

Desktop Amp Verstärkermodul

Wie alle meine Verstärker, so ist auch der *Desktop Amp* ein Endverstärker-Modul, bei dem nur sehr wenige Bauteile im Signalweg liegen. Somit folgt auch dieser kleine Verstärker meiner Philosophie von *simple is better*.

Beim *Desktop Amp* handelt es sich um ein kleines Stereomodul mit einer Leistung von rund 6W/4Ω und dementsprechend 3W/8Ω pro Kanal.

Nachfolgend hier einleitend eine kurze Schaltungsbeschreibung.

Schaltungsbeschreibung

Über einen Koppelkondensator gelangt das Musiksignal zum Eingang eines P-Kanal MOSFET-Differenzverstärkers, der von einer Stromquelle gespeist wird. Der Differenzverstärker arbeitet ohne Degenerationswiderstände und steuert direkt einen N-Kanal MOSFET-Ausgangstransistor an, der in einer SRPP (Shunt **R**egulated **P**ush **P**ull) Konfiguration geschaltet ist.

Diese SRPP-Schaltung weist einen **negativen** Ausgangswiderstand auf und unterstützt den Ausgangstransistor dadurch vorteilhaft, dass dieser einen hochohmigeren Lastwiderstand "sieht", als der Lautsprecher von seiner Impedanz her darstellt. Eine exakte mathematische Herleitung dieses Verhaltens ist auf meiner Website unter der Registerkarte "Mathematik zur Stromquelle" zu finden. Der Ausgang der SRPP-Schaltung geht über einen Auskoppelko (4700μF) und den Relaiskontakt der Anti-Plopp-Schaltung dann final auf den Lautsprecher.

Der Verstärker arbeitet mit einer kondensatorgekoppelten Überallesgegenkopplung, mit der eine (Wechsel)Spannungsverstärkung von 20dB (10-fach) realisiert ist.

Das Modul weist eine "Anti-Plopp-Schaltung" auf, welche die beiden Lautsprecherausgänge erst nach ca. 6 Sekunden freigibt, womit Einschaltgeräusche wirkungsvoll unterdrückt werden.

Desktop Amp bringt kein eigenes Netzteil mit, sondern ist auf ein externes, handelsübliches 19 Volt (Laptop)Netzteil angewiesen. Dadurch werden die Kosten ganz erheblich gesenkt und der Nachbau stark vereinfacht, weil durch das externe Netzteil im Gehäuseinneren keine Netzspannung anliegt. Somit ist der Aufbau auch von einem weniger erfahrenen Selbstbauer durchführbar.

Dem 19 Volt Spannungseingang sind pro Kanal noch jeweils ein 4700μF Panasonic "NHG" Elko zur Netzteilpufferung parallelgeschaltet.

Im Gegensatz zu der SE-Verstärkerreihe, ist dieser Verstärker nicht gleichspannungs- sondern vollständig wechselfspannungsgekoppelt, was bei einer unipolaren Spannungsversorgung (hier +19V) auch gar nicht anders realisierbar ist. Dies bedeutet, dass sowohl im Ein- und Ausgang, als auch im Fußpunkt der Gegenkopplung Kondensatoren angeordnet sind. Durch diese Schaltungsmaßnahme müssen nun keinerlei Transistoren aufwändig selektiert und gepaart werden.

Der doch recht aufwändige Paarungs- und Selektionsaufwand, der bei der SE-Verstärkerreihe unabdingbar ist, entfällt bei diesem kleinen Verstärker vollkommen!

Der Abgleich beschränkt sich auf das Justieren zweier Arbeitspunkte mittels Mehrgang-Trimmer. Diese einfach durchführbare Prozedur wird nun nachfolgend genau beschrieben ... und keine Bange, diese Aufgabe bewältigt auch ein (Elektronik)Laië ohne große Probleme.

Gehäuseeinbau

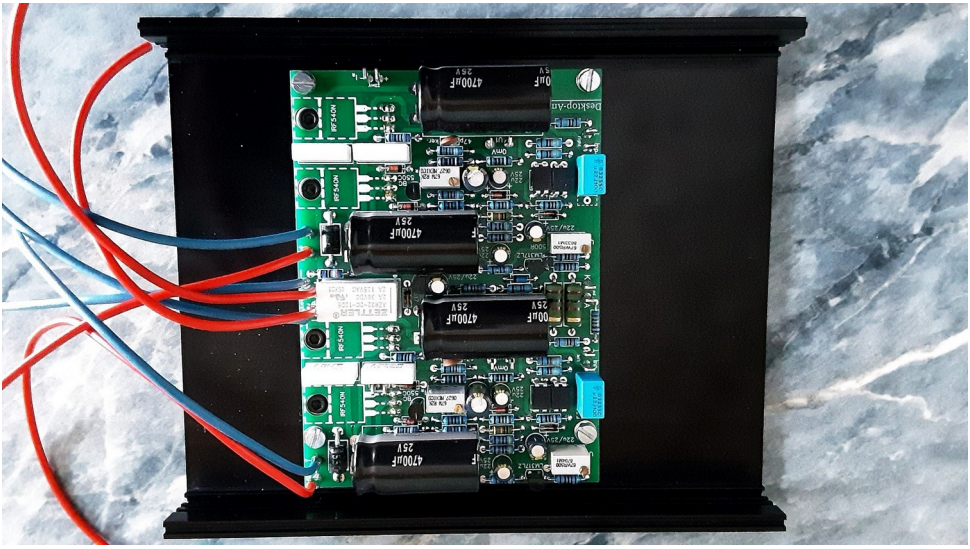
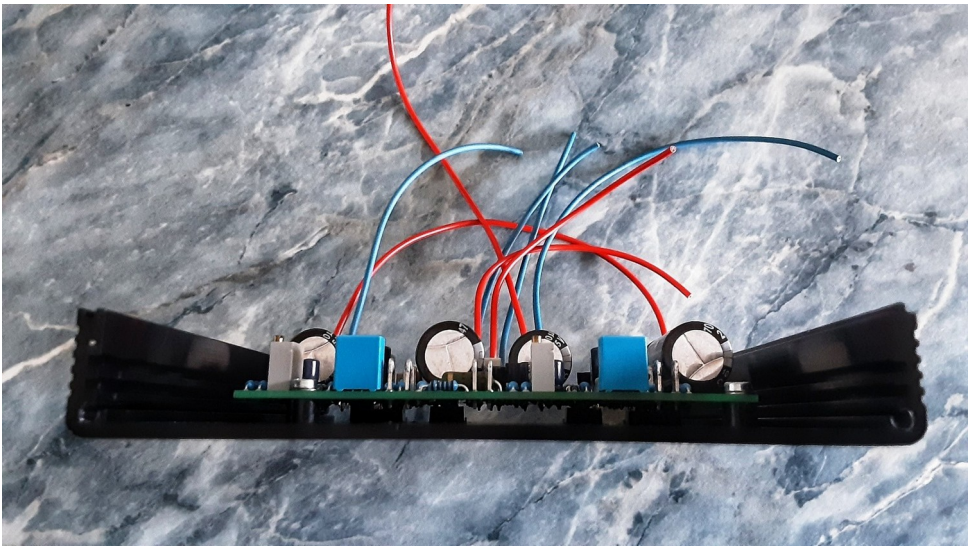
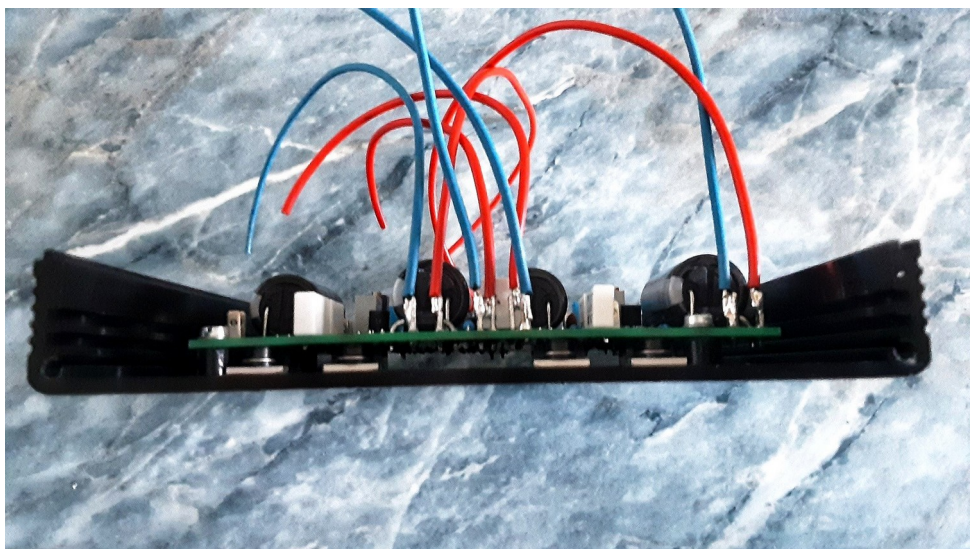
Vor dem Abgleich muss der Verstärker jedoch zuerst in ein Aluminium-Gehäuse eingebaut werden. Obwohl die Verlustleistung des Verstärkers lediglich 6 Watt beträgt, also 1,5 Watt pro Transistor, benötigen die Transistoren trotzdem eine Kühlung. Um Kosten und Platz für einen separaten Kühlkörper zu sparen, wird dazu vorteilhaft das Aluminium-Bodenblech des Gehäuses zur Kühlung genutzt. Damit später mechanisch alles passt, nutzt man die noch **nicht bestückte** Platine als Schablone. Dazu wird die Platine auf den Boden des Gehäuses so platziert, dass später ausreichend Platz zur Rück- und Vorderfront für die Cinch- und Lautsprecherbuchsen, die LED, den Ein/Ausschalter u.s.w. gegeben ist. Nun zeichnet man mit einem Bleistift oder Faserschreiber die vier Befestigungslöcher, sowie die vier Löcher zur Verschraubung der Endtransistoren von innen nach. Die Platine wird nun wieder entfernt, die acht Löcher genau mittig mit einem Körner oder einer spitzen Nadel gekörnt und anschließend mit einem 2,4 mm Bohrer gebohrt. Danach werden in die 2,4 mm Bohrlöcher mit einem M3-Gewindeschneider acht Gewinde geschnitten. Beachten sollte man jedoch, dass die Stärke des Bodenblechs mindestens 2,5 mm beträgt. Andernfalls würden nicht genügend Gewindegänge geschnitten und die Schrauben könnten eventuell herausreißen.

Ist die mechanische Bearbeitung des Bodenblechs abgeschlossen, wird als nächstes die Platine **exakt** nach Bestückungsplan bestückt. Da die Endtransistoren von der Lötseite montiert werden, sind zunächst die drei Beinchen der Transistoren mit einer spitzen Zange so nach oben zu biegen, dass bei senkrecht stehenden Beinchen diese später genau in die Platinenlöcher passen und dabei die Transistor-Kühlflächenbohrungen genau mit den entsprechenden Bodenblechbohrungen übereinstimmen. Dann werden auf das Bodenblech vier Kaptonscheiben so platziert, dass diese die Transistorkühlflächen sicher vom Gehäuseboden isolieren und Kaptonscheibenloch und Gehäusebodenbohrung genau übereinstimmen. Danach werden die mit je einer **Isolierbuchse** versehenen Endtransistoren auf die Kaptonscheiben gelegt und mit passend langen M3 Schrauben (M3x8), sowie einer Unterlegscheibe zunächst nur leicht angeschraubt. Die Transistoren werden jetzt so ausgerichtet, dass alle Transistorbeinchen später genau in die Platinenbohrungen passen. Es werden nun vier **5mm** lange **nichtleitende! Kunststoff**-Abstandshalter exakt auf die Montagelöcher gelegt und die Platine wird von oben so aufgesetzt, dass alle Transistorbeinchen durch die entsprechenden Bohrlöcher gleiten. Die Platine wird jetzt mit passend langen M3 Schrauben (M3x10) mit dem Bodenblech fest verschraubt und anschließend ebenfalls die vier Schrauben zur Transistorbefestigung, so dass abschließend Bodenblech, Platine und Endtransistoren eine stabile Einheit bilden. Mit einem Widerstandsmesser wird nun noch vorsorglich gemessen, ob keinerlei Kontakt zwischen den Transistorkühlflächen und dem Gehäuseboden besteht. Ist dies gegeben, so ist der Platineneinbau erfolgreich abgeschlossen und die vier Transistoren müssen jetzt noch final von der Bestückungsseite her verlötet werden. Da die Platine durchkontaktiert ist, fließt das Lötzinn bei ausreichend langem Löten auch nach unten auf die Lötseite, so dass die Transistoren beidseitig gut verlötet sind.

Nun werden Rück- und Vorderfront gebohrt und mit Cinch- und Lautsprecherbuchsen, dem 19 V Spannungseingang, eventuell einem Ein/Ausschalter u.s.w. bestückt. Hierzu gebe ich keine weitere Anleitung, da an dieser Stelle wohl jeder seine bevorzugten Cinch- und Lautsprecherbuchsen bzw. -terminals verwenden wird. Wichtig ist nur, dass alle Buchsen **isoliert** zur Rückwand montiert sind.

Jetzt wird zunächst erst einmal nur der **rechte** Kanal mit der 19 Volt Spannungseingangsbuchse mittels zweier Kabel verbunden. Dabei unbedingt darauf achten, dass die Spannung nicht verpolt angeklemt wird. Ebenso wird nun auch direkt die LED polungsrichtig angeschlossen. Wurde die Platine korrekt bestückt, sollte nach Anschluss eines 19 Volt (Laptop)Netzteils, die LED sofort leuchten und das Relais nach rund 6 Sekunden hörbar klickend anziehen. Ist dies gegeben, so kann nun auch der linke Kanal mit der Spannungsbuchse verbunden werden. Final erfolgt nun noch der korrekte Abgleich beider Verstärkerkanäle.

Hier nun noch einige Fotos, die die Montage der Platine mit dem Bodenblech gut illustrieren.



Der Abgleich

Wie schon weiter oben erwähnt, ist der Abgleich recht einfach zu bewerkstelligen und sollte auch von einem (Elektronik)Laien problemlos durchführbar sein.

Zuerst wird der 5 kOhm Mehrgangtrimmer mindestens 25 vollständige Umdrehungen gegen den Uhrzeigersinn, also links herum, gedreht. Keine Bange, man kann dabei nichts überdrehen, da Mehrgangtrimmer am Anschlagsende eine Rutschkupplung haben, die ein Überdrehen sicher verhindert. Beachten muss man nur, dass der Trimmer exakt so eingelötet wurde, wie auf dem Platinen-Bestückungsaufdruck angegeben, also mit der Einstellschraube nach **links oben** zeigend, **nicht** nach rechts unten! Die Schleiferposition des zweiten Mehrgangtrimmers (500 Ohm) spielt keine Rolle. Man kann ihn also so stehen lassen, wie er vorher eingestellt war.

Nun klemmt man einen Spannungsmesser im Messbereich 200mV an die beiden Lötstifte mit der Beschriftung " I_R +/- 35mV". Unbedingt darauf achten, keinen Kurzschluss mit den Messklemmen zu verursachen, da die beiden Lötstifte sehr eng beieinander stehen! Der Pluspol des Messgerätes kommt an den beschrifteten +Anschluss des Lötstiftes und dementsprechend der Minuspol an den -Lötanschluss. **Achtung:** Beim anderen Kanal sind + und – umgedreht, also vertauscht. Dies ließ sich wegen der möglichst kleinen und kompakten Platinengröße leider nicht anders realisieren.

Nun dreht man den 5 kOhm Trimmer soweit im Uhrzeigersinn, bis das Messgerät den Wert 35mV (+/- 1mV) anzeigt. Die Spannung 35mV entspricht einem Ruhestrom von 160mA.

Danach wird das Messgerät abgeklemmt und an die beiden Lötanschlüsse " U_1 0mV" geklemmt. Auch hier wieder darauf achten, keinen Kurzschluss mit den Messklemmen zu verursachen! Wie herum das Messgerät angeklemmt ist, spielt hier keine Rolle. Das Messgerät schaltet man auf den Messbereich 2 Volt hoch und dreht anschließend den 500 Ohm Trimmer solange links oder rechts herum, bis ein Wert von 0mV (+/- 5mV) gemessen wird.

Die ganze Prozedur wiederholt man nun exakt so auch mit dem zweiten Kanal und lässt den Verstärker dann erst einmal eine gute halbe Stunde „warmlaufen“. Sehr warm wird er aufgrund der recht geringen Verlustleistung von rund 6 Watt jedoch nicht.

Nach der gut halbstündigen Warmlaufphase misst man erneut den I_R Wert und wird feststellen, dass der Spannungswert gesunken ist (vorteilhafterweise sinkt der Ruhestrom mit steigender Temperatur der Endtransistoren!). Dies korrigiert man, indem der 5 kOhm Trimmer erneut solange im Uhrzeigersinn gedreht wird, bis die 35mV (+/- 1mV) wieder erreicht sind.

Auch der 0mV Abgleich wird erneut nachgemessen und bei Bedarf ebenfalls korrigiert.

Der 0mV Abgleich steht **nicht** absolut stabil, was bedeutet, dass der Wert auch relativ kurzfristig um mehrere mV driften kann. Man stellt einfach den Wert 0mV so genau wie möglich ein, misst nach der rund halbstündigen Warmlaufphase erneut und korrigiert den Wert bei Bedarf so gut wie möglich wieder auf 0mV (+/- 5mV).

Das Ganze wird nun auch noch mit dem zweiten Kanal wiederholt und der komplette Abgleich ist somit auch schon beendet.

Klingt einfach, ist einfach und der Abgleich sollte auch von einem (Elektronik)Laien ohne große Probleme durchführbar sein.

Allerdings ist es durchaus notwendig, über einige mechanische Erfahrungen und auch die nötigen Werkzeuge, wie Ständerbohrmaschine, Gewindeschneider, Schraubendreher u.s.w. zu verfügen. Ebenso muss natürlich sehr präzise und sauber gelötet werden, insbesondere da die Bauteile und Lötstifte auf der Platine recht dicht beieinander liegen.

Somit ist dieser kleine Verstärker für den absoluten Anfänger nicht unbedingt geeignet. Wer jedoch schon Elektronikschaltungen und ihren Einbau in ein Gehäuse gemeistert hat, kann sich auf jeden Fall an den Nachbau dieses kleinen Verstärkers wagen. *Den Mutigen gehört schließlich die Welt!*

Einige Tipps zum Aufbau

Die Endtransistoren müssen **unbedingt isoliert** vom Gehäuseboden montiert werden. Neben denen im Schaltplan erwähnten Kaptonscheiben, können selbstverständlich auch passende, mit Wärmeleitpaste versehene Glimmerscheiben verwendet werden. Die Kaptonscheiben sind aber, gerade bei diesem Aufbau mit den auf der Lötseite platzierten Leistungstransistoren, wesentlich einfacher und sauberer zu handhaben, eben weil keine Wärmeleitpaste benötigt wird. Grundsätzlich können aber die wesentlich preiswerteren und bewährten Glimmerscheiben genauso gut genommen werden, wenn auch verbunden mit einem etwas höherem Montageaufwand.

Bedingt durch den recht hohen Eingangswiderstand von 90 kOhm kann vor den Eingang auch ein 10 kOhm (logarithmisches) Lautstärkepotentiometer geschaltet werden, ohne dass das Poti, wegen eines zu geringen Eingangswiderstandes, zu stark belastet würde. Somit ist die Endstufe auch dann in der Lautstärke einstellbar, wenn kein Vorverstärker vorhanden ist, oder man keine Vorstufe vor den Endverstärker schalten möchte.

Die im Schaltplan angegeben Bauteile sind allesamt hochwertig und garantieren eine einwandfreie Funktion und ein gutes klangliches Ergebnis. Selbstverständlich kann aber auch "bessere" und kostspieligere "Boutiqueware" genommen werden. Ob dies jedoch bei diesem einfachen und sehr preiswert aufzubauenden Verstärkermodul sinnvoll ist, muss jeder für sich entscheiden. Wer meint, dass Widerstand X besser klingt als Widerstand Y, soll nicht zögern Bauteile nach seinen eigenen (Klang)Vorlieben zu verwenden. Nur die Bauteilwerte müssen selbstverständlich identisch bleiben. Wer möchte, kann z.B. einen hochwertigeren Eingangskondensator nehmen und/oder den Auskoppelelko mit einem MKP 100nF Kondensator von der Lötseite her shunten. Auch der Elko im Fußpunkt der Gegenkopplung lässt sich auf diese Weise modifizieren.

Bedingt durch das recht geringe Platinenmaß (110 x 80mm) und die relativ geringe Verlustleistung von rund 6 Watt, kann das Aluminium-Gehäuse recht klein und kompakt gehalten werden. Im Netz findet man eine Vielzahl geeigneter und preiswerter Aluminium-Gehäuse, die im Preisniveau so ab 20 Euro aufwärts liegen.

Mein verwendetes Gehäuse hat die Innenmaße 160x122x35mm (LxBxH) und kostete knapp unter 20 € inkl. Versand (Stand: Oktober 2024). Es ist meiner Meinung nach wirklich formschön, hat eine gebürstete 6mm dicke Frontplatte, eine 3mm starke Rückwand und ist trotz des geringen Preises sehr gut verarbeitet und für den kleinen Verstärker genau passend.

Leider haben die geringen Platinenabmaße zur Folge, dass es recht eng auf der Platine zugeht. Beim Bestücken der Platine muss daher sorgfältig gearbeitet und gelötet werden, damit keine ungewollten Kurzschlüsse auftreten. Auch stehen die Lötstifte recht dicht beieinander, so dass man auch hier beim Anklebmen des Messgerätes Obacht geben muss!

Der Verstärker besitzt kein eigenes Netzteil und wird von einem handelsüblichen, externen 19V (Laptop)Netzteil gespeist. Diese Schaltnetzteile gibt es sehr preiswert in den unterschiedlichsten Leistungsklassen. Ausreichend ist hier ein Netzteil mit einer Leistung von 65 Watt. Da die Preisunterschiede für leistungsstärkere Netzteile jedoch recht gering sind, kann selbstverständlich auch auf ein 90 oder 120 Watt Typ ausgewichen werden.

Es muss lediglich darauf geachtet werden, dass es sich um ein **19, 19,5 oder 20 Volt** Schalt-Netzteil handelt.

Ich konnte keinen klanglichen Unterschied zwischen einem 65 und einem 90 Watt Netzteil feststellen. Das Ergebnis mag aber, je nach angeschlossenem Lautsprecher, durchaus auch anders ausfallen, insbesondere wenn dieser niederohmiger ist.

Getestet wurden von mir drei verschiedene Laptop-Netzteile (zwei 90 Watt und ein 65 Watt Typ), mit den drei oben angegebenen, unterschiedlichen Spannungen (19, 19,5 und 20 Volt) und alle drei funktionierten einwandfrei.

Beachtet werden muss jedoch, dass der Ruhestrom sich mit Höhe der Betriebsspannung ändert. Je höher die Netzteilspannung, desto geringer der Ruhestrom. Das bedeutet, dass der Ruhestrom bei einem Netzteilwechsel mit anderer Spannung angepasst werden muss.

Ein Wechsel mit einer um 0,5 Volt unterschiedlichen Spannung benötigt im Prinzip keine Ruhestromanpassung, da die Änderung des Ruhestroms dabei recht gering ist. Sollte jedoch von 19 auf 20 Volt, bzw. umgekehrt gewechselt werden, so sollte auch der Ruhestrom neu abgeglichen werden. Aus diesem Grunde ist es sinnvoll, bei einer **Neuanschaffung** direkt ein 19,5 Volt Laptop-Netzteil zu nehmen und mit diesem den Abgleich durchzuführen. Bei einem dann eventuell notwendigen Austausch (z.B. bei Defekt), kann somit sowohl ein 19 als auch 20 Volt Netzteil ohne neue Ruhestromanpassung genommen werden. Man ist so einfach flexibler.

Häufig findet man zu den (Laptop)Netzteilen mit ihren angespritzten Steckern keine passenden, separaten Gehäuseeinbau-Buchsen. Man muss in diesem Fall eine neue Stecker-Buchsenkombination nehmen, den angespritzten Stecker des Laptopnetzteils abschneiden und den neuen Stecker an das zweiadrige Niederspannungskabel löten. Im Prinzip ist man bei den Steckern und Buchsen flexibel. Allerdings sollte die neue Kombination schon für mindestens 2 ... 3 Ampere Stromstärke ausgelegt sein. Also bei der Auswahl auf jeden Fall auf die maximale Strombelastbarkeit achten! Außerdem sollte das Buchsen-Stecker-Gebilde auch nicht zu groß ausfallen, damit es später auf der Rückwand noch Platz findet. Optisch würde so ein "Monsterteil" an der Rückwand eines kleinen Alugehäuses ebenfalls keine gute Figur machen.

Noch ein Wort zu den Platinen. Im Gegensatz zu den wesentlich leistungsfähigeren SE-Verstärkern, benötigt dieser kleine Amp keine 70µm dicken Leiterbahnen, sondern es reicht eine Leiterbahndicke von 35µm. Die Platinen sind somit wesentlich preiswerter als die 70µm Sonderausführung.

Wer den preiswerten Schaltnetzteilen nicht über den Weg traut, kann sich natürlich ein "analoges" Netzteil, bestehend aus Trafo, Brückengleichrichter und Ladeelkos in Eigenregie selber aufbauen und in ein passendes, separates Gehäuse stecken.

Benötigt wird dazu ein 50VA, 15V~ (Ringkern)Trafo, ein gewöhnlicher Brückengleichrichter mit 3 Ampere Dauerbelastung, sowie ein hochwertiger 10.000µF/25V Elko. Da so ein Netzteil, im Gegensatz zu (Laptop)Netzteilen, nicht kurzschlussfest ist und keine Strombegrenzung aufweist, muss zwingend noch eine Glassicherung in die Spannungszuleitung geschaltet werden.

Da die Platine zwei vollkommen getrennte Spannungseingänge hat, wäre es sogar möglich, kanalgetrennt zwei Netzteile aufzubauen. Dann benötigt man, bei diesem Doppelmono-Netzteilaufbau, die oben genannten Bauteile natürlich zweimal (in diesem Fall sind zwei Trafos mit jeweils 30VA Belastbarkeit jedoch vollkommen ausreichend, die leistungstärkeren 50VA Trafos werden aufgrund der geringen Leistungsaufnahme definitiv nicht benötigt).

Ob der Aufbau eines konventionellen Netzteils klanglich vorteilhaft ist, habe ich nicht getestet, da dann der Reiz des preiswerten und einfachen Aufbaus ad absurdum geführt würde. Auch weiß ich nicht, ob eine gegebene Restwelligkeit der Betriebsspannung zu Brummen am Verstärkerausgang führt. Dies muss auf alle Fälle vorher zwingend getestet werden!

Der Verstärker klingt aber ohne Übertreibung so gut, dass diese Netzteil-Modifikation, trotz des recht hohen Aufwandes, eventuell gar nicht so abwegig ist und sich klanglich lohnen könnte.

Also, wer Lust und Laune hat ... nur zu!

Hier nun noch abschließend zwei Fotos vom Innenleben des fertiggestellten Verstärkers.

