

MULLER AMPLIFICATION

Mustang – Baubeschreibung

Inhaltsverzeichnis

Kapitel 1: Das Konzept	3
Kapitel 2: Das Design.....	6
Kapitel 3: Die Pläne	8
Kapitel 4: Erstellen von Eyelettboards.....	10
Kapitel 5: Bauelemente	15
Kapitel 6: Das Netzteil	20
Kapitel 7: Das Preamp-Board	22
Kapitel 8: Die Chassismontage	25
Kapitel 9: Die Chassisverdrahtung.....	28
Kapitel 10: Einbau des Netzteils und Test	33
Kapitel 11: Einbau des Preampboards	35
Kapitel 12: Der Fußschalter	38
Kapitel 13: Los geht's – die Inbetriebnahme	40
Kapitel 14: Und so sieht er fertig aus.....	42
Zum Schluss der Dank	44

Kapitel 1: Das Konzept

Nach Classic und Nighthawk ein neuer Amp? Ja und nein. Im Classic hatte ich über die Dauer einige Funktionen des 3/100 vermisst und beim Nighthawk kamen neue Sachen hinzu, die ich dem Classic nicht vorenthalten wollte.

Über viele Classics und deren doch häufigen Live-Einsatz und auch aufgrund der Testergebnisse aus den Fachzeitschriften kamen noch weitere Wünsche hinzu.

Was sollte sich nun ändern?

Hinzukommen sollte:

- Bright-Schaltung aus dem 3/100 bzw. dem Nighthawk
- Einen zuschaltbaren dreckigeren Sound für den ersten Kanal des Classic. Bisher musste man sich beim Aufbau festlegen, ob der Kanal eher mit normalem Gain so ausgelegt werden sollte, dass er auch schön Clean kann, oder ob es dreckig sein soll. Da hätte ich aber doch gerne beides
- Für den zweiten und dritten Kanal ein umschaltbares Tonestack was es im Nighthawk bereits als Option gibt
- Ein Midboost für den Leadsound
- Eine leichtere Bedienung am Fußschalter mit direkt abrufbaren Sounds. Also nicht Booster on/off, Kanal 1/2 sondern vier direkt abrufbare Sounds.
- Eine optische Eingliederung in das Design, das ich mit dem Nighthawk begonnen habe

Wegfallen sollte:

- Der Booster
- Die Schalter auf der Oberseite
- Der Sound Kanal 2 + Booster sollte durch etwas ersetzt werden, was „leichter“ spielbar ist

Der wichtigste Eingriff betrifft den Booster. Da er für beide Kanäle des Classic frei zuschaltbar ist kann er entweder perfekt zu einem Kanal eingestellt werden oder mit einem Kompromiss für beide angepasst werden. Zwei Booster einzubauen wäre eine Möglichkeit, die ich aber nicht machen wollte.

Ab dem Effektweg sollte jedoch keine nennenswerte Änderung erfolgen, da sich die umschaltbare Endstufensektion auch im Studio gut bewährt hat.

Es gab nun entweder die Möglichkeit den Classic um diese Funktionen aufzubohren oder das Konzept 2 Kanäle + Booster zu verwerfen und bei einem weißen Blatt Papier anzufangen. Diesen Entschluss fasste ich letztendlich im Spätsommer 2009.

Konzeptionell habe ich mich vom Classic gelöst und dabei seine besten Eigenschaften in den neuen Amp „transportiert“. Die Boosterbedienung auf der Rückseite hat sich als manchmal etwas ungeschickt herausgestellt, v.a. wenn man schnell was ausprobieren möchte. Auch die Bedienung über drei Regler (Volume, Tone, Gain) war manchen einfach zu viel des Guten.

Es sollte dennoch einen ersten Kanal geben mit zwei unterschiedlichen Gain-Leveln, die sich jedoch in der Lautstärke nicht unterscheiden sollen und die auf einem gemeinsamen EQ gehen. Das Ergebnis hieraus ist die „More-Gain“ Regelung.

Der Gain-Regler ist stets aktiv und bestimmt die Grundverzerrung des Kanals. Mit dem More-Regler lässt sich nun ein zweites Gain-Niveau einstellen und abrufen. Es sind somit eigentlich nicht zwei Kanäle, sondern 1+1, was sich auch durch die spätere Bezeichnung so durchziehen wird. An sich ist die Idee nicht so neu, Dumble hat sogar zwei Tonestacks hintereinander gehabt. Kitty Hawk hatte ebenfalls kaskadierte Gain-Potis. Nur ist die Umsetzung hier etwas anders. Der Sound mit More-Regelung bewegt sich dabei in den Gain-Gefilden des zweiten Kanals, ist dabei jedoch dicker und wärmer.

Der zweite Kanal ist im Prinzip das einzige direkte Überbleibsel des Classic, meine ganz eigene Interpretation des Mastervolumen-Konzepts von Marshall. Jedoch erweitert um die EQ-Varianten, die die Frequenz der dominanten Mitten verändern.

Die Variante 2. Kanal Classic + Booster entfällt ebenfalls. Hier wird es einen eigenständigen High-Gain Kanal als dritten Kanal geben, der auf dem dritten Kanal des Nighthawk basiert. Entgegen des Trioden Zu- und Abschaltens beim Nighthawk bekommt der Neue hier eine nahezu eigenständige Signalführung, soviel Ehr muss dann doch sein.

Hier nun die Funktionen im Einzelnen zusammengefasst:

Kanal 1:

More-Gain-Regelung
EQ
Kein Volume-Regler
Bright-Schalter für perlige Cleansounds mit Humbuckern
Sound-Schalter mit den Positionen: normal, warm, brown

Kanal 2:

Gain, EQ, Volume
Bright-Schalter
Sound-Schalter mit den Positionen: low mid, up mid, brit mid*

Kanal 3:

Gain, EQ, Volume
Mid-Schalter
Sound-Schalter mit den Positionen: low mid, up mid, more mid**

*/** Diese Funktion ist die oben beschriebene aus dem Nighthawk

* Brit Mid ist angelehnt an den Modus aus dem Classic, der den 2. Kanal in den Mitten dreckiger werden lässt. Hierbei wird immer das up mid Tonestack verwendet.

** More Mid ist ein Modus, der den dritten Kanal dominanter in den Mitten werden lässt.

FX:

Röhrengepuffert und regelbar in send, return und mix

PA:

100 Watt Push-Pull Endstufe mit 4x EL34
Sweet/Punch-Schalter

Full/Half-Schalter
Pentode/Triode-Schalter

Wer meine Amps gesehen hat weiß, dass ich eigentlich nicht so sehr auf Schalter auf der Frontplatte stehe. Leider gab es u.a. auch beim Test des Classis in G&B einen Rüffel für die Schalter auf der Oberseite des Chassis. Einige Amps hatte ich daher auch mit Push-Pull-Potis ausgestattet.

Ordentliche PP-Potis von CTS haben aber den Nachteil, dass sie nur eine Schaltebene mit NO (normally open) haben. Für eine Tonestack-Umschaltung braucht es jedoch zwei Ebenen, für die Umschaltung im zweiten Kanal mit dem British-Mode sind sogar drei Schaltebenen notwendig. Einen getrennten Schalter wollte ich auch aus optischen Gründen nicht, zwei Schalter je Kanal sind mehr als genug. Damit war das Thema Push-Pull auch beendet.

Push-Pull geht also nicht, Schalter auf der Chassisoberseite sind technisch durchaus sinnvoll aber nicht anwenderfreundlich. Was nun? Ich habe mich durchgerungen und sie wie beim 3/100 auf der Front platziert.

Kapitel 2: Das Design

Und damit kommen wir schon zur Optik. Schluss mit Chickenheads (die aufgrund der Regleranzahl einfach nicht genug Platz haben) und auch die Zeit der schwarzen Frontplatten ist vorbei. Mehr Edelstahl muss her. Dies hat designtechnisch auch den Vorteil, dass die silbernen Schalter nicht so auffallen.

Im Einzelnen braucht es nun ...

... Schalter:

Schalter gibt es nun viele. Bei den Netzschaltern mit Knebeln gibt es meiner Meinung nach keine Alternative zu den APEM. Alles andere ist schlichtweg auch für die Standby-Umschaltung nicht zugelassen. Die APEM sind die einzigen mir bekannten Schalter, die für mehr als 250VAC zugelassen sind (400VAC).

Bei den kleinen Voicing-Schaltern bin ich wieder bei meinen geliebten Schaltern mit den abgeflachten Hebeln hängen geblieben. Warum ist recht einfach erklärt. Wenn ein Schalter mit rundem Hebel mit drei Positionen in der Mittelstellung steht sieht man nicht, in welche Richtung man drücken soll. Bei abgeflachten Hebeln ist es eindeutig zu erkennen. Zum Glück gab es dann auch noch einen mit 3 Positionen und 3 Schalteebenen.

... Knöpfe:

24mm maximaler Durchmesser, mehr hat keinen Platz bei drei unabhängigen Kanälen. Optisch soll die Einstellung auch auf der schlecht beleuchteten Bühne gut erkennbar sein. Also schwarzer Knopf mit weißer Kennzeichnung. Viele Alternativen gibt es da leider nicht, wobei mir die letztendlich der Classic Fluted optisch sehr gut gefällt.

... eine Frontplatte:

Gebürstetes Edelstahl sollte es sein. Nicht mehr gefräste Beschriftungen, sondern gelaserte. Diese haben einfach einen noch hochwertigeren Eindruck dadurch, dass keine Vertiefungen sichtbar sind. Dabei galt es allerdings die Preise der eloxierten Aluminium-Frontblenden nicht zu überbieten.

Also erstmal die Frontplatte gezeichnet, ausgedruckt und auf ein altes Ausschuss-Stück aufgeklebt. Sieht doch schon ganz anständig aus (ok, ganz so schnell gings nicht. Die Abstände wollen dann doch wohl berechnet werden). Danach gingen erstmal die CAD-Daten zum Frontplattenhersteller. Mit ein bisschen größeren Fertigungslosen waren dann auch die Kosten im angepeilten Rahmen.

Beim Lasern gibt es zwei grundlegende Verfahren. Im medizintechnischen Bereich wird auf Farbumschlag gesetzt, da hier die Oberfläche absolut glatt ist und die Schrift durch das lokale Bläuen des Metalls entsteht. Durch verschiedene Parameter lassen sich inzwischen sogar in gewissem Rahmen Farben lasern. Das andere Verfahren verbrennt die Oberfläche und erzeugt einen minimalen Materialabtrag. Dafür hat die Schrift dann einen besseren Kontrast, was letztendlich auch der Grund war, weshalb ich mich hierfür entschieden habe.

Die Frontplatten selbst sind wasserstrahlgeschnitten, so wie ich es seit jeher für meine Logos machen lasse.

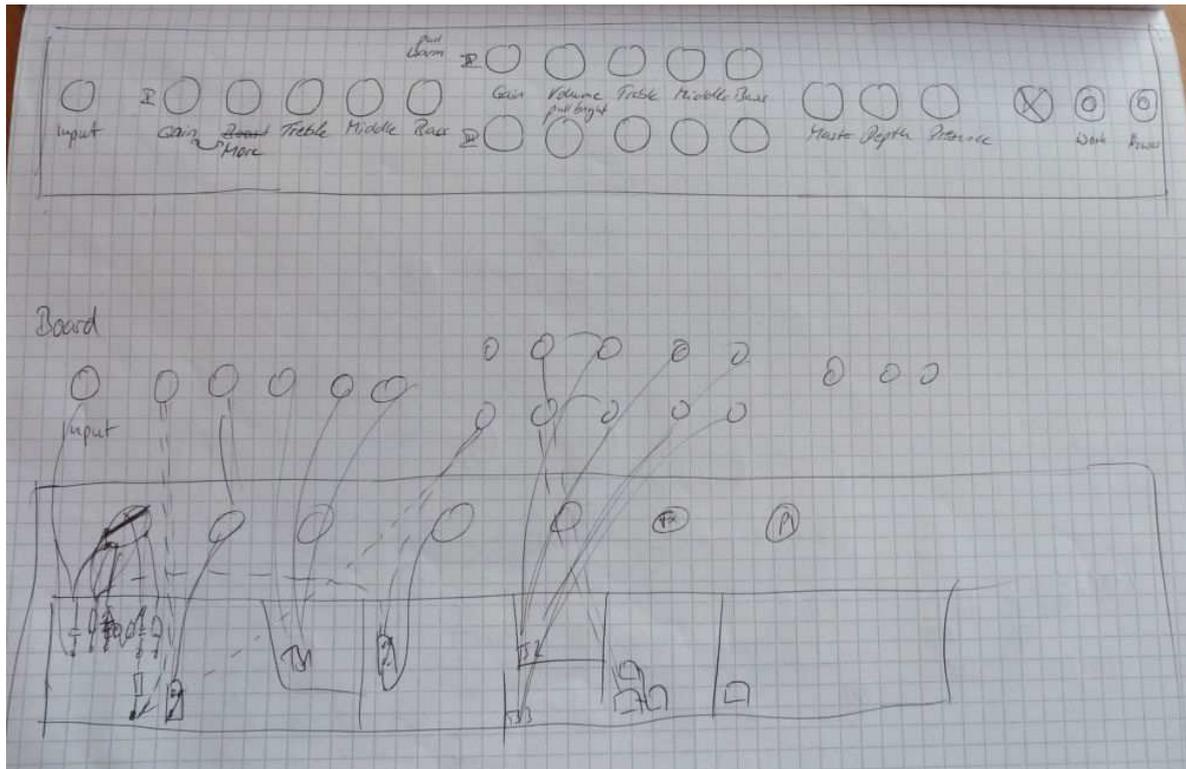


Die Holzfront

Den optischen Rahmen hat der Nighthawk vorgegeben. Basierend auf einer früheren Idee sollte in die beiden Edelstahlblenden der Name des Amps dekupiert werden. Lange hatten wir uns über die Größe der Schrift unterhalten. Es sollte schön aber dennoch dezent aussehen. Die Logos sind wieder alle bündig versenkt, so dass sich eine glatte Front ergibt. Auch konnte ich dann von den aufs Plexiglas geklebten Logos weggehen zu verschraubten Logos. Damit die Schrauben nicht so aufdringlich sind greife ich auf M2 Schrauben in V2A mit sehr kleinem Inbuskopf zurück.

Zum Schluss bleibt nur noch der Name

Wie soll das gute Stück denn heißen? Hier hat ebenfalls der Nighthawk den Grundstein gelegt. War dessen Name noch basierend auf dem völlig schwarzen Design und der Gedanke an jenes Tarnkappenflugzeug, so wollte ich beim neuen im gleichen Schema bleiben. Welches Flugzeug sollte also als Namenspatte dahinter stehen, wenn es um klassische Sounds mit modernen Touch geht? Wer mich kennt weiß auch, dass ich ein bisschen autoverrückt bin. Was lag näher als der Mustang, der einerseits ein klassisches Flugzeug, andererseits ein Auto ist?



Nach vielen Iterationsschleifen standen dann zwei Varianten fest. Eine mit und eine ohne Kathodenfolger am Eingang. Letzteres wollte ich schon lange einmal ausprobieren.

Erste Ideen wurden anschließend als Prototyp aufgebaut, getestet, verbessert oder verworfen, neu gemacht und wieder getestet. In dem Zuge flog auch der Kathodenfolger raus. Das Prinzip funktioniert zwar problemlos, nur hat die leichte Einbusse an Pegel beim direkten Vergleich des Crunch-Sounds zu deutlichen Sound-Defiziten geführt. Der Sound war einfach nicht mehr so direkt.

Die richtigen Layouts habe ich nach Fertigstellung des Schaltplans erstellt. Inzwischen gibt es da tolle Software), PowerPoint o.ä. funktioniert aber genauso gut. Ich persönlich finde ein solches Layout essentiell, da ich hier bereits die Leitungsverlegung prüfen, geschirmte Leitungen festlegen und das Übersprechen der Bauteile abschätzen kann.

Am Ende und somit 5 Monate später stand die fertige Schaltung, das Layout und die Stückliste fest. Man kann sich ja ausrechnen wieviel Aufwand es war die Layouts in Powerpoint zu zeichnen und daraus dann Bohrpläne abzuleiten. Dann müssen da noch Schaltplan und Stückliste übereinstimmen. Für jedes Teil dann noch den EK raussuchen und am Ende einen Strich ziehen nur um dann doch nochmal ein Bauteil einzufügen. Also wieder Layout, Bestückungsplan, Stückliste und Schaltplan ändern...

Anfang Januar gingen dann endlich die ganzen Bestellungen raus.

Nun genug zum Konzept des Mustang und los geht's mit den ersten Aufbauarbeiten.

Kapitel 4: Erstellen von Eyelettboards

Als Material ideal hat sich FR4 bewährt. Das Problem bei FR1/FR2 ist, dass dieses mit der Zeit hygroskopisch wird und (hochohmig) leitend wird. Bei den hohen Spannungen in Röhrenschaltungen ist das nicht unkritisch.

Das von mir eingesetzte Basismaterial hat z.B. einen Ausdehnungskoeffizienten von 17ppm/K in der Längsrichtung. Das Chassis, an dem das Board verschraubt ist, ist aus X5CrNi18.9 (V2A) und hat einen Koeffizienten von 16ppm/K. Daraus resultiert bei einer maximalen Boardlänge von 450mm und einer maximalen Boardtemperatur von 70°C (also 50K über RT) gerade mal 0,02mm Ausdehnungsunterschied. In der Querrichtung, in der die Bauteile ausgerichtet sind ergibt sich bei 60mm Boardbreite und 12ppm/K ein Unterschied von 0,01mm.

Es kommt in diesem Fall also nicht auf einen möglichst niedrigen Ausdehnungskoeffizienten des FR4 an, sondern auf einen, der möglichst nahe an dem des Befestigungspartners ist.

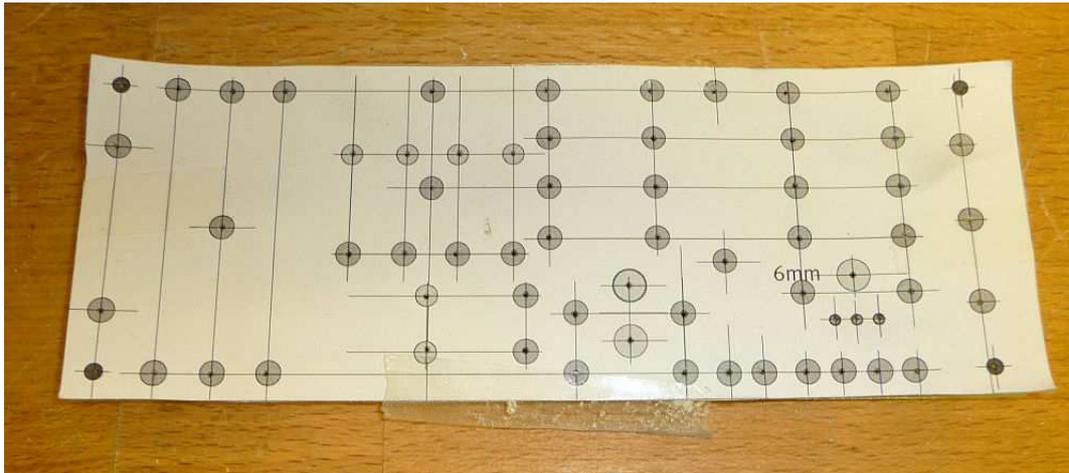
FR2 (Hartpapier mit Phenolharz) hat ungefähr den doppelten Ausdehnungskoeffizienten und dazu noch eine niedrigere tg (FR4 = 130-150°C, FR2 = 90°C).

Die Kriechstromfestigkeit ist mit einem CTI von >175 auch höher als bei FR2 (Hartpapierplatte) mit einem CTI von 100.

Eine herkömmliches FR4-Leiterplattenbasismaterial in guter Dicke (>2mm, bei mir 3,2mm) ist imho daher ideal für solche Boards. Irgendwelche Super-Sonder-Materialien bringen also nicht wirklich irgendwelche Vorteile, nur das alte FR2 sollte es halt auch gerade nicht sein.

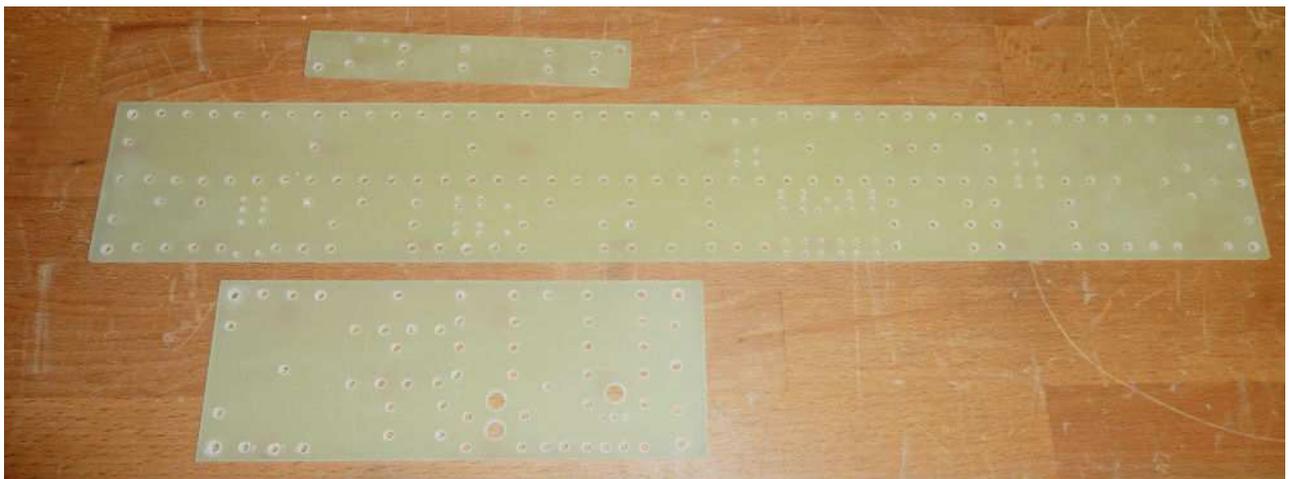
Mann sollte bei dieser Betrachtung aber berücksichtigen, dass das Chassis und das Board wohl selten 70°C erreichen werden. Ab 60° sind Oberflächen schon sehr heiß beim Anlangen und das habe ich selbst beim Dauerlauf noch nie erreicht. Beim Trafoblech kann das schon mal anders aussehen.

Eine ideale Dicke liegt für mich bei 3mm. Die Eyeletts haben unter Kopf eine Länge von eben jenen 3mm, so dass die Ösen bündig mit dem Board unten abschließen. Möchte man die Boards nicht von einer CNC bohren lassen, so kann man sehr gut z.B. in PowerPoint oder einem CAD-System eine Schablone zeichnen und diese auf das Board aufkleben. Danach alle Bohrungen sauber ankörnen. Dies ist bereits die erste Hälfte der Miete. Wird hier nicht sauber gearbeitet stehen die Ösen nachher kreuz und quer und nicht in Reih und Glied.



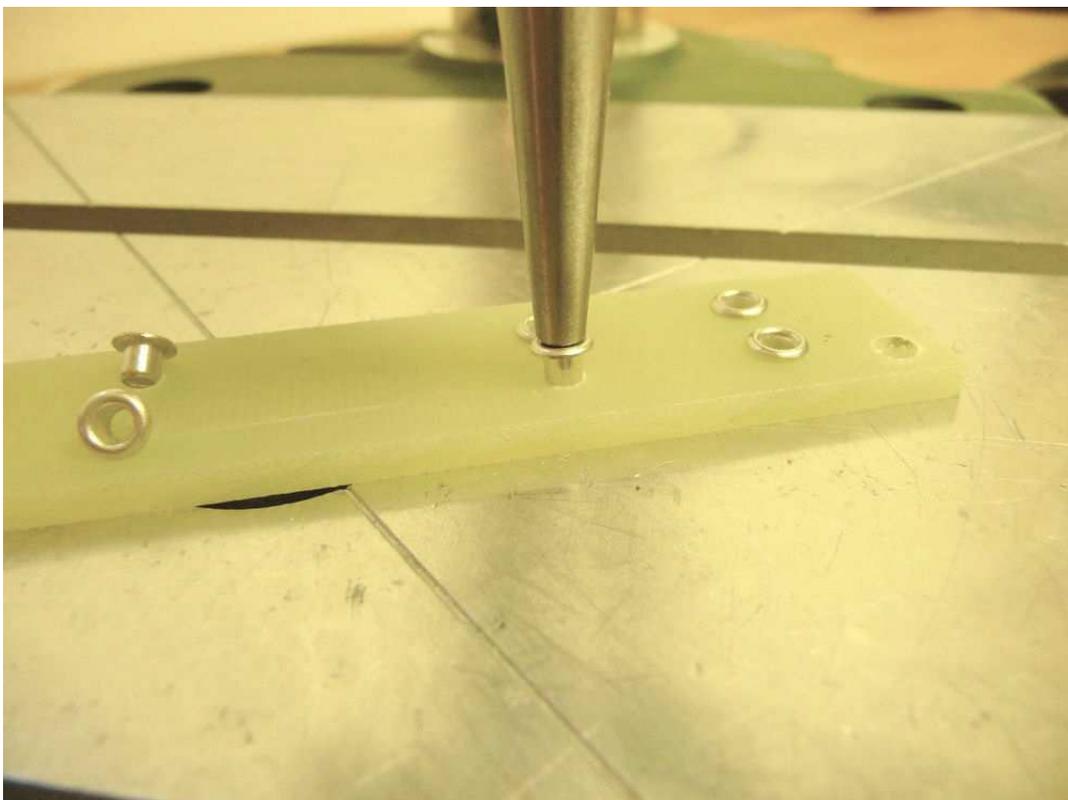
Als Bohrungsdurchmesser sollte ein Wert ganz leicht unter dem Durchmesser der Ösen gewählt werden. Beim Verlöten später werden diese sich ohnehin noch ausdehnen, so dass die Ösen absolut fest klemmen, ohne dass sie auf der Unterseite aufgeweitet werden müssen. Hier bieten sich 3mm perfekt an. Bei den kleineren Ösen geht man entsprechend vor.

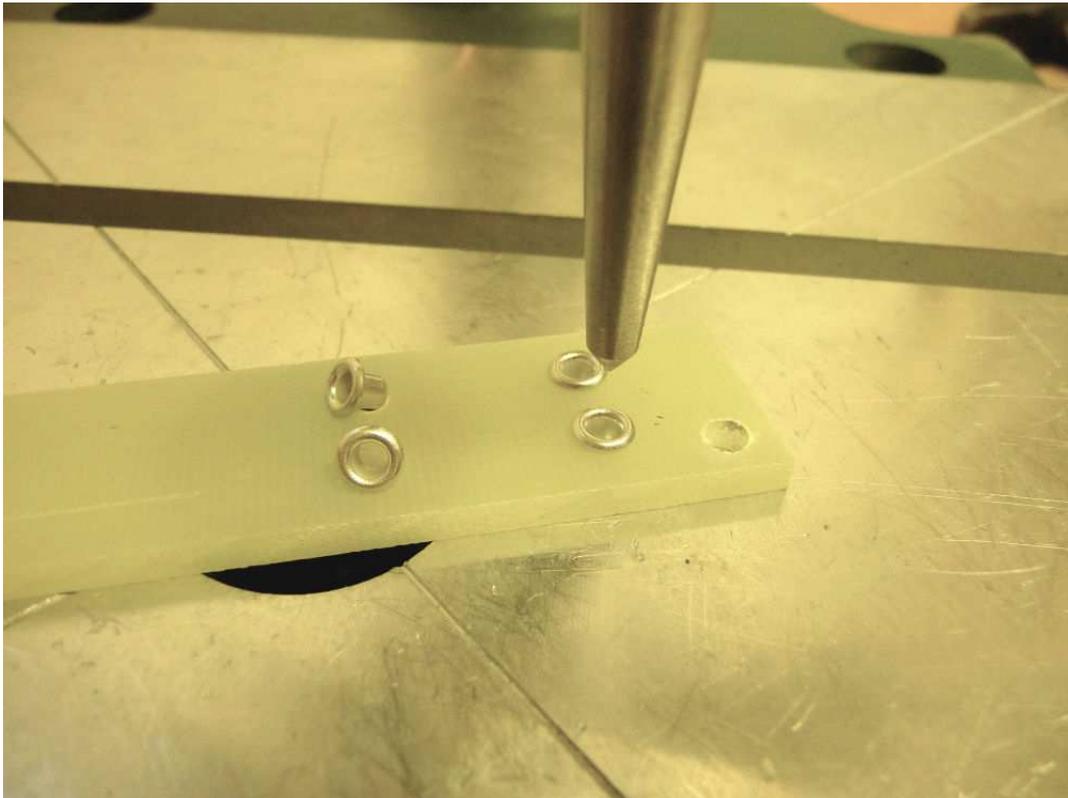
Fertig gebohrt sehen die Boards dann so aus:



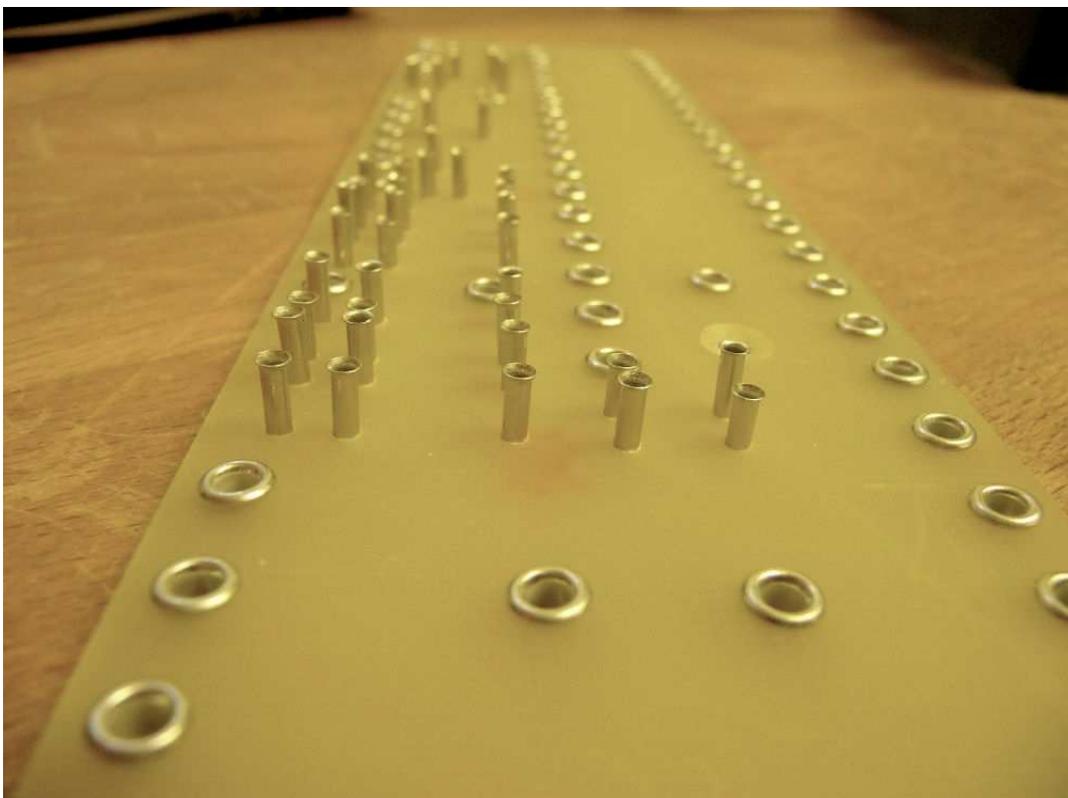
Die großen Löcher dienen später der Kabeldurchführung und müssen auf jeden Fall entgratet werden, damit sich die Kabel nicht aufscheuern.

Die Ösen können nun entweder mit dem Hammer eingeschlagen werden. Ist man da aber etwas unvorsichtig dabei, kann man aus Versehen die Köpfe leicht flach klopfen. Einfach und schneller ist es, wenn man diese einpresst. Hierzu kann man z.B. einen großen Körner in die Bohrmaschine einspannen und dann die Ösen sauber einpressen. Durch die Kegelspitze wird die Öse sauber flach eingepresst, ohne dass der Kopf sich verformt.

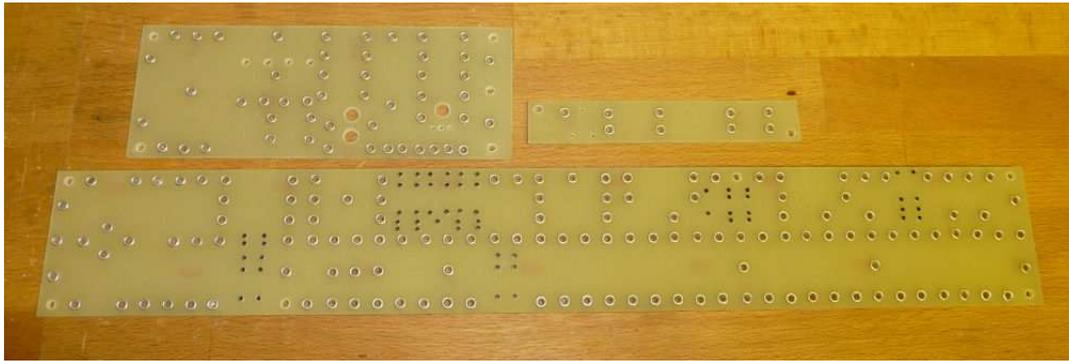




Anschließend die kleinen Ösen (Aderendhülsen bieten sich an) einsetzen und dann ebenfalls einpressen



Hat man sich hiermit nun die ersten Stunden um die Ohren geschlagen kann das Ganze so aussehen:



Kapitel 5: Bauelemente

Die wichtigsten Bauelemente für einen Verstärker und ihre Auswahl.

Vornweg soll gesagt sein, dass ich kein Bauteil-Voodoo betreibe, sondern lediglich Bauelemente verwende, die Stand der Technik und für jeden problemlos zu beschaffen sind. Es gibt hier keine Geheimnisse, versteckte Tricks oder sonstiges. Wichtig ist nur die Eigenschaften der Bauteile zu kennen und sie bedarfsgerecht einzusetzen.

Widerstände:

Metallfilm oder Kohlepress?

An anderer Stelle habe ich bereits die Eigenschaften von Kohlepresswiderständen und die Spannungsabhängigkeit des Widerstandswertes beschrieben. Generell kann man sagen, dass bei hohen AC und DC Pegeln Verzerrungen auftreten, die harmonische Verzerrungen hervorrufen und dass sie induktionsfrei sind. Damit ist der Einsatzbereich recht schnell umrissen: Arbeitswiderstände an der Anode, Slope-Widerstand, ... Im Bereich der Signalführung oder an Kathoden können sie ihre Vorteile nicht oder kaum ausspielen. Hier kommen eher die negativen Seiten wie das Rauschverhalten in den Vordergrund. Als Konsequenz hieraus setze ich zu 99% auf Metallfilmwiderstände und teste anschließend an einigen wenigen Stellen Kohlepress. Nur wo ein überzeugender Unterschied zu hören ist bleiben sie dann drin. Ein weiterer Nachteil liegt darin, dass man ohne Selektion aufgrund der Fertigungstoleranzen nicht auskommt.

Relais:

Zuerst stellt sich die Frage ob 1xUM oder 2xUM. Diese lässt sich relativ schnell beantworten: Relais mit 2xUM sind dann nachteilhaft, wenn damit 2 Signale geschaltet werden, die beide gleichzeitig aktiv sind und im schlimmsten Fall auch noch im gleichen Kanal nur an verschiedenen Stellen liegen. Hier kommt es innerhalb des Relais zu Übersprechungen die bis zum Aufschwingen führen können. Vorteilhaft sind sie jedoch, wenn man z.B. auf der einen Seite das Signal schaltet und auf der anderen Seite die stabilisierte Spannungsversorgung für LEDs zur Kanalanzeige.

Da ich kein Freund von LEDs auf Frontplatten bin (siehe auch Kommentar hierzu weiter hinten), schließlich steht der Amp hinter mir und ich habe keine Augen hinten, habe ich mich bewusst für 1xUM Signalrelais entschieden.

Die klassischen Vertreter hierzu sind:

Omron	G5V
Panasonic	DS1
SDS	DR

Wobei sich letzteres dadurch unterscheidet, dass es ein Reedrelais ist, was noch wichtig werden soll. Dieses Relais wird schon längers auch von einem Nürnberger Verstärkerbauer eingesetzt. Allerdings weiß ich nicht, aus welchen Gründen er sich hierfür entschieden hat.

Schaut man sich die Spulenwicklungen bzw. die Leistungsaufnahme der Relais an, so stellt man fest:

Omron:	150mW (167R)
Panasonic:	200mW bei der S-Variante, 400mW bei der M-Variante
SDS:	78mW (320R)

Durch den deutlich höheren Spulenwiderstand des SDS liegt dessen Strombedarf bei ca. der Hälfte der Omron Relais, von den Panasonic ganz zu schweigen.

Die Umschaltung der Kanäle funktioniert wie am Anfang beschrieben durch Schaltkontakte, die vom Fußschalter bereitgestellt werden. Dort wird jedoch mit Transistoren geschaltet, so dass ich nicht unendlich viel Strom im Amp zur Verfügung stellen kann. Hinzu kommt eine Leitungslänge von bis zu 10Meter beim Fußschalter und 5V Versorgungsspannung. Im Idealfall wollte ich 50-60mA je Schaltausgang nicht überschreiten.

Der Maximalfall im Amp liegt bei zwei Relais und 2 AQYs zum Muten. Beim SDS sind dies: $2 \times 15\text{mA (SDS)} + 2 \times 10\text{mA (AQY)} = 50\text{mA}$.

Beim Omron sind dies bereits $2 \times 30\text{mA} + 2 \times 10\text{mA} = 80\text{mA}$, beim Panasonic bereits über 100mA.

Ein weiterer Vorteil der Reedrelais liegt im Bounceverhalten von 1ms zu 5ms beim Omron sowie in der Schirmung der Relais. Die Panasonic scheiden alleine schon aufgrund ihrer 10ms operate time und 5ms releas time aus.

Und zum Schluss noch ein ganz einfacher Vorteil der SDS Relais. Sie haben ein minimales Rastermaß von 5mm, die Omron von 2,5mm. Letzteres ist mit Lötösen nur sehr schlecht zu lösen. So bleibt von den ganzen verfügbaren Signalrelais am Ende genau eines übrig, das alle Ansprüche erfüllt.

Dies alles sind die Faktoren, die mich dazu gebracht haben, diese Relais einzusetzen. Die Firma SDS und die ersten Reedrelais gibt es übrigens seit 1962!

Reedrelais bzw. Reedspulen werden auch gerne als Positionsschalter verwendet, wobei am bewegten Partner einen Magnet befestigt ist. Mit der Fertigung dieser Schalter hatte ich mich mal in meiner Diplomarbeit beschäftigt, ist also schon eine Weile her.

Wenn es auf den Strom und das Rastermaß nicht ankommt sind die Omron oder alternativ auch Finder eine gute funktionierende Lösung. Mit den gelben Panasonic habe ich dagegen keine sehr positiven Erfahrungen gemacht was die Haltbarkeit angeht. Einmal zu lange mit dem LötKolben ran und sie waren kaputt.

Potentiometer:

Alpha Potis bieten sich aus vielerlei Gründen an. Ein großer Vorteil gegenüber anderen sind die Metallachsen, die genau die richtige Länge für die normalen Knöpfe haben. Da müssen dann nicht erstmal mühsam die Achsen gekürzt werden. Und CTS mag ich aufgrund der Plastikachsen schonmal nicht.

Dann haben die 24mm gegenüber den kleineren 16mm den Vorteil, dass sie höhere Spannungen aushalten (500V/250V gegenüber 200V/150V bei lin/log).

Andere Vorteile der Alphas sind so Sachen wie das Drehgefühl und die seitlichen Nibs, die als Verdrehsicherung dienen, aber auch einfach abgeknippst werden können.

Die geschlossenen PEC Mil Potis würden mich auch mal interessieren, nur ist der Preis von ca. 14 EUR je Stück dann einfach nicht drin. Die Alphas bieten auch hier ein super Preis-Leistungs-Verhältnis.

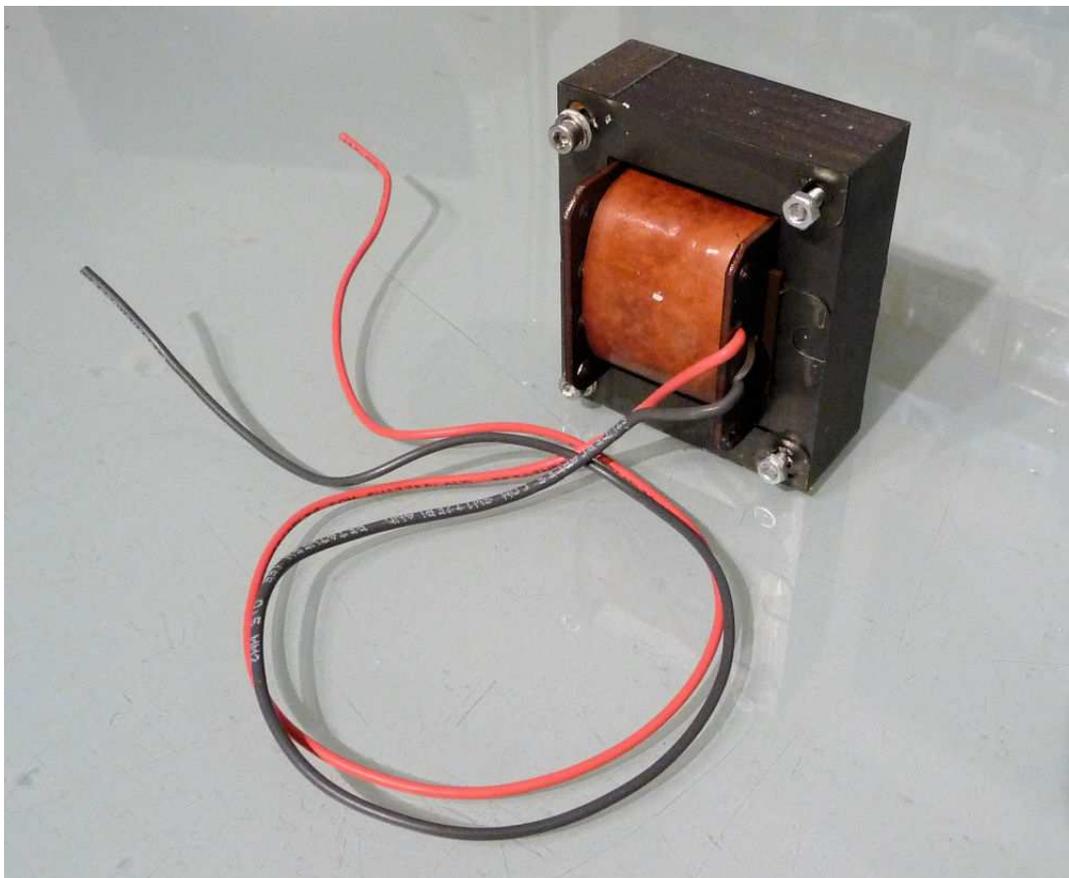
Nur aufpassen: Es gibt Alphas mit metrischem Gewinde und solche mit Zoll-Gewinde. Dirk hat immer das metrische Gewinde. Andere Anbieter schicken einem gerne mal zwischendurch welche mit Zoll-Gewinden. Die passen dann super in die fertig geschnittenen Chassis rein, nämlich gar nicht!

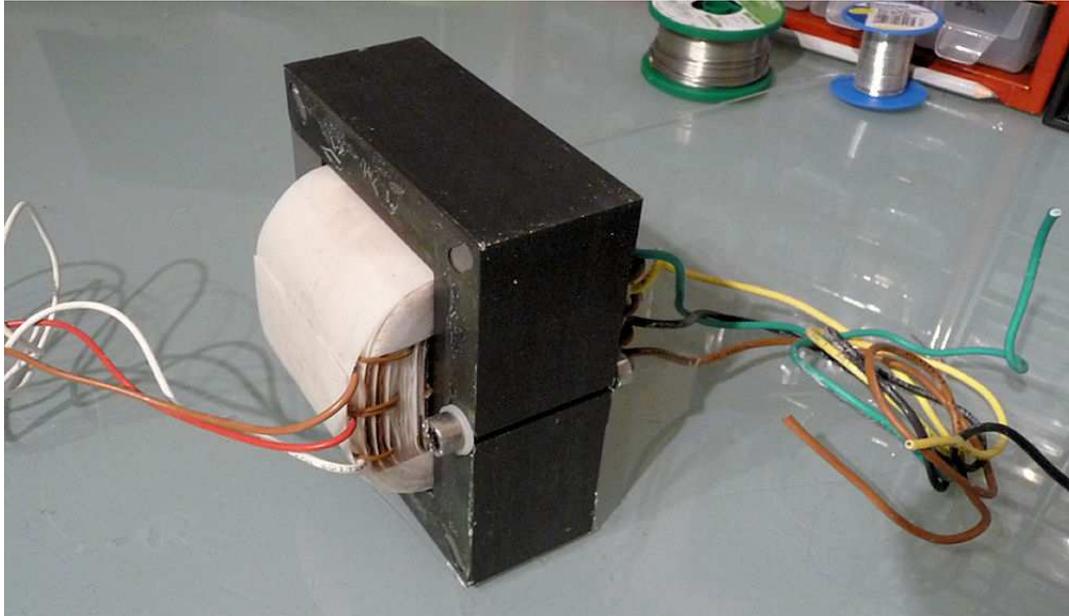
Trafos:

Die Trafos für den Mustang werden wieder von Ingo Gorges hergestellt, da sie meinen Vorstellungen eines offenen direkten Sounds am nächsten kommen. Tests mit Ausgangsübertragern anderer Hersteller brachten nicht die gewünschten Ergebnisse. So war ein Mercury Magnetics Radiospares einfach viel zu mittig brüllend, das passte einfach nicht.

Für den Mustang bekommen die Trafos nun pulverlackierte Kappen anstatt der verzinkten. Irgendwie hatte ich mich an den ganzen verzinkten / verchromten / polierten / schwarz lackierten Kappen satt gesehen. Das macht inzwischen ja fast jeder... Man wird von vorne zwar nicht auf die Kappen sehen, aber es ist wie bei einer guten Uhr. Man weiß, dass innendrin ein schönes Uhrwerk arbeitet, selbst wenn man es sich nicht auf den ersten Blick erschließt. Die weißen Kappen werden auch ausschließlich dem Mustang als Topmodell vorbehalten sein.

Also erstmal runtern mit den Kappen.





Ein paar Tage später waren die Kappen dann fertig zum Abholen. Das weiß glänzt wunderbar und ist absolut schlagfest. Selbst wenn man die Zahnscheiben in den Lack drückt platzt nichts ab.



Alle hier aufgeführten Informationen sind nur für den privaten Gebrauch bestimmt. Eine kommerzielle Verwendung ist nicht gestattet. Das Dokument und die enthaltenen Informationen sind geistiges Eigentum der Myco GmbH / Altbach, 04.04.2010

Also wieder auf die Trafos drauf damit und schon warten sie im Regal auf ihren Einsatz.

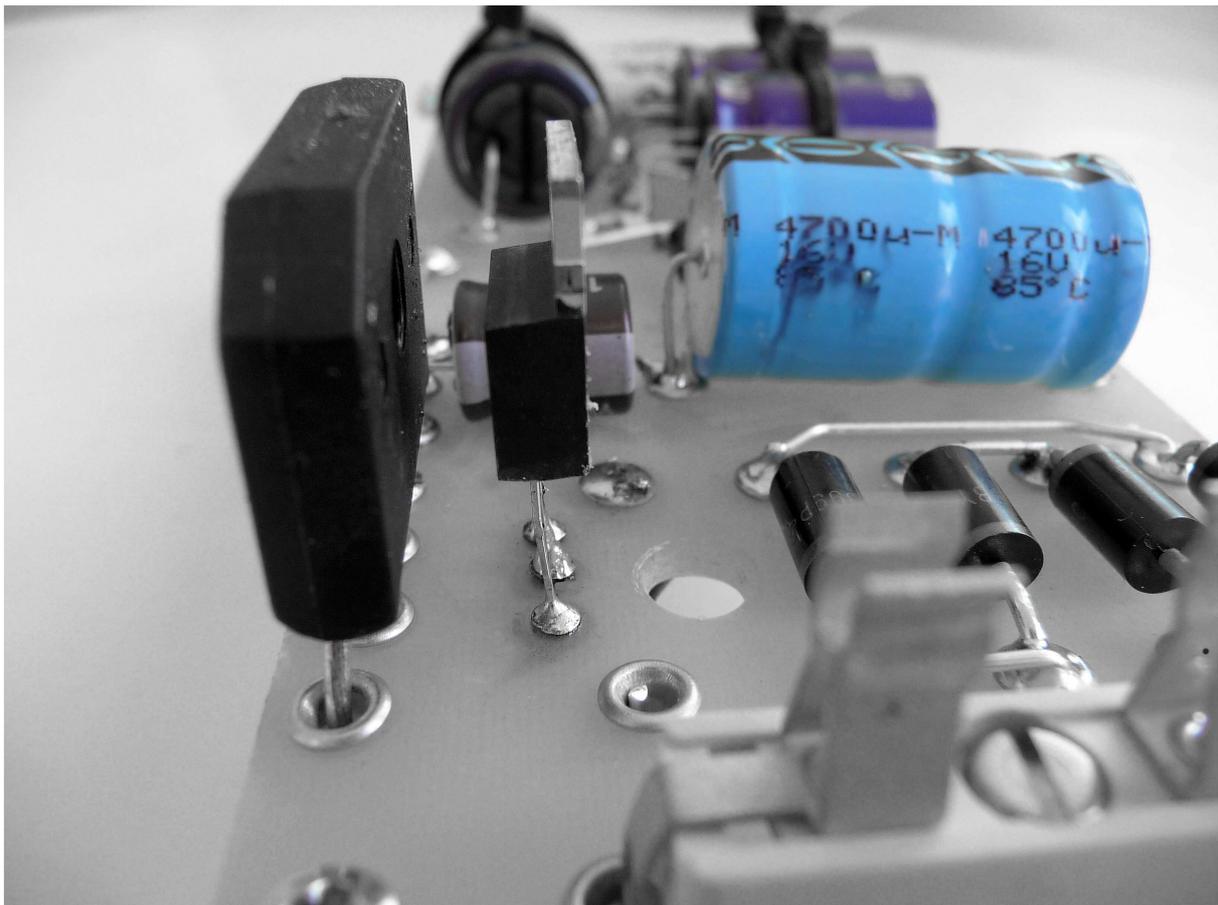


Kapitel 6: Das Netzteil

Auf dem Netzteil-Board sind integriert die HV-Gleichrichtung, die unregelte DC-Heizung für die ersten vier Röhren, das Hochlegen der AC-Heizung sowie die Gleichrichtung und Regelung der Relais-Versorgung.

Warum nicht gleich eine geregelte DC-Heizung? Sie wird meiner Meinung nach überbewertet. Bei viel Gain bringt sie tatsächlich mehr Ruhe, weiter hinten im Signalweg ist es aber recht egal. Dort bringt ein Hochlegen der Heizung ebenfalls absolute Ruhe. Abgesehen davon ist es auch notwendig um beim Kathodenfolger keine Probleme mit der Ufk auftreten zu lassen.

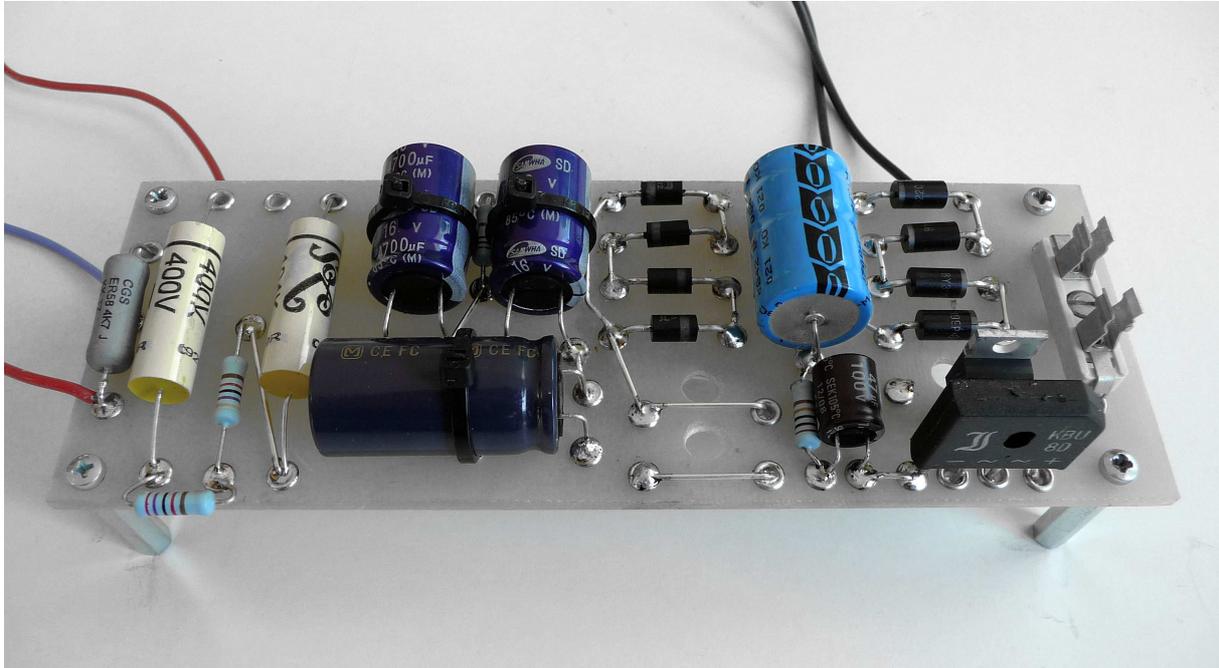
Eine Regelung der Relaisversorgung ist dagegen absolut notwendig. Ist ein Relais nicht angesteuert liegt nur Vcc an der Plusseite an, die Minusseite ist in diesem Fall offen. Wenn nun ein Rest-Ripple Vcc überlagert, dann kann es vorkommen, dass dieser Brumm in das Signal einstreut. Besonders kritisch ist dies logischerweise bei Relais, die weit vorne im Signalweg liegen. Eine Spannungsregelung verhindert das zuverlässig. Noch besser wird es, wenn man eine 6,3V Wicklung nimmt und nach der Gleichrichtung mit einem Lowdrop-Regler arbeitet. Man hat durch den geringeren Spannungsabstand zu 5V nahezu keine Wärmeverluste am Regler. Ein Kühlkörper oder eine Montage am Chassis ist nicht notwendig.



Die Verdrahtung auf der Unterseite erfolgt genau wie auf der Oberseite mit 1mm Silberdraht oder bei Bedarf mit Litze. Wo es sinnvoll ist mache ich schon immer eine 2-seitige

Bestückung. Allerdings nur bei Bauteilen, an die ich nachher garantiert nicht mehr heran muss. Beim Netzteil ist das nicht besonders kritisch. Beim Preamp-Board gibt es jedoch ein paar Stellen im Bereich des Tonestacks, da gab es ansonsten einfach nicht genug Platz.

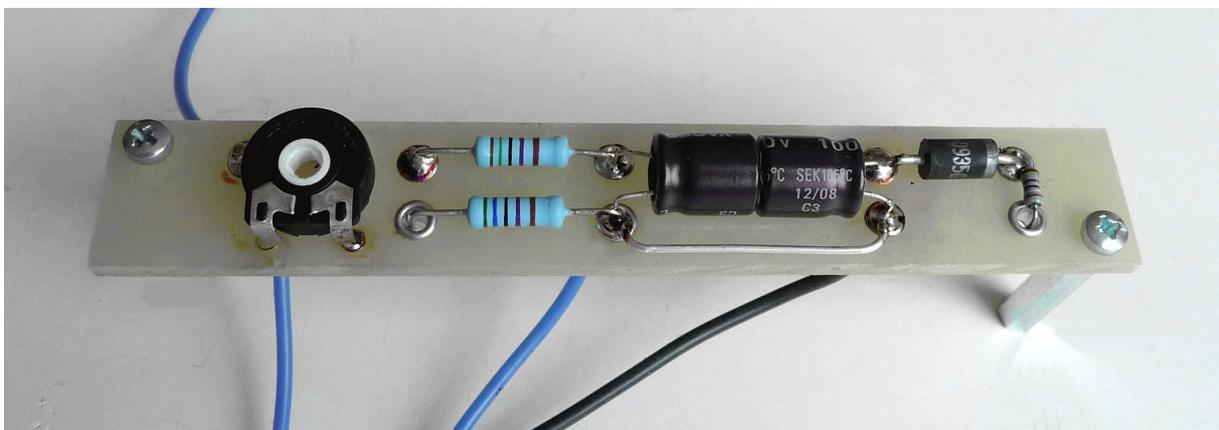
Das fertige Netzteil:



Sehr praktisch ist es, wenn man bei der Montage provisorisch Abstandsbolzen ans Board schraubt. Die 40mm Bolzen bieten sich sehr gut an, da dann ausreichend Platz für die Beinchen beim Bestücken ist.

Die Elkos hatte ich früher mit Montageklebeband befestigt, nach einer anregenden Diskussion im TT Forum sind sie nun mit Kabelbindern festgemacht und halten absolut wackelfrei.

Zusammen mit dem Netzteil-Board habe ich auch gleich das kleine Bias-Board fertig gemacht. Anders als beim Nighthawk habe ich die Bias-Erzeugung auf dem extra Board gelassen. Das Netzteil konnte ich nicht breiter machen, von daher war die Extra-Lösung für mich das Geschickteste.



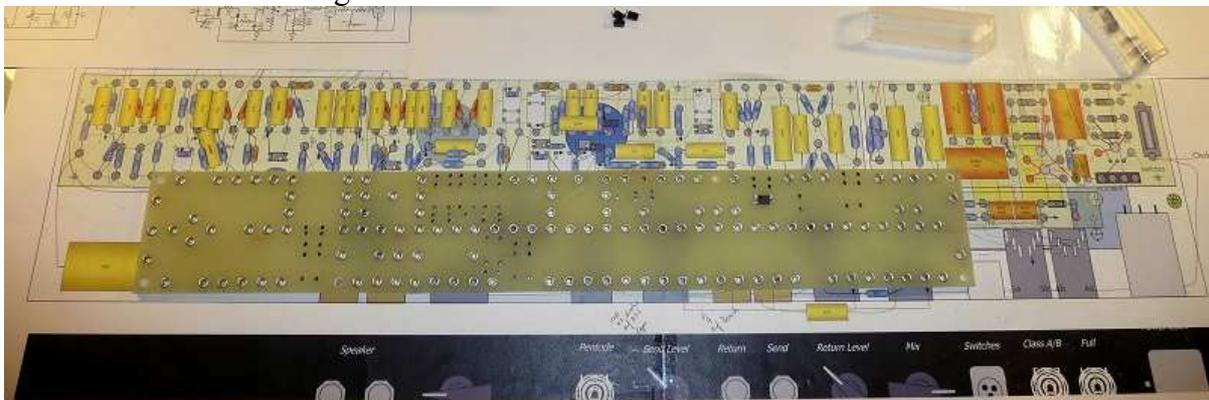
Kapitel 7: Das Preamp-Board

Der Aufbau bzw. die Planung des Preamp-Boards wird mit jeder (positiven und negativen) Erfahrung die man gemacht hat besser. Gerade hier ist es doch recht kritisch, wo man welche Bauteile und Leitungen platziert. Es hilft einfach viel Ausprobieren. Prinzipiell habe ich mir ein Basislayout für eine bestimmte Stufe erarbeitet, das ich dann entsprechend variere. Wenn man sich das Board ein bisschen genauer anschaut dürfte man auch schon recht gut die Positionierung erkennen.

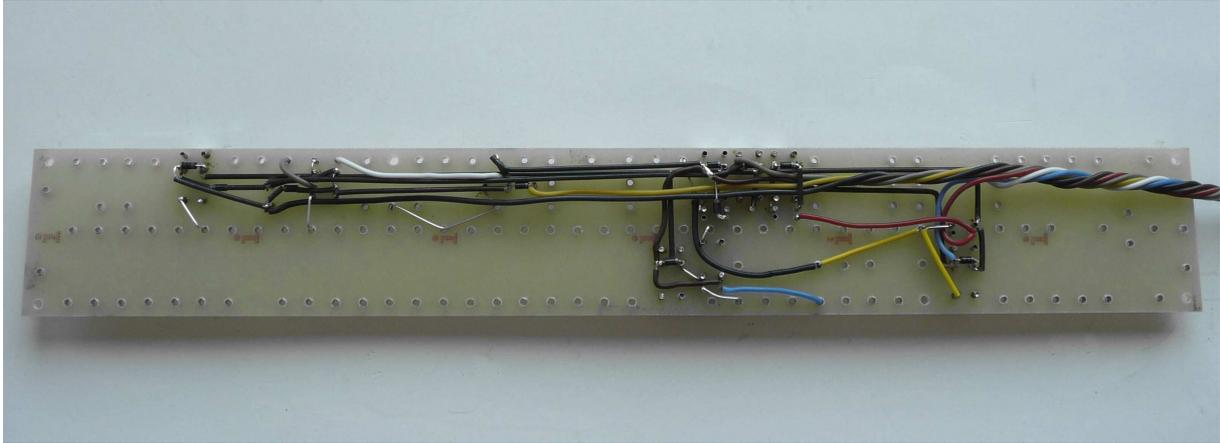
Um es sich aber nicht unnötig schwer zu machen sollte man sich v.a. bei komplexeren Schaltungen bereits vorher überlegen, welche Röhre man wo im Signalweg platziert. Es ist z.B. wenig sinnvoll die Eingangsstufe in die Mitte zu setzen, dann mit dem Signal nach links und danach wieder nach rechts zu gehen... Phasengleiche Leitungen verschiedener Stufen gehören nicht direkt nebeneinander aber auch um 180° verschobene Phasen sollte nicht parallel verlaufen. Dann gibt es da noch das Einstreuverhalten von Kondensatoren, das auch nochmal die genaue Position beeinflussen kann. Generell kann man noch sagen, dass sich kritische Leitungen am Besten (falls es sich nicht vermeiden lässt) im 90° Winkel kreuzen.

Bereits beim Layouten des Boards sollte man sich sehr genau überlegen, wo später welche Leitung verläuft. Wird z.B. eine geschirmte Leitung eingesetzt, so muss evtl. neben dem Signalanschluss noch eine Masseöse für die Schirmung liegen. Auch werden zu diesem Zeitpunkt die Massen der einzelnen Stufen auf dem Board miteinander verbunden.

Nach Bereitstellung aller Unterlagen werden zuerst die Relais und Optokoppler bestückt um anschließend die Schaltlogik zu testen.



Auf der halbfertigen Unterseite sind nun alle Leitungen vorhanden, die für das Switching notwendig sind. Rechts geht dann der verdrehte Kabelbaum raus, der später an der Switches-Buchse angelötet wird.

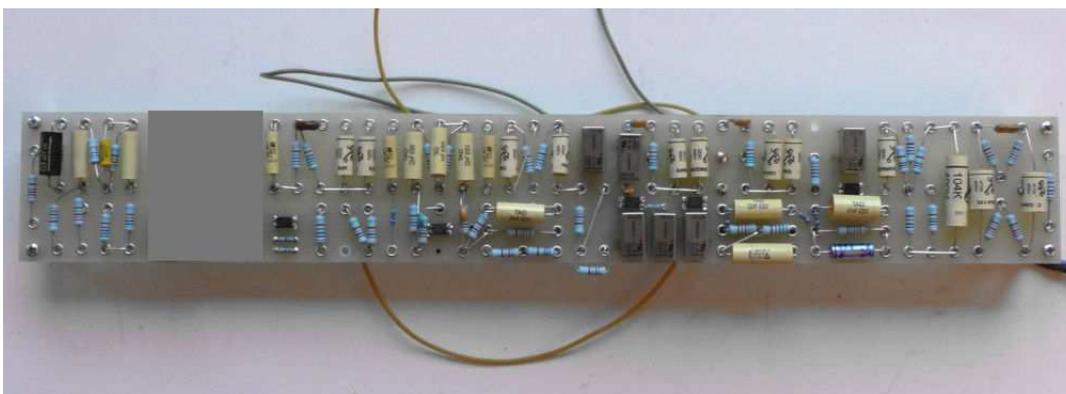


Sämtliche Leitungen auf der Unterseite sind in 1mm Silberdraht ausgeführt, lediglich wenige Verbindungen sind mit Litze verlegt.

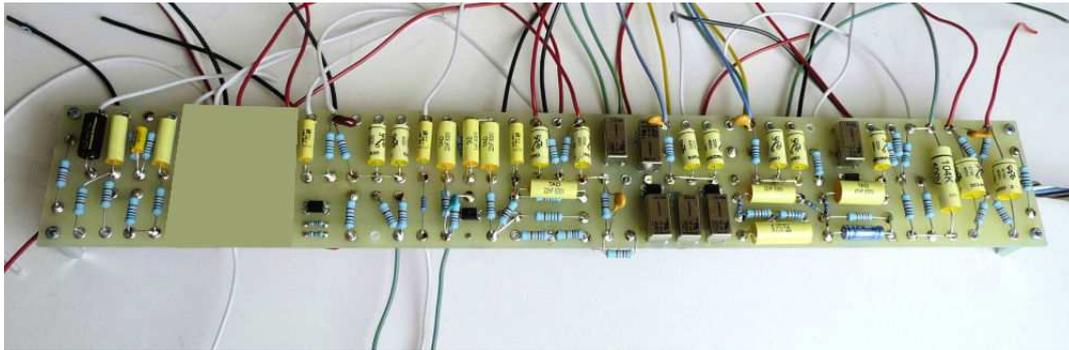
Zum Testen schließe ich Masse und Vcc an 5V an und schalte mit die entsprechenden Kanäle durch, indem ich abwechselnd den jeweilige Punkt an Masse schalte. Eine ordentliche Auslegung der Schaltung hat sich gelohnt, die Schalterei bestehend aus 6 Relais, 5 Optokopplern und 7 Dioden (ohne die 5 Freilaufdioden) funktioniert auf Anhieb. Alle Relais schalten die Kanäle durch und die Optokoppler muten die nicht benutzten Stränge um auch das letzte Quäntchen Übersprechen stumm zu schalten.

Die Schalterei führe ich massegesteuert durch. Das hat schlichtweg folgenden Vorteil: Man steckt hinten einen Adapter von verriegelbarer DIN-Buchse auf Klinkenbuchse in den Amp. Hat man nun einen Vcc-gesteuerte Schaltung liegen 5V (oder 12V) am Gehäuse der Klinkenbuchsen. Kommt man nun mit der Buchse irgendwo ans Chassis brennt der Regler durch oder fliegt eine Sicherung oder oder ...

Anschließend habe ich die komplette Oberseite fertig bestückt und zusammen mit den Anschlusskabeln fertig verlötet. Hier noch ein Bild direkt nach dem Bestücken:



Fertig verlötet mit allen Anschlusskabeln dran sieht das dann schon so aus:



Das Massekonzept

Die eigentliche Basis bildet ein Busmassenkonzept, das leicht modifiziert wurde. Eine tolle Beschreibung findet sich inzwischen bei Valve Wizard:

<http://www.freewebs.com/valvewizard2/Grounding.pdf>

Es werden jeweils die Massepunkte einer Stufe zusammengefasst und diese über einen Bus zu einer Zentralmasse geführt. Der Massepunkt einer lokalen Masse ist stets auch der Massepunkt des zu dieser Stufe zugehörigen Elkos. Die Funktion des Massebus übernimmt dann das Chassis. Aus diesem Grund sind auch zwei Elkos nicht als Doppel-elko ausgeführt sondern einzeln im Chassis befestigt. Später hierzu mehr.

Im Gegensatz zu Valve Wizard verbaue ich jedoch am Input keine isolierte Buchse. Die Masse der Inputbuchse ist die Lebensversicherung für den Gitarristen. Kommt es aus irgendeinem erfindlichen Grund zu einem Defekt im Amp, so muss unter allen Umständen vermieden werden, dass Spannung auf die Saitenmasse der Gitarre kommt.

Dies ist realisiert durch eine durchgängige Schutz Erde, die sicher ausgeführt ist. Am Netzfilter wird eine Litze, die mindestens den selben Querschnitt wie die dickste Netzleitung hat, durch die Öse durchgezogen, umgebogen, wieder um die Litze herumgewickelt und verlötet. Das andere Ende wird genauso an einer Lötöse befestigt, die an das Chassis angeschraubt wird. Wie eine sichere Schraubverbindung ausgeführt wird hat Rockopa beschrieben. Diese Schraube darf zu keinem anderen Zweck wie z.B. als Trafobefestigungsschraube verwendet werden. Alle Schutzleiterleitungen werden in grün/gelb ausgeführt. Diese Farbe darf für keine andere Litzen verwendet werden.

An der Inputbuchse wird die Masse vom Chassis wie bereits beschrieben festgelötet, als Massepunkt wird die lokale Masse von V1 verwendet. Zusätzlich wird über die nicht isolierte Montage der Buchse eine Masseverbindung ermöglicht. Nun könnte aus der Litzenverbindung und der Verbindung übers Chassis eine Masseschleife entstehen. Dies kann durch eine entsprechende Verlegung der Litze und eine Positionierung der Inputbuchse nahe von V1 vermieden werden.

Kapitel 8: Die Chassismontage

Das Chassis besteht wie meine bisherigen Chassis auch aus gebürstetem V2A. Anfänglich hatte ich Aluminium eingesetzt, dann aber auf Edelstahl gewechselt, da diese deutlich stabiler bei gleichzeitig einfacherer Fertigung sind. Aluminium hat stets den Nachteil, dass das Eloxieren aufwändig und teuer ist. Als Dicke haben sich dabei 2mm bewährt.

Die erstellten CAD-Daten gehen dann an meinen Lieferanten zum Lasern, der sie auch für das Abkanten überarbeitet. Hierbei wird das Blech gestreckt, so dass noch Abzüge an den Maßen gemacht werden müssen. Neben den Aussparungen für die Käfigmuttern werden noch Schnitte eingebracht um Verwerfungen der Falze beim Abkanten zu vermeiden.

Aufpassen sollte man noch bei der Positionierung der Bohrungen für die Elkoalter. Je nach Durchmesser der Elkos sind die Befestigungsbohrungen und die große Öffnung für den Elko nicht genau auf einer Linie. Berücksichtigt man dies nicht, so sitzt der Elko später nicht genau zentriert über der Öffnung. So unterscheiden sich meine Chassis z.B. leicht an den Elko Bohrungen, abhängig davon ob F&T Elkos oder TADs verwendet werden.

Bei den Löchern im Chassis sollte man ebenfalls immer ein bis zwei Zehntel im Durchmesser zugeben um die Toleranzen von Frontplatte und Chassis zu berücksichtigen.

Auf LEDs zur Kanalanzeige habe ich bewusst verzichtet. Der Amp steht im Regelfall hinter einem und der Fußschalter liegt vor einem am Boden. Wo schaut man dann hin? Auf den Fußschalter und nicht auf den Amp... Wenn ich bunte Lichter will geh ich in die Disco.

Als ich die Chassis dann abgeholt und die Schutzfolie abgezogen hatte, konnte ich mir zum ersten mal in Ruhe diesen schweizer Käse aus Edelstahl anschauen.



Nach dem Abziehen habe ich das Chassis erst einmal komplett mit Edelstahlpflege behandelt. Danach strahlte es gleich nochmal schöner.



Damit die dicken APEM-Schalter einen besseren Halt haben und sich nicht so leicht verdrehen habe ich gleich die entsprechenden Nasen vorgesehen. Anders als bei anderen Schaltern (z.B. die kleinen Hebelschalter) oder Potis, die ein zweites Loch brauchen, das man mal schnell selber bohrt, ist das bei diesen Durchbrüchen selbst praktisch fast nicht mehr herstellbar. Ein Hoch auf den Laser, dem ist es egal wie ich die Schnitt-Linien im CAD zeichne.



Die Trafos werden nun mit M5-Schrauben und Unterlegscheiben aus Edelstahl befestigt. Ich hatte einmal einen krummen Trafo weil ich keine Unterlegscheiben verwendet hatte. Nie wieder! Alle anderen Halter etc. werden ebenfalls mit Edelstahlschrauben montiert. Hierzu verwende ich entweder Schlitzschrauben mit Zylinderkopf (Elkohalter) oder solche mit kleinerem Rundkopf (Fassungen, Abstandsbolzen). Diese passen bei den gängigen Noval-Fassungen besser, denn Normale M3 Schrauben stehen hier immer etwas schräg wenn man sie reinsteckt. Da hilft dann nur noch beherztes Geradebiegen. Die mit Rundkopf dagegen stehen schön gerade. Kleiner Tipp: Ich hatte sie bei der Suche nach kleineren Köpfen mal bei RS Components gefunden. Evtl. gibt es sowas ja auch noch woanders.

Der Netztrafo und der Ausgangsübertrager sind so weit wie möglich entfernt und zueinander verdreht. Dabei ist der Ausgangsübertrager so orientiert, dass dessen Feldlinien nicht direkt in die davor liegenden Röhren schießen. „Es [...] sollte jedoch darauf geachtet werden, daß der Abstand zwischen diesem (dem Netztrafo, d. Verf.) und dem Ausgangsübertrager nicht zu klein ist und daß außerdem die Achsen dieser beiden Transformatoren um 90° gegeneinander verdreht sind.“ (Otto Diciol, Röhren-NF Verstärker Praktikum, 2003, S.312)

Eigentlich selbstverständlich, aber dennoch erwähnenswert ist, dass an jeglicher Kabeldurchführung Gummitüllen eingesetzt werden! Niemals ein Kabel direkt durch eine Öffnung ziehen, es könnte sich aufscheuern.

Das Gitter, das später die Röhren schützen wird, ist nun nicht mehr lackiert, sondern ebenso wie die Trafokappen pulverbeschichtet. Dieses Verfahren hat den Vorteil, dass die Oberfläche weicher und unanfälliger gegen Beschädigungen ist. Da das Gitter mit Inbus-M4-Schrauben befestigt ist, ist die ein klarer Vorteil gegenüber dem herkömmlichen Lack. Trotzdem kommen auch da Unterlegscheiben und Sicherungsringe zum Einsatz. Durch das Festschrauben in ordentlichen Aluträgern aus 20x20mm Profil ist das ganze auch absolut dauerfest. Wie oft hatte ich schon ausgefranzte Holzträger da, bei denen nach mehrmaligem Abschrauben der Rückplatte nichts mehr gehalten hatte? Einschraubgewinde wären auch noch eine Alternative aber ordentliche Träger waren mir dann doch lieber.

Alle Klinkenbuchsen werden mit einer Ausnahme isoliert montiert. Möchte man nicht auf die meiner Meinung nach nicht so tollen Plastikbuchsen zurückgreifen bieten sich Switchcraft-Buchsen mit Isolierscheiben an. Die Bohrungen im Chassis müssen entsprechend größer gewählt werden.

Liegt das Chassis bei 2mm und wie beim Nighthawk die Frontplatte ebenfalls bei 2mm, so sind zwingend Buchsen mit langem Schaft notwendig. Da die Edelstahlfronten beim Mustang eine Dicke von 1mm haben kann ich bei der Inputbuchse, die nicht isoliert montiert ist, auf eine mit kurzen Gewinde zurückgreifen. Dadurch steht das Gewinde auch weniger aus der Mutter heraus.

Wichtig ist es bei den Switchcraft, dass zügig gelötet wird. Grillt man zu lange an den Buchsen herum verziehen sich die Schaltzungen und das Eingangssignal wird u.U. nicht mehr sauber auf Masse geschaltet.

Kapitel 9: Die Chassisverdrahtung

Der Ausgangsübertrager sitzt ja wie bei SLO und Co auf der Seite der Eingangsröhre. Dies hat außer Vorteilen auch den Nachteil, dass hohe Signal-Ströme im Bereich der empfindlichen Eingangsröhren sitzen. Um hier keine Einstreuungen zu bekommen werden einerseits die Leitungen verdrillt (wie ja öfters hier im Forum schon besprochen) und andererseits die Ausgangsbuchsen aus dem Bereich der Eingangsröhren in Richtung Chassis-Mitte verlegt.

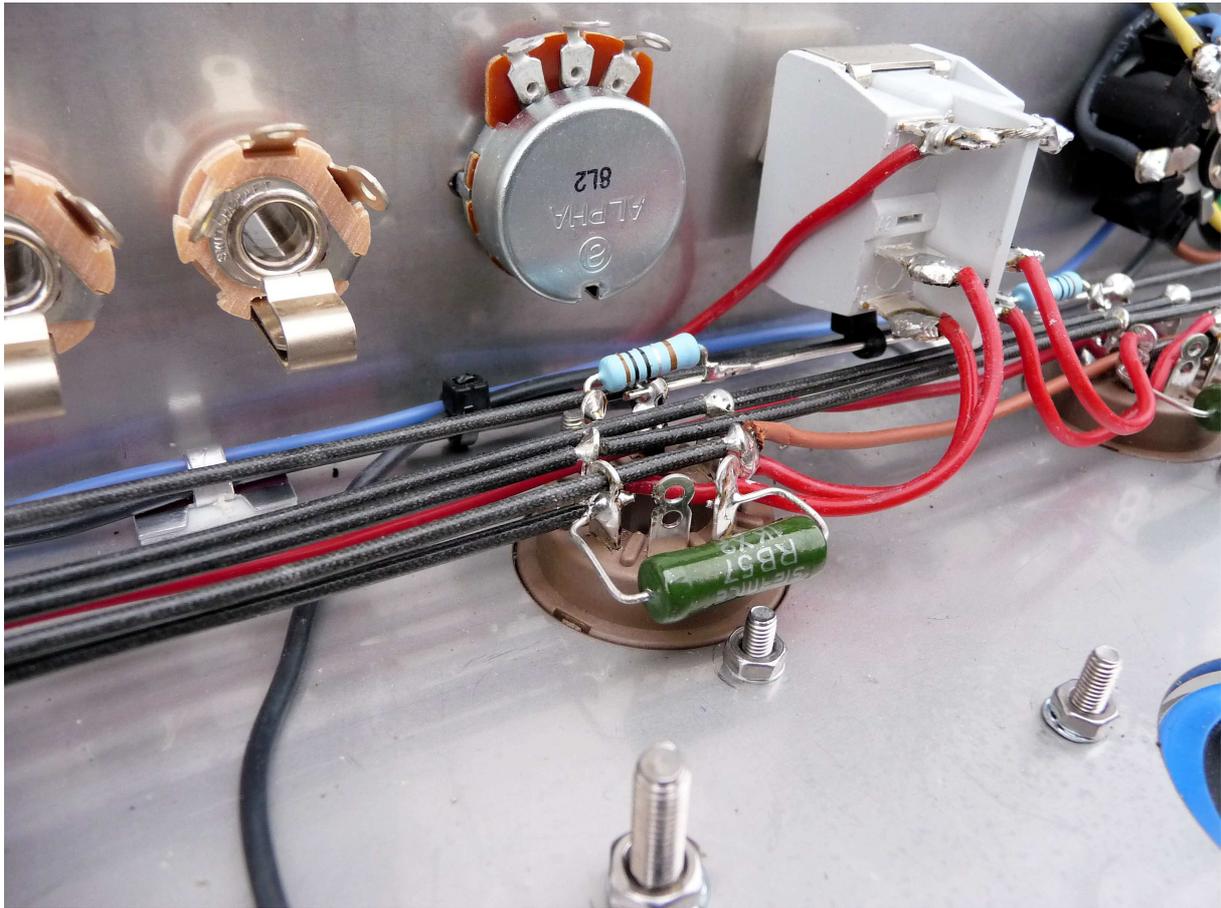
Beim Nighthawk wollte ich die Buchsen tatsächlich an der Seite haben, was nur durch entsprechende Abschirmbleche möglich war.

Beim Mustang wäre ein Abschirmblech vermutlich nicht zwingend notwendig, da keine Bauelemente außer Siebelkos in der Nähe der Sekundärleitungen sitzen. Jedoch gehen die Primärleitungen schon etwas in Richtung Board, so dass ich mich doch für ein dünnes Blech zur Abschirmung der AÜ-Leitungen entschlossen habe. An dieser Stelle sind keine besonderen Bleche notwendig, ein einfaches Weißblech ist absolut ausreichend.

Die Verdrahtung der Heizung erfolgt ebenso wie die gesamte Endstufenverdrahtung in bewährter linearer Manier (siehe auch Joachims SLO-Thread). Dies führt auch im Bereich der AC-Heizung der Vorstufe zu keinerlei Brummen.

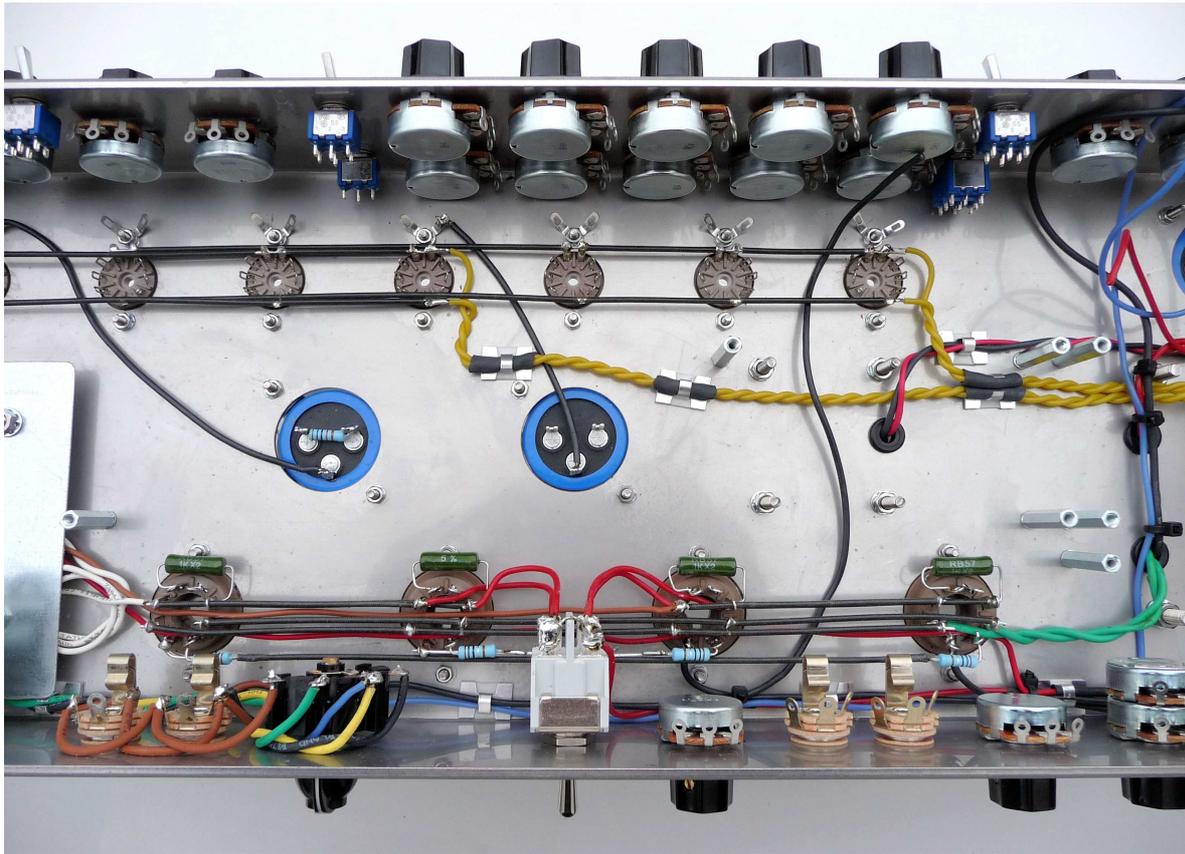
Die Isolierung der 1mm dicken Silberdrähte erfolgt durch einen gewebehaltigen Isolierschlauch (siehe ebenfalls die SLO-Threads, hier und früher bei mir in gelb) mit 3kV Durchschlagspannung.

Bei der Endstufe bin ich davon abgegangen die Drähte alle parallel zu führen. Die verwendeten Micalex-Sockel eignen sich nicht so besonders, die Löfahnen zu verbiegen. Daher habe ich durch je eine Bohrung der Fahne einen Draht gezogen und an den nicht benötigten Stellen mit dem Isolierschlauch isoliert. Bilder sagen hier aber viel mehr als Worte:



Sämtliche AC-Leitungen sind verdrillt, egal ob Hochspannung oder Heizung. Zum Verdrillen eignet sich am besten ein kleiner Akkschrauber. Die Litze in der Länge abmessen, ca. 20% zugeben. Danach mal 2 nehmen und an der Mitte umfalten, so dass man zwei gleichlange Stränge hat. Die offenen Enden kommen in das Bohrfutter rein. Das geschlossene Ende mit einem Stift festhalten und dann den Akkschrauber laufen lassen. So ergibt sich eine sehr gleichmäßige und enge Verdrillung.

Auf der Rückseite habe ich dann noch die ganzen Schalter für die Endstufen-Modi verdrahtet, die auch mit den beiden Lastwiderständen unter dem Netztrafo verbunden sind. Diese beiden Kathoden-Widerstände sind übrigens bis je 50 Watt ausgelegt, da bei Vollast doch ganz ordentliche Leistung verbraten wird (siehe hierzu die Berechnung im Classic-Thread). Ganz bewusst verzichte ich an der Stelle auch auf Kathodenelkos.

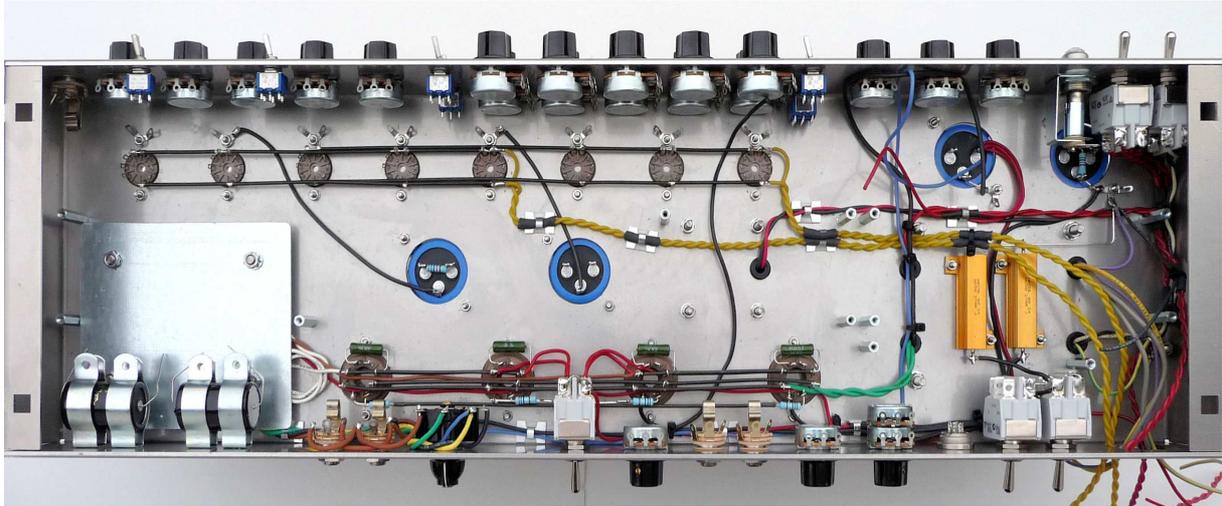


Wie man sieht, geht es an der Front mit den zwei Reihen Potis ganz schön eng zu. Während der CAD-Phase war das doch recht aufwändig die Abstände gleichmäßig auf der Front zu verteilen und gleichzeitig soviel Platz zwischen den Lötösen der Potis zu lassen, dass man noch gut rankommt.

Das Chassis ist nun für den Einbau der Eyeletboards vorbereitet. Überhalb der Abschirmplatte sieht man noch die beiden einzelnen schwarzen F&T Elkos. Einen weiteren Becherelko wollte ich nicht oben aufs Chassis setzen, da dann zu nahe an den Endröhren gekommen wäre. So sitzen die beiden Elkos in der Mitte genau mittig zwischen den Endröhrensockeln und den Vorstufensockeln und damit maximal entfernt von den heißen Röhren. Die Abschirmplatte verhindert die Einstrahlung der AÜ-Leitungen in die Eingangssektion, ein Tipp von Larry Grohman der mir weiter vorne eine einfacher Bauteilplatzierung und weniger geschirmte Kabel ermöglichte. Vielen Dank an der Stelle.

Das Netzteil ist ebenfalls soweit vorverdrahtet, dass nur noch die Leitungen am Eyeletboard angelötet werden müssen. Auf der der Frontseite zugewandten Seite verlaufen die Leitungen für Heizung, Drossel, Sekundär-HV/AC. Nach hinten gehen dann die Leitungen für Primär-AC und Endstufenheizung weg. Den Netzfilter habe ich noch nicht eingebaut, dies mache ich immer erst, wenn die Boards drin sind. Hierdurch habe ich etwas mehr Platz beim Leitung verlegen.

Ungeschickt ist es jedoch, dass die Schraube des Netzfilters die an der Chassisseite liegt, nun nicht mehr so gut zugänglich ist. Hierfür habe ich aber auch einen kleinen Trick angewandt. Die Mutter und die Zahnscheibe einfach in einen passenden Schrumpfschlauch vorne eindrücken, jedoch nur soweit, dass es gerade hält. Dann mit dieser Verlängerung die Mutter von innen auf die Schraube setzen und diese eindrehen. Hält wunderbar und man bricht sich nicht die Finger dabei.



Und nun ist es auch an der Zeit, das Chassis einmal von außen zu zeigen, hier noch ohne die 12 Röhren.

Eins:



Zwei:



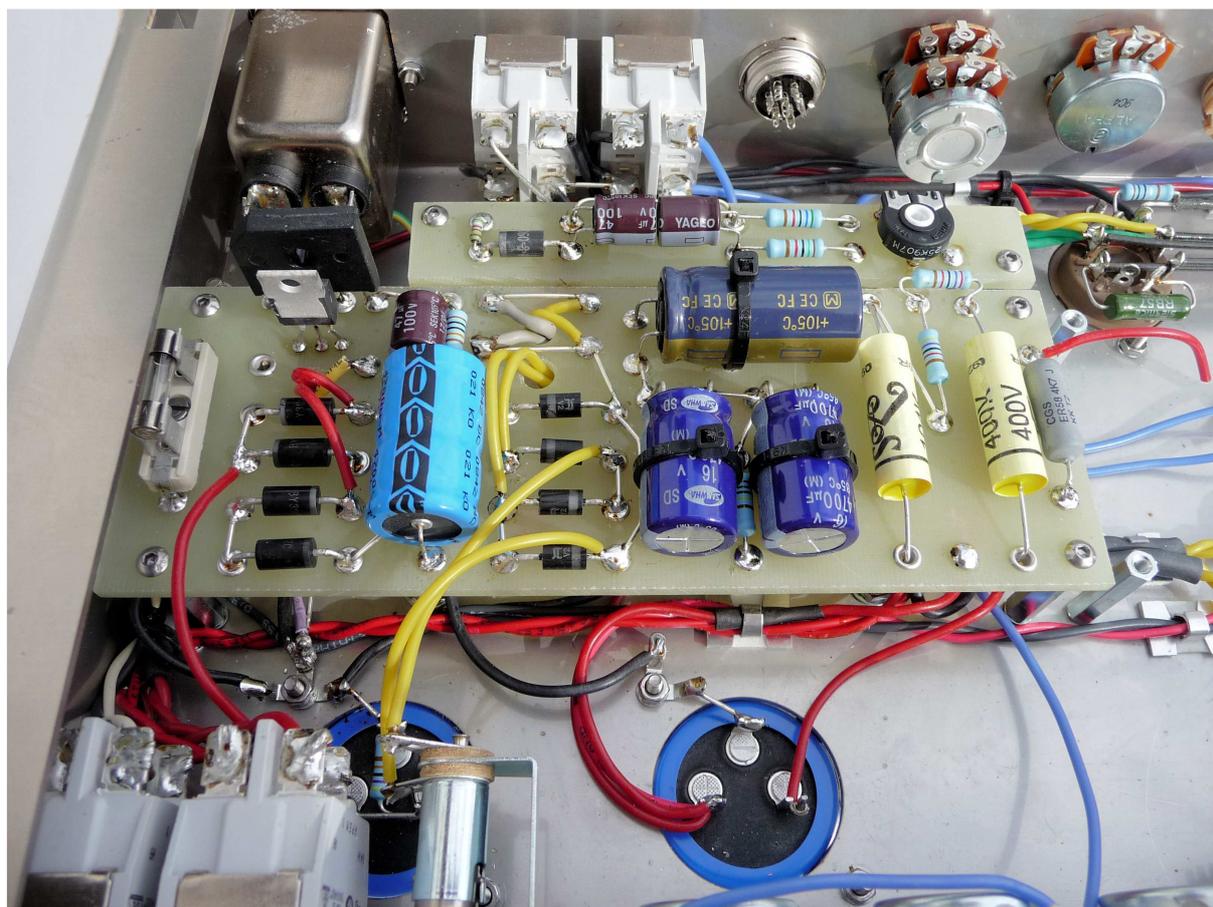
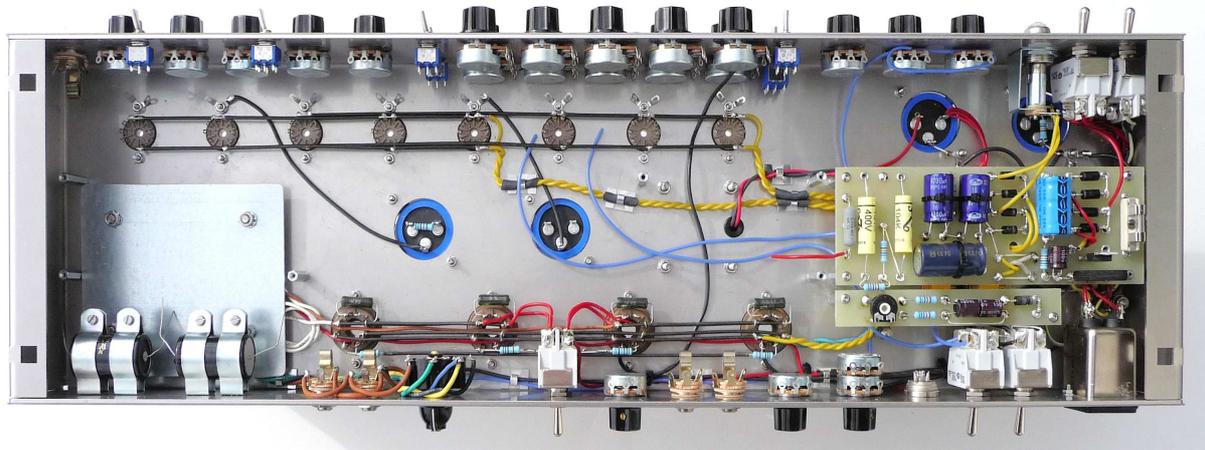
Alle hier aufgeführten Informationen sind nur für den privaten Gebrauch bestimmt. Eine kommerzielle Verwendung ist nicht gestattet. Das Dokument und die enthaltenen Informationen sind geistiges Eigentum der Myco GmbH / Altbach, 04.04.2010

Drei:



Kapitel 10: Einbau des Netzteils und Test

Sämtliche vorbereitete Leitungen habe ich nun mit dem Netzteil- und dem Biasboard verbunden und anschließend den Netzfilter eingebaut.



Beim ersten Testen eines (neuen) Netzteils gehe ich in der Regel wie folgt vor:

- (1) Alle Anschlussleitungen nochmals kontrollieren
- (2) Haupt-Sicherung im Netzfilter einsetzen
- (3) HV-Sicherung auf dem Board nicht (!) einsetzen
- (4) Messgerät 1 an der Wechselspannungsheizung der Vorstufen anklemmen

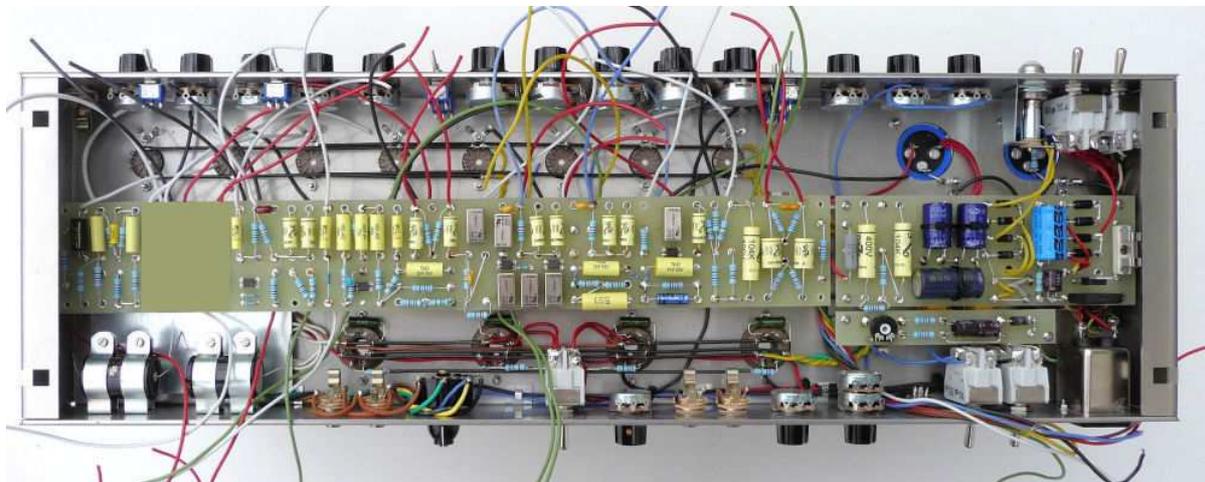
Alle hier aufgeführten Informationen sind nur für den privaten Gebrauch bestimmt. Eine kommerzielle Verwendung ist nicht gestattet. Das Dokument und die enthaltenen Informationen sind geistiges Eigentum der Myco GmbH / Altbach, 04.04.2010

- (5) Messgerät 2 am 5V DC-Regler anklemmen
- (6) Glühbirne einsetzen
- (7) Work-Schalter aus lassen, Hauptschalter anschalten
 - a. AC Vorstufenheizung messen. Ohne Last sollten ca. 6,6V anliegen
 - b. AC Endstufenheizung messen. Ohne Last sollten ca. 6,6V anliegen
 - c. DC Vorstufenheizung messen. Bei ungeregeltem DC sollten ca. 7,5 bis 8 V anliegen
 - d. Geregelter Spannung messen. Sollwert soll anliegen
- (8) Messgerät 1 auf ersten Ladeelko umklemmen, sofern dieser vor der Sicherung liegt
- (9) Work-Schalter anschalten
 - a. Am Ladeelko sollte nun ca. 20-30V mehr als im Betrieb anliegen
 - b. Vorsicht! Sind die Elkos zu grenzwertig in ihrer Belastbarkeit ausgelegt könnten diese explodieren. Bei 450V Elkos sollte die Ziel-Spannung z.B. nicht über 430V liegen. Dies wäre z.B. bei 320V AC an der Sekundärwicklung der Fall.
Daumwert: Die Spannungsfestigkeit der Elkos sollte über $1,4 \cdot U_{\text{sekundär}}$ liegen.
- (10) Work-Schalter ausschalten und warten bis der Elko runter ist bis auf unter 10V.
- (11) Nun die HV-Sicherung einsetzen.
- (12) Power und Work anschalten, Messgerät 1 am ersten Ladeelko lassen und mit dem zweiten Messgerät die restlichen Spannungen (Bias, Ub+, ...) prüfen.

Da die Spannungen auf Anhub alle Spannungen da waren wo sie sein sollten geht es mit dem Einbau des Preampboards weiter.

Kapitel 11: Einbau des Preampboards

Zu Anfang erst einmal ein kleines Probesitzen des Boards. Das wird wohl ganz schön voll werden im Chassis. ☺



Bei der Verdrahtung gehe ich in der Regel in folgender Reihenfolge vor:

1. HV-Leitungen
2. Masseverbindungen
3. Sockelanschlüsse
4. Geschirmte Leitungen an Sockel
5. Potianschlüsse
6. Geschirmte Leitungen an Potis
7. Effektweg und Master-Sektion

Beim Anschließen der Masseleitungen ist es sehr sinnvoll nochmals die Leitungen durchzupiepsen, so dass auch die richtige Leitung an den richtigen Massepunkt kommt.

Die Leitungen sollten dabei immer in einem leichten Bogen verlegt werden und nie unter Zug. Wenn sich irgendwann mal warum auch immer die Frontplatte bewegen sollte (z.B. bei einem Sturz) reißen wenigstens nicht die Leitungen ab.

Die Leitungen zur Switchesbuchse habe ich erstmal provisorisch festgelötet (ok, und mit Schrumpfschlauch überzogen), da das neue Mute-Modul noch nicht fertig ist. An diesem lässt sich die Mute-Zeit dann auch über ein Potentiometer einstellen und somit perfekt auf den jeweiligen Amp abstimmen.



Beim direkten Verlegen von Bauelementen wie Widerstände sollten je nach Einbaulage die Beinchen isoliert werden. Am ersten Poti links im Bild sieht man das sehr schön. Hierfür eignet sich entweder Gewebband oder durchsichtiger Silikonschlauch. Dieser ist jedoch relativ empfindlich und neigt schnell zur Rissbildung. Ganz neue habe ich jetzt einen durchsichtigen Schrumpfschlauch gefunden. Isoliert perfekt und sieht auch noch gut aus.

Auf diesem Bild kann man auch die unterschiedlichen Massepunkte der beiden quer liegenden Elkos erkennen.

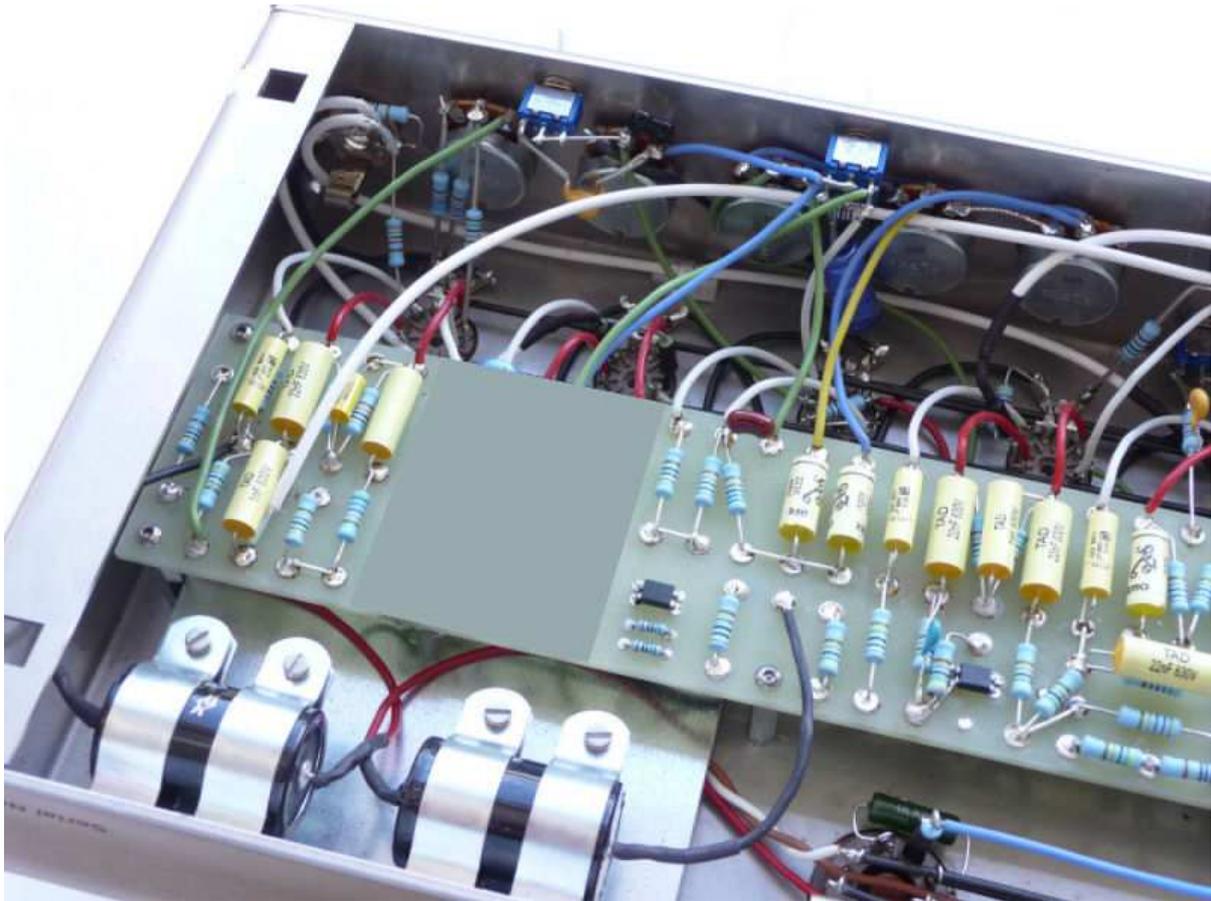
Nach dem Verlöten der ganzen Leitungen sieht das Board leider nicht mehr so ganz geschleckt aus, dem schönen Flussmittel sei Dank. Zum Entfernen gibt es spezielle Reiniger. Diese haben meiner Meinung nach aber den Nachteil, dass sie nicht rückstandsfrei verdunsten. Da hilft dann nur noch mit Alkohol oder Lösemittel und der Zahnbürste nachputzen. Und wenn man Pech hat geht die Beschriftung der Bauteile ab...

Inzwischen reinige ich die Lötstellen nur noch mechanisch mit einem Dremel und entsprechenden Bürstchen. Ganz hartnäckige Rückstände von Flussmittel breche ich ggf. noch mit einem kleinen Uhrmacherschraubenzieher auf.

Natürlich lief das jetzt nicht so problemlos mit Reinschrauben, Anschalten fertig. Mehr dazu später bei der Inbetriebnahme.

Bei den geschirmten Leitungen kann ich die RG187 (hat Dirk auch im Shop) nur empfehlen, da diese eine sehr niedrige Kapazität haben und sich sehr gut verarbeiten lassen.

Grundsätzlich verpacke ich die Enden, die nicht geschirmt werden, in Schrumpfschlauch. Bei den geschirmten Leitungen sollte auch immer nur eine Seite des Schirms auf Masse gelegt werden. An bestimmten Position verlöte ich das anderen nicht auf Masse gelegte Ende aber trotzdem an einer freien Lötöse um eine bessere Stabilität zu bekommen.



Alle hier aufgeführten Informationen sind nur für den privaten Gebrauch bestimmt. Eine kommerzielle Verwendung ist nicht gestattet. Das Dokument und die enthaltenen Informationen sind geistiges Eigentum der Myco GmbH / Altbach, 04.04.2010

Kapitel 12: Der Fußschalter

Bisher waren bei allen Amps die Funktionen über Schalter abrufbar. Der Mustang hat vier direkt abrufbare Sounds, dazu noch einen schaltbaren Effektweg sowie eine Mute-Funktion. Mit Schaltern ist dies nicht mehr sinnvoll zu bewerkstelligen, eine Logik mit Tastern ist zielführender.

Bedenken sollte man dabei, dass viele Looper oder Switcher Schaltfunktionen bereitstellen, jedoch längst nicht alle Tastfunktionen.

Die Anforderung lautet also:

Im Fußschalter müssen Taster verbaut sein, die eine Direktanwahl ermöglichen. Die Eingänge am Verstärker müssen jedoch Schalteingänge sein, um eine Integration in ein Rack mit Midiswitchern zu ermöglichen.

Im Ergebnis wird Kanal 2 als Basiskanal festgelegt. Für die Kanäle 1, 1+ sowie 3 wird jeweils 1 Pin an der Switches-Buchse auf Masse gezogen.

Die Matrix für die Kanalwahl ist somit wie folgt festgelegt:

Schalteingang	Sw1	Sw2	Sw3	Sw4	Sw5
Kanal					
1	1	0	0	n.b.	n.b.
1+	0	1	0	n.b.	n.b.
2	0	0	0	n.b.	n.b.
3	0	0	1	n.b.	n.b.
Effektweg an (aus)	n.b.	n.b.	n.b.	1(0)	n.b.
Mute an (aus)	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	1(0)

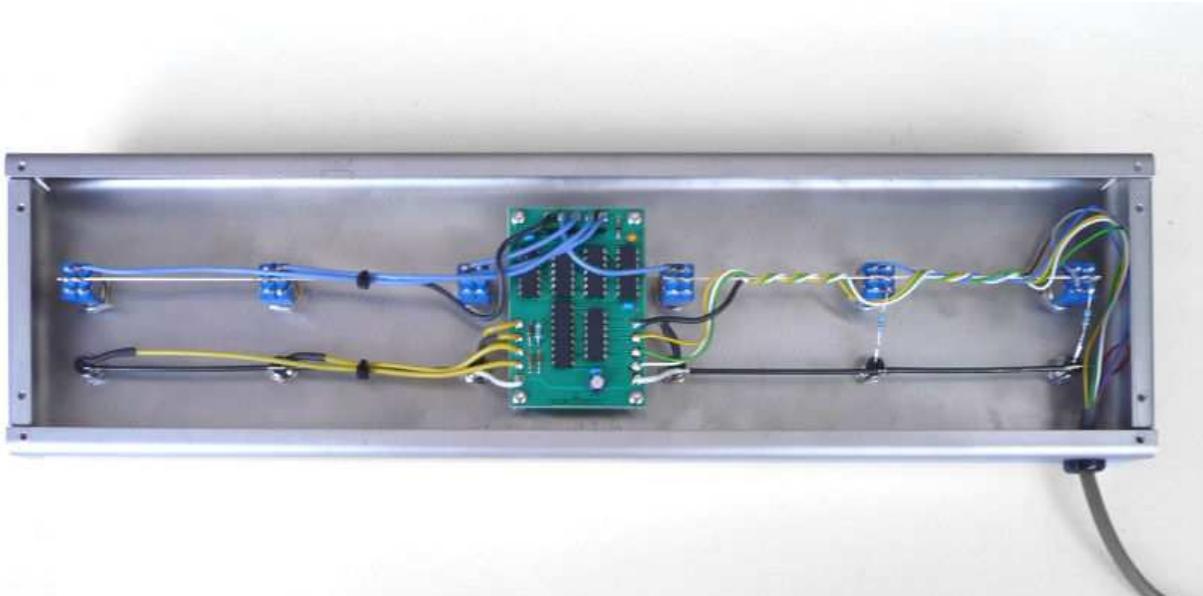
n.b.: nicht benötigt

Ein dreifach-Switcher reicht daher aus alle 4 Modi aufzurufen, mit einem vierfach-Switcher kann auch noch der Effektweg geschaltet werden.

Es sollte dabei noch beachtet werden, dass durch ein Schalten aller drei Pins kein Defekt auftreten darf. Dies ist kein Modus, der zu einem normalen Zustand bzw. zu einer Kanalwahl führen muss, jedoch kann eine solche Schaltkombination beim Programmieren von Switchern mitunter nicht vermieden werden.

Die Umwandlung der Tastbefehle in Schaltzustände übernimmt dabei eine kleine Logikplatine im Fußschalter.

Die Montage der APEM-Taster und der Logikplatine erfolgt in einem Chassis aus 1,5mm dickem Edelstahl. Weitere Zutaten sind Ultrabright-LEDs in verzinkten Metall-Haltern und ein hochwertiges Verbindungskabel zum Verstärker mit Zugentlastung. Der Stecker ist selbstverständlich verriegelbar ausgeführt.



Kapitel 13: Los geht's – die Inbetriebnahme

Nachdem ich bereits vorher das Netzteil alleine schon getestet habe sollte von der Seite her nichts mehr passieren. Grundsätzlich teste ich auch die gesamte Schaltung wie beschrieben um Fehler auf der Boardunterseite auszuschließen. Diese später noch zu korrigieren ist kein Spaß mehr ...

Nun erst einmal die Schutzleiterdurchgängigkeit prüfen.

Vor dem Anschalten kontrollieren ich nochmals alle Verbindungen v.a. der Hochvoltleitungen, die Switches-Buchse bleibt dabei erstmal unbelegt und wird erst später verdrahtet. Nunja, irgendwann wirds immer ernst. Also das Messgerät an Ub+ und die Box an den Speakerausgang ran und anschalten. Das erste was ich mache nachdem ich ein leichtes Rauschen höre ist den Master hochzudrehen und zu prüfen, ob der AÜ richtig rum angeschlossen ist. Für alle Fälle lasse ich beide Primärleitungen erstmal ungekürzt um notfalls die Phasenlage noch tauschen zu können.

Schwingt und pfeift hier nichts schalte ich alle Kanäle durch und prüfe mit der Gitarre nach, ob auch alles wie gewünscht funktioniert. Das ist dann der Punkt an dem man recht schnell feststellt ob man sauber gearbeitet hat oder ob bei viel Gain die Kanäle pfeifen, übersprechen gepresst klingen oder sonstigen Schweinkram treiben. War hier jedoch nicht der Fall.

Sagt mir dann das Oszi noch, dass auch bei höheren Frequenzen die Endstufe nicht schwingt messe ich erstmal alle Anoden, Kathoden, Gitter etc. durch und vergleiche die Werte mit den berechneten aus dem Schaltplan. Kleinere Abweichungen sind durchaus drin, im Regelfall liegen die bei den Anoden jedoch nicht weiter weg als 5-10V, bei den Kathoden im Bereich von 0,2V.

Funktioniert alles wie gewollt und klingt auch so wie gewünscht darf der Amp sich auf der Streckbank einspielen. Die Sozos machen da gerne einen Strich durch die Rechnung und lassen sich viel Zeit. Schwierig war das ganze hier, weil es im Prinzip drei unabhängige Kanalzüge sind, die nacheinander eingespielt werden wollen. Um die Zeit bestmöglich zu nutzen habe ich den Amp teilweise die komplette Nacht durchlaufen lassen, hier jedoch mit runtergedrehtem Mastervolume und neben dem Amp liegenden Rauchmelder!

Bis dahin ist alles noch eine recht ruhige technische Arbeit. Danach verteile ich dann Ohrstöpsel an meine Frau, warne die umliegenden Nachbarn vor und ruf beim Erdbebenschutzverein an.

Eigentlich weiß ich zu diesem Zeitpunkt bereits sehr genau, wie der Amp klingen soll und wie die Schaltungen der Kanäle sind. Widerstände tausche ich zu diesem Zeitpunkt im Regelfall nicht mehr. Die Ausnahme machte hier die letztendliche Auslegung der More-Regelung und die Lautstärkeabstimmung der Kanäle untereinander. Interessant ist dann mehr die Bauteileauswahl an verschiedenen Stellen und die Einstellung der Feedback-Schleife. Am einfachsten ist es ein Poti einzulöten und dann so lange zu justieren, bis man das gewünschte Ergebnis hat. Der Mustang hat da nach einem ganz unrunder Wert verlangt, jedoch klang der nächst höhere Wert alleine gespielt toll, im Bandkontext jedoch zu brizzelig. Auch hier teste ich jedes Stadium mit der gesamten Band...

Der Mustang hat seinem Namen beim Abstimmen ehrlich gesagt die ersten zwei Wochen alle Ehre gemacht und sich gegen ein Zähmen kräftig gewehrt. Letztendlich brachte eine leicht andere Abstimmung in Höhen und Bässen das gewünschte Ergebnis. Nach der letzten Änderung hab ich den Amp tatsächlich nur noch angeschaltet, 2 Minuten gespielt und den Rest des Abends zufrieden mit einem Dauergrinsen auf dem Sofa verbracht.

Nun habe ich nur noch die Switches-Buchse verdrahtet und die Mute-Zeit mit dem kleinen Trimpoti am Mute-Modul eingestellt.

Kapitel 14: Und so sieht er fertig aus





Alle hier aufgeführten Informationen sind nur für den privaten Gebrauch bestimmt. Eine kommerzielle Verwendung ist nicht gestattet. Das Dokument und die enthaltenen Informationen sind geistiges Eigentum der Myco GmbH / Altbach, 04.04.2010

Zum Schluss der Dank

Mein Dank gilt in erster Linie meiner Familie für die stete Unterstützung.

Weiterhin möchte ich danken:

Joachim Müller für einen stets kritischen Blick und dem steten Drang zu Verbesserung. Schließlich war er es, der mich von den heute verwendeten Schaltern überzeugt hat. Dein weißer Amp war eine Inspiration. In vielen Gesprächen haben wir viele Kleinigkeiten und Großigkeiten ausgetauscht.

Olaf Krampe für die vielen Mails, Telefonate und regen Austausch und schlussendlich für die Aufnahme der tollen Videos des Mustang.

Dem Tubetown Forum für einen immer kritischen Blick, ohne Euch hätte der Mustang heute vermutlich lange keine so schönen Edelstahl Inbusschrauben an den Logos!

Jim Marshall für die Sounds seiner Amps, die mir letztendlich stets im Kopf rumschwirren.

Larry Grohmann für seine inspirierend aufgebauten Amps.

Peter Diezel der zeigt, das man auch mit PCB fantastische Amps bauen kann.

Mike Soldano der mit seinem SLO100 mich bereits in meiner Jugend fasziniert hat.

Sollte ich hier jemanden vergessen haben bitte ich um Nachsicht!.

Viele Grüße,

Marc Müller