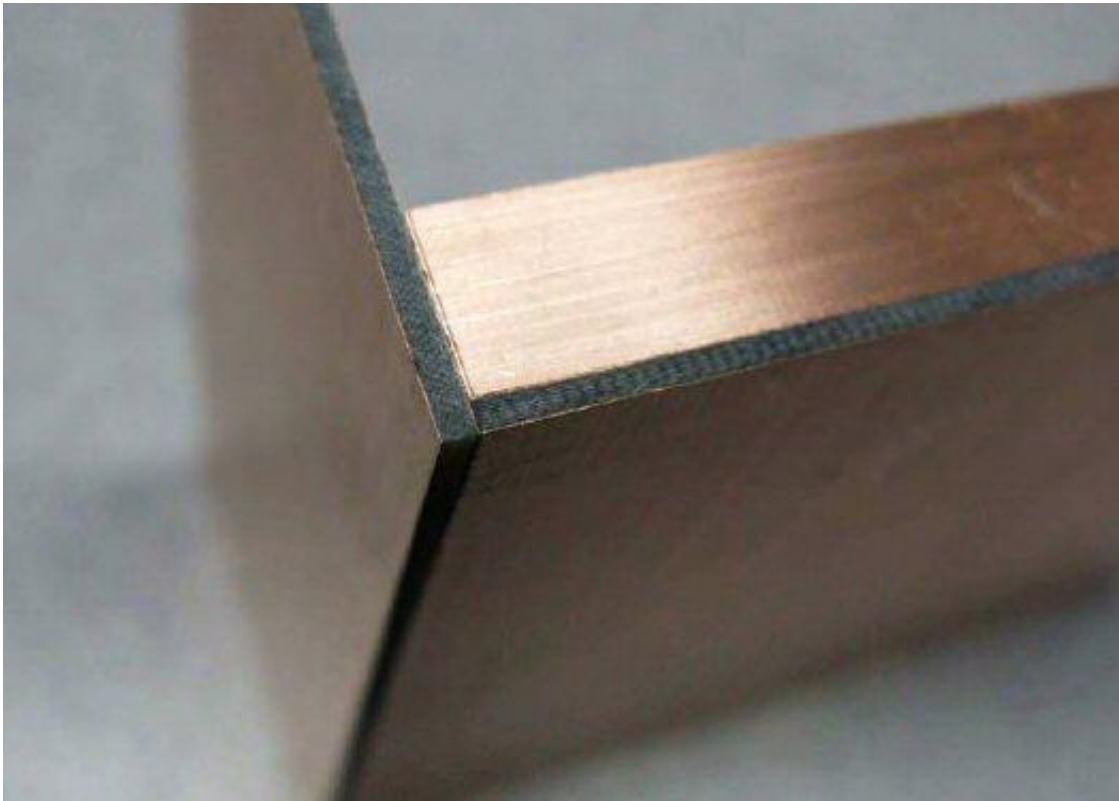
Versuche nicht, den Winkel ohne Erwärmung der Lötunkte zu korrigieren. Wenn du mit Gewalt versuchst den Zusammenhalt zu lösen wird sich die dünne Kupferbeschichtung lösen und ein nachträgliches Löten ist nicht mehr möglich.



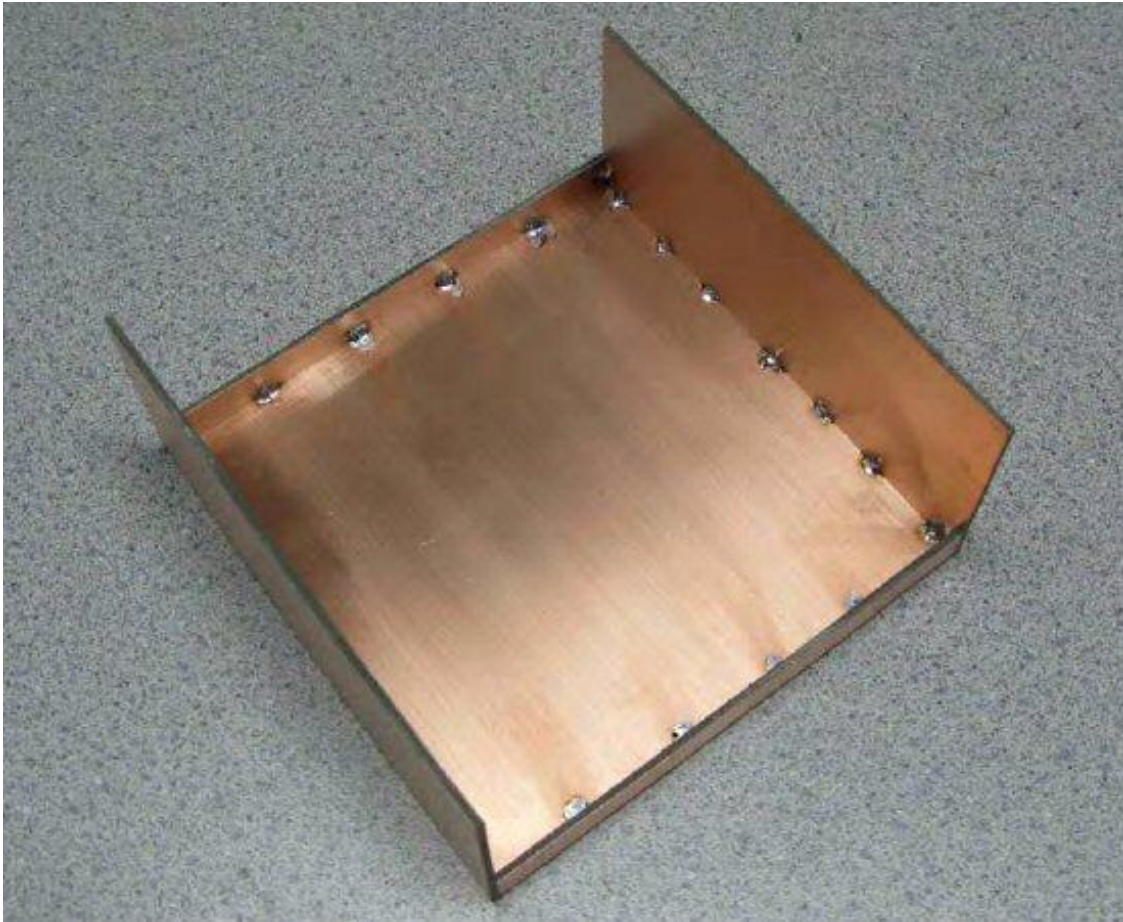
Benutze die gleiche Technik für die anderen Seiten des Gehäuses. Hier gibt es nur drei Lötunkte an jeder Seite. Wann immer du Lötunkte hinzufügen solltest, müssen diese auf Rechtwinkligkeit geprüft werden. Notfalls wieder erwärmen und korrigieren.



Nun die beiden schmalen Seitenteile verlöten, die bündig mit den beiden Seiten abschließen.



Hier siehst du wie wichtig die winklig geschliffenen Kanten sind. Sie schließen bündig mit den Seiten der äußeren Oberflächen ab.

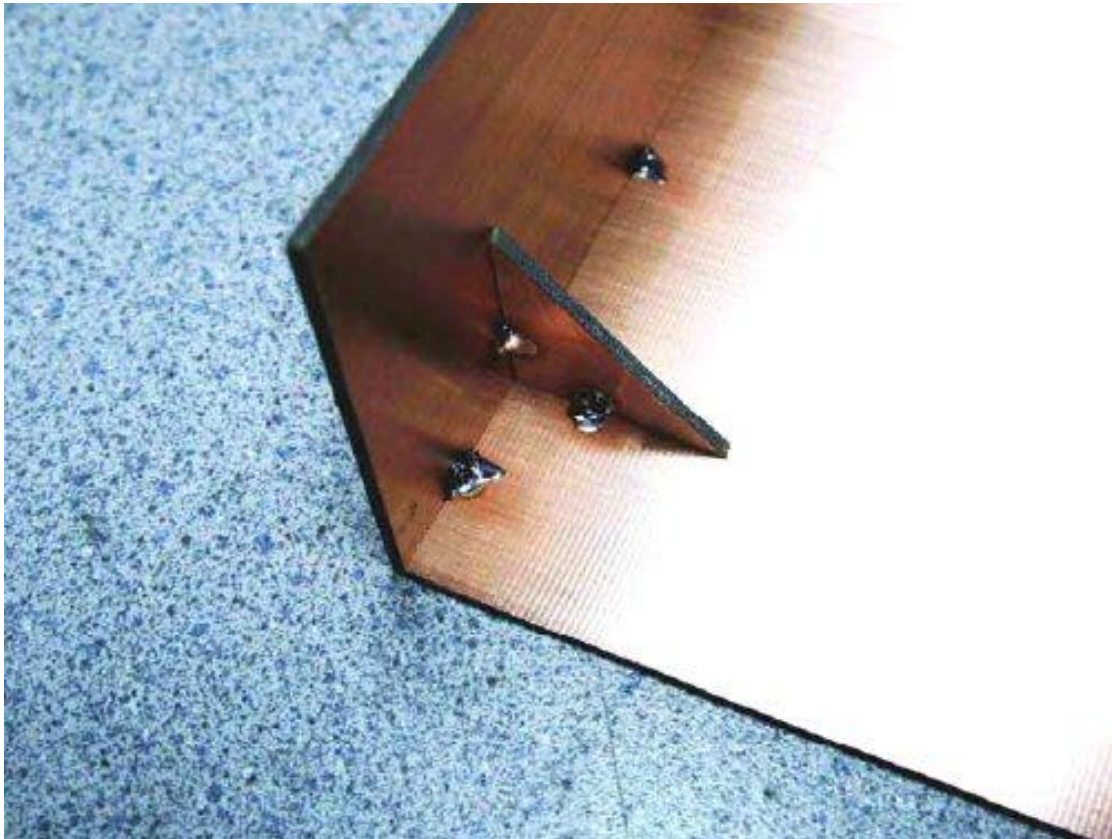


Sind die beiden schmalen Seiten angebracht, kannst du jetzt die Zwischenräume mit Lötunkten etwa alle 25mm setzen. Bist du fertig, überprüfe erneut die Rechtwinkligkeit. Du wirst wahrscheinlich wieder die neuen Lötunkte erwärmen müssen, um die geforderte Genauigkeit zu erreichen.

Für die Abdeckung, verbinde beide Seiten, wie du es für die Gehäuse Unterseite gemacht hast. Die Seiten müssen rechtwinklig zu einander stehen. Dazu nutze die frühere Technik mit dem Draht. Verzichte nicht auf die Winkelstreben, sie sind nur für die mechanische Unterstüztung und geben den Seitenteilen die Festigkeit.



Positioniere mit einer Federklemme die Winkelstreben für die Platinenwände nach deinen Wünschen. Sei dir aber sicher, dass die Position der Winkelstreben nicht mit irgendeiner internen Komponente kollidiert.

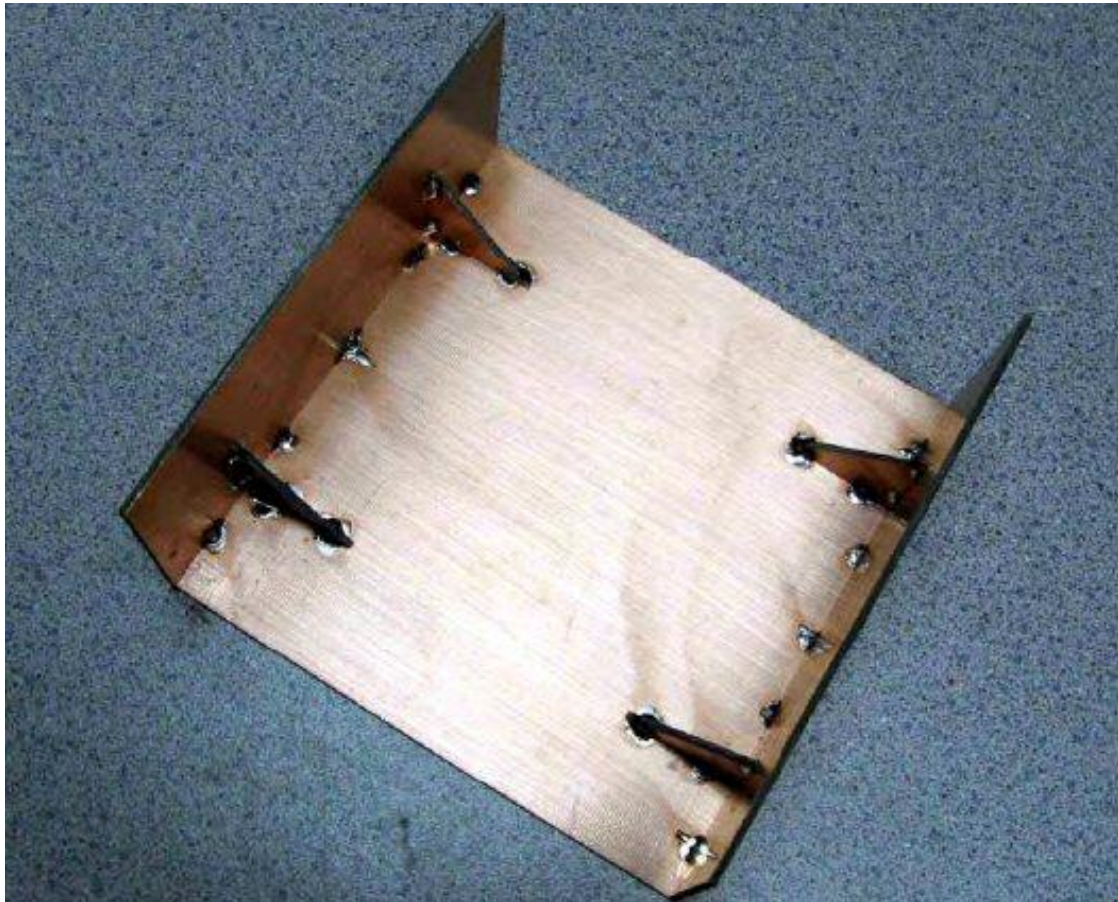


Verteile ein paar Lötunkte an der Winkelstrebe und überprüfe die Außenseite auf Rechtwinkligkeit.

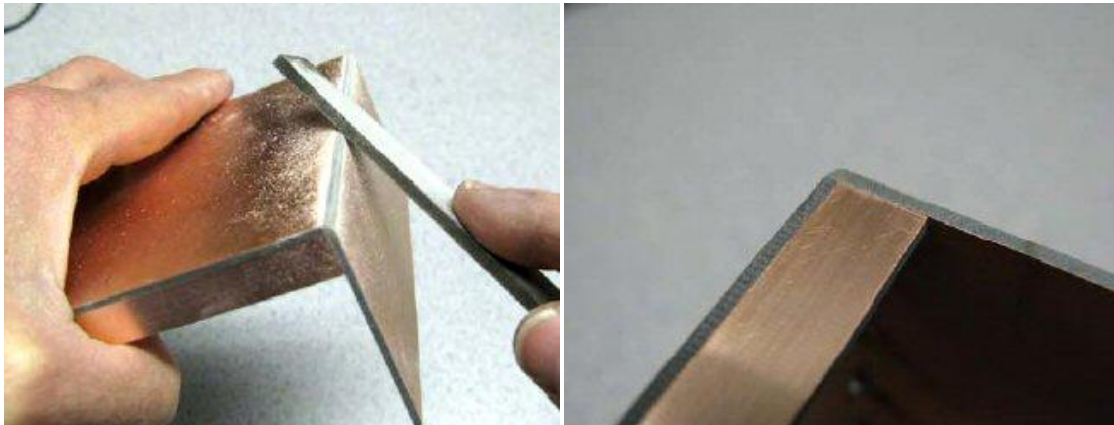


Geh zu den anderen Winkelstreben und beende das Löten auf beiden Seiten. Du wirst feststellen, dass die Lötunkte bis zu 3mm überstehen können. Das kann Problemen beim

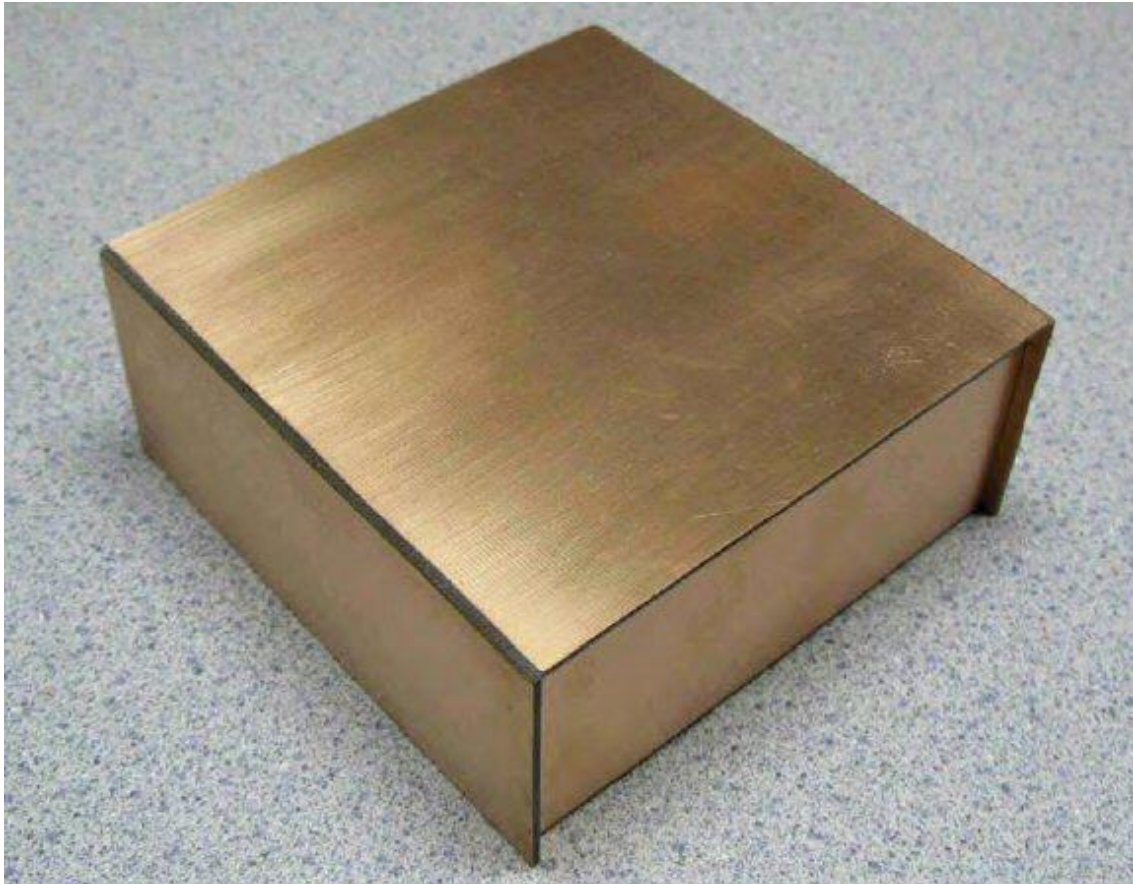
Zusammenbau der Unterschale mit der Gehäuse Abdeckung geben. Immer einen gewissen Abstand der Lötunkte von den äußeren Kanten der Abdeckung halten.



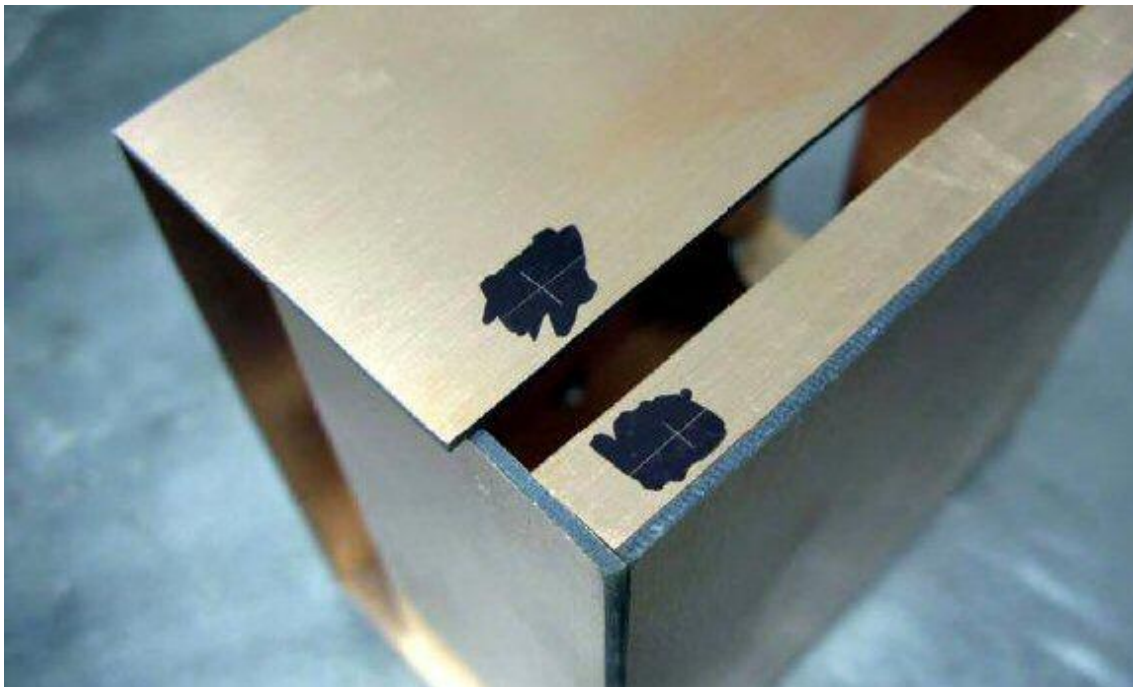
Die fertige Abdeckung sollte nun so aussehen. Überprüfe den Sitz der Abdeckung mit der unteren Gehäuseschale. Wenn es zu eng für die Montage wird, kannst du vorsichtig mit 120er Schmirgelpapier auf einer glatten Unterlage etwas abschleifen.



Runde die Kanten noch ab, damit es nachher wie ein Blechgehäuse aussieht. Dieser Vorgang ist nicht unbedingt erforderlich, denn er verbessert lediglich das Aussehen.



Nach diesem Arbeitsgang sollte das Gehäuse wie auf dem obigen Bild aussehen. Du kannst nun nach dem Entfernen der lästigen Flussmittelreste noch mit einem Scheuerschwamm die entstandenen scharfen Kanten oder den Grate entfernen.



Entscheide dich, wie viele und wo du Montagelöcher in der Abdeckung haben möchtest. Beschrifte sorgfältig die Stellen und bohre die Löcher für die Schrauben. Bei diesem Gehäuse werden M4 Schrauben und Muttern verwendet und die Bohrlöcher mit einem 4mm Bohrer realisiert. In diesem Fall verwende ich vier Schrauben an den Ecken.



Verwende Schrauben aus rostfreiem Stahl, die vorübergehend die Messingmuttern an Ort und Stelle fixieren. Damit verhinderst du, dass flüssiges Lot ins Innere der Muttern eindringen kann.

Verwende keine provisorischen Schrauben, die sich mit dem Lot verbinden können, sonst verlötest du Mutter und Schraube.



Löte die Muttern an der Innenseite der Kupferbeschichtung.



Bohre Löcher in die Abdeckung, und senke diese an, wenn du Senkkopfschrauben verwendest.



Hier nun das fertige Gehäuse zur weiteren Bearbeitung mit vier Gummifüßen und Senkkopfschrauben. Jetzt können irgendwelche Löcher gebohrt werden. Da du viel Zeit und Mühe investiert hast, nimm dir beim Messen und Bohren Zeit und sei vorsichtig. Fehler können zwar repariert werden, aber es ist besser, wenn es gleich beim ersten Mal perfekt wird.

Frei übersetzt, mit Erlaubnis von Ken, WA4MNT zur Veröffentlichung.

Viel Erfolg mit Deinen Projekten.

Ken - wa4mnt, www.qrpbuilder.com

Schlussbemerkung:

Anmerkung des Übersetzers:

Für die Richtigkeit wird keine Garantie gegeben.

Viel Erfolg und Spaß bei der Verarbeitung des Materials.

Diese freie Übersetzung ist für OM's gedacht, die Interesse am Gehäusebau mit kupferkaschiertem Material haben. Eine kommerzielle Nutzung dieser Übersetzung untersage ich hiermit ausdrücklich!

Sehr interessant ist auch die praktische Schilderung von Andy, DL2LUX zum Thema „Maßgeschneiderte Umhausungen für Eigenbauprojekte aus Leiterplatten – Basismaterial“.

<http://www.qsl.net/dl2lux/gehaeuse/gehaeuse.html>