

Projet G5



Verstärker G5

Montagehandbuch

Vorwort

Diese Anleitung stellt die Konstruktion eines Röhrenverstärkers für Gitarre vor, der auf der Schaltung des G5 Version 1 (Juni 2004) basiert. Die Ausgangsleistung beträgt ungefähr 5 bis 10 W je nach der gewählten Ausgangsröhre. Alle Informationen, die für seine Konstruktion notwendig sind, sind auf der Webseite www.projetg5.com (auf Französisch) verfügbar. Sie können dort auch Rat und Antworten auf Ihre Fragen finden.

Sie können ebenfalls Ihren Beitrag zum Projekt gleichgültig in welcher Form leisten: Dieses Projekt basiert auf Zusammenarbeit, und sein Erfolg hängt auch von Ihnen ab.

Zur Beachtung:

Dieser Bausatz ist nicht für komplette Elektronik-Anfänger bestimmt. Röhrenverstärker arbeiten mit hohen Betriebsspannungen, die tödlich sein können, selbst wenn der Verstärker ausgeschaltet und vom Netz getrennt wird.

Trotzdem reichen einige einfache Elektronikgrundkenntnisse, große Sorgfalt und entsprechende Vorsichtsmaßnahmen aus, um zu einem mehr als überzeugenden Ergebnis zu kommen; die meisten müßte also den G5 mit Erfolg bauen können!

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Anmerkungen	3
1.1	Beschreibung	3
1.2	Notwendige Werkzeuge.....	4
2	Vorbereitung des Aufbaus.....	4
2.1	Vorüberlegungen... ..	4
2.2	Positionierung der Komponenten	5
2.3	Vorbereitung des Chassis.....	5
2.4	Verkabelung.....	6
2.5	Kabelverbindung der Masse	6
3	Praktischer Teil.....	8
3.1	Liste der Bauteile	8
3.2	Die Bauteile im Einzelnen	11
3.3	Zusammenbau.....	12
3.4	Bestückung der verschiedenen Lötleisten.....	13
3.5	Bohren des Chassis	16
3.5.1	Combo oder Head?	16
3.5.2	Bohrplan	16
3.5.3	Ansicht des Chassis	17
3.6	Montage des Chassis.....	18
3.7	Verkabelung der Spannungsversorgung	18
3.8	Verdrahtung der Verstärkerleiste.....	19
3.9	Kabelverbindung der Transformatoren.....	20
3.10	Überprüfungen und Meßwerttabelle	20
4	Tricks und Kniffe	22
4.1	Entladen der Kondensatoren.....	22
4.2	Verwendung verschiedener Endröhren.....	23
5	Zum Schluß	25
6	Anhang: An diesem Dokument gemachte Änderungen	26

1 Allgemeine Anmerkungen

1.1 Beschreibung

Der G5 ist das Ergebnis aus einem Gemeinschaftsprojekt, das die Konstruktion eines Röhrenverstärkers zum Ziel hatte, dessen Lastenheft so definiert worden ist:

Eigenschaften

Typ	Einkanalverstärker Klasse A mit niedriger Ausgangsleistung
max. Budget	200 Euro
Bauweise	Head oder Combo
Eingänge	High, Low
Ausgangsleistung	5 bis 10 W
Regler, Schalter	Volume, Bass, Mid, Treble, Power, Stand-by
Eingangsstufe	Eine 12AX7
Endstufe	Oktalfassung für: EL34, 6L6, 6550, KT66, KT88
Netzgleichrichter	Dioden 1N4007
Ausgänge	Speaker, Line out (ohne Speaker-Emulation)
Chassis	Aluminium
Besonderheiten	Effekteinschleifweg: Send/Return
	Zweistufige Reduzierung der Ausgangsleistung
	Bias-Messung über einen 1 Ohm/1% Widerstand
Optionen	Speaker-Emulation, Kopfhörerausgang
	Bias-Einstellung mit Potentiometer
	Bright Switch
	Aufbau auf Platine oder Freihandverdrahtung (Point to Point)

1.2 Notwendige Werkzeuge

Hier sind die Werkzeuge, die zum erfolgreichen Zusammenbau Ihres Verstärkers notwendig sind. Zusätzliche Werkzeuge (gekennzeichnet als *Optionale Werkzeuge*), vereinfachen oder beschleunigen die Montage und Inbetriebnahme.

Notwendige Werkzeuge:

- Multimeter (Volt, Ampere, Ohm)
- LötKolben
- Schraubendreher
- Bohrmaschine und einige Bohrer
- Flachzange
- Seitenschneider
- Abisolierzange
- Schraubenschlüssel
- Rund- und Flachfeile
- Winkel oder Lineal
- Schrumpfschlauch

Optionale Werkzeuge:

- Oszilloskop, Signalgenerator, C-Meßgerät
- ein zweites Multimeter
- Entlötpumpe
- Schäl- oder Stufenbohrer
- Schraubstock
- Schieblehre
- Schmelzkleber
- ...

...und viel Geduld ; -)

2 Vorbereitung des Aufbaus

Zuerst einige Ratschläge, die Ihnen helfen sollen Ihren G5 zu bauen und Sie bei den notwendigen Entscheidungen unterstützen, um zu einem gut funktionierenden Verstärker zu gelangen. Wir werden in der Folge dieses Dokuments den praktischen Teil der Montage des G5 ebenso erläutern.

2.1 Vorüberlegungen...

Planen Sie sorgfältig die Positionierung jedes Bauteils im Chassis, bevor Sie mit dem Aufbau beginnen. Scheuen Sie sich nicht, zuvor einen maßstäblichen Lageplan anzufertigen.

Achtung! Man sollte versuchen, dreidimensional zu denken: Die Klinkenbuchsen, die Schalter, Sicherungshalter, Potentiometer, die Kabel..., all das braucht einen (sinnvollen) Platz.

2.2 Positionierung der Komponenten

Es empfiehlt sich, die Spannungsversorgung (als Störungs- und Brummquelle) möglichst weit vom Vor- und Endverstärker zu plazieren, um einen geräuschlosen Verstärker zu erhalten. Dazu...

- müssen der Netz- und Ausgangstrafo möglichst weit voneinander plaziert werden (an den gegenüberliegenden Enden des Chassis), mit zueinander rechtwinklig stehenden Luftspalten um den Einfluß des Netztrafo-Streifeldes auf den Ausgangstransformator zu minimieren.
- muß die Röhre der Eingangsstufe weitest möglich vom Netztrafo positioniert werden. Die Endröhre ist weit weniger empfindlich. Wenn Sie eine Konzeption vorsehen, die eine Erweiterung um mehrere Röhren enthält, muß die erste (V1A, V1B), am weitesten vom Netztrafo entfernt sein.
- müssen die übrigen Komponenten der Stromversorgung (besonders das erste RC-Glied) ebenso wie der Netztrafo möglichst weit entfernt von der Vorstufe liegen.

2.3 Vorbereitung des Chassis

Alle Löcher zur Montage der verschiedenen Komponenten müssen vor dem Einbau der Bauteile gebohrt werden. Wenn Sie spätere Erweiterungen vorsehen (wie z. B. die Montage einer zweiten Röhre 12AX7, den Austausch der Dioden durch eine Gleichrichterröhre), bohren Sie jetzt schon die entsprechenden Löcher.

Mit dem vorbereiteten Chassis ist die Reihenfolge der Montage folgende (Abweichungen sind je nach Fall möglich):

- Montage der Röhrenfassungen, der Schalter, der Klinkenbuchsen und Sicherungshalter,
- Befestigungen der Transformatoren,
- Befestigungen der Lötleisten, auf die später die Bauteile gelötet werden, mit Abstandbolzen,
- Kabelverbindung der Netzspannung: Beginnend beim Netzschalter (Power / Stand-by), Sicherungen,
- Kabelverbindung der Röhrenheizungen,
- Löten der entsprechenden Widerstände direkt an die Röhrenfassungen,
- Restliche Verkabelung des Verstärkers.

2.4 Verkabelung

Die Kabelverbindungen sind der kritische Punkt beim Bau des Verstärkers. Eine schlechte Kabelverbindung kann den Verstärker "geräuschvoll" oder instabil machen (Brummen, Schwingen des Verstärkers, Radioempfang...). Deshalb...

- müssen die Leitungen, die Wechsellspannung führen, paarweise verdrillt werden (Hin- und Rückleiter miteinander). Dadurch wird das störende Gesamtstrefeld der Leiter wirksam verringert.
- müssen die Leitungen, die Wechsellspannung führen, dicht entlang des Chassis laufen, zusätzlich sollte vermieden werden, Kabel zu kreuzen, die Audiosignale führen; wenn eine Kreuzung nicht vermieden werden kann, sollte sie möglichst rechtwinklig verlaufen,
- müssen sich signalführende Kabel senkrecht zueinander kreuzen, um Einstreuungen durch ihre Magnetfelder zu vermeiden,
- dürfen die Kabel, die ein Signal führen, nicht ohne einen Mindestabstand parallel verlaufen
- werden verschiedene Kabel nach ihren Funktionen benutzt:
 - Anodenspannungsversorgung des Verstärkers: flexible Kabel mit starkem Querschnitt,
 - Heizung der Röhren: flexible Kabel mit mittlerem Querschnitt,
 - Verstärker, Vorverstärker, Röhren: starre Kabel (sie können leicht in Form gebogen werden, um die Kreuzungen zu optimieren),
 - Audiosignale, niedriger Pegel: Eingangsbuchse zum Vorverstärker, Effekt-Einschleifweg, Klangregler müssen mit abgeschirmten Kabeln verbunden werden. Nur **ein** Ende des Abschirmgeflechtes darf mit der Masse verbunden werden, um Masseschleifen zu vermeiden (diese können sonst Brummeinstreuungen und das Schwingen des Verstärkers hervorrufen).

Anmerkung: Für alle Lötarbeiten wird empfohlen, silberhaltiges Lot zu benutzen. Dies verbessert die Audioeigenschaften des Verstärkers (weniger Höhenverlust in den Lötverbindungen).

2.5 Kabelverbindung der Masse

Es gibt **zwei** mit dem Chassis verbundene Massepunkte.

Der Erste, ist die Erde, die am Netzanschluß angeschlossen werden muß (Schutzleiter).

Der Zweite ist der Stern-Erdungspunkt an dem alle Masseanschlüsse des Verstärkers zusammenlaufen. Er wird mit dem Chassis weit weg vom ersten Massepunkt leitend verbunden.

Alle Bauteile des G5 (Klinkenbuchsen...), sind in isolierter Ausführung gewählt worden, um eine sternförmige Masseführung zu erlauben. Diese Art der Verbindung besteht darin, alle Massen der Schaltung in nur einem Punkt miteinander zu verbinden, was die Bildung von Masseschleifen verhindert.

Um eine geeignete Verbindung der verschiedenen Massepunkte zu finden, ist die Analogie eines Flusses und seiner verschiedenen Zuflüsse ein gutes Hilfsmittel, wobei der Fluß den stärksten Strom darstellt (1. Filterkondensator nach Masse), und die kleineren Flüsse, die Bäche... die kleineren Ströme, die zur Masse zurückgeführt werden müssen (Vorverstärker, Klangregler...). Um einen geeigneten lokalen Massepunkt zu finden, stellt man sich die Frage: "Ist der zufließende Strom, den man auf den gewählten Massepunkt zurückbringen will, kleiner als der Strom, der (bereits) diesem Massepunkt zugeordnet ist?"

Ein Beispiel: Kann die Masse des Klangreglers auf die Masse der 1. Triode gelegt werden? Ja, denn der Stromfluß im Klangregler ist schwächer als der der ersten Triode.

Eine mögliche Masseführung für den G5 ist folgende:

- Eingangsmasse Klangregler → V1a-Masse,
- V1a-Masse → V1b-Masse,
- V1b-Masse → Masse V2,
- Masse V2 → Masse C10 (1. Filterkondensator),
- Masse C1 → Chassis,
- Masse Lautsprecher → Chassis.

3 Praktischer Teil

3.1 Liste der Bauteile

Wert	Bauteil	Bezeichner	Menge
	Kondensatoren		
22 μ F	Elko 63 V axial	C1	1
1 μ F	Elko 63 V axial	C5	1
100 μ F	Elko 63 V axial	C7	1
47 μ F	Elko F+T 500V axial	C8, C9, C10	3
250 pF	Silver mica	C2	1
0.1 μ F	Orange Drop 716 Serie	C3	1
0.047 μ F (= 47 nF)	Orange Drop 716 Serie	C4	1
0.022 μ F	Orange Drop 716 Serie	C6	1
	Klinkenbuchsen		
Low, High, Return	6.35 mm isolierte Mono-Klinkenbuchse mit Schaltkontakt	J1, J2, J4	3
Send, Spk., Line Out	6.35 mm isolierte Mono-Klinkenbuchse	J3, J5, J6	3
	Anzeigen, Sicherungen, Versorgung		
1N4007	1N4007	D1, D2, D4	3
LED1	Stand-by Led 3 mm	D3	1
	verchromte LED-Fassung 3 mm	D3	1
1 A Sicherung	1 A träge	F1	1
0,3 A Sicherung	0,3 A träge	F2	1
Sicherungshalter	Sicherungshalter	F1, F2	2
Betriebsanzeige	Lampenfassung Type Fender	L1	1
	Lampenlinse Fender Jewel	L1	1
	Glimmlampe 220 V für Type Fender	L1	1
230 V	Einbau-Netzstecker	P1	1
230 V	Netzkabel	P1	1
	Widerstände		
1M	Metallfilm 1/4 W/1%	R1, R17	2
68k	Metallfilm 1/4 W/1%	R2, R3	2
120k	Metallfilm 2 W/5%	R4	1
1k8	Metallfilm 2 W/5%	R5, R14	2
100R	Metallfilm 2 W/5%	R10, R11	2
100k	Metallfilm 1/4 W/1%	R6	1
100k	Metallfilm 2 W/5%	R16	1
1k	Metallfilm 2 W/5%	R15	1
5k6	Metallfilm 1/4 W/1%	R18	1
1R/1%	Metallfilm 2 W/1%	R19	1
2k2	Metallfilm 2 W/5%	R25	1
150R	Metallfilm 2 W/5%	R20	1
220k	Metallfilm 2 W/5%	R13	1
2k2	5 W Keramik, axial	R21	1

Bauteilliste (Fortsetzung)

Wert	Bauteil	Bezeichner	Menge
180R	9 W Keramik, axial	R22	1
68k/1%	Metallfilm 2W/1%	R23	1
	Potentiometer		
250k var	Alpha 250k lin	R7	1
1M var	Alpha 1M log	R8, R12	2
25k var	Alpha 25k lin	R9	1
10k var	Alpha 10k lin oder log	R24	1
	Schalter		
sw10	Power und Stand-by	S1, S2, S3, S4	2
	Transformatoren		
Netztrafo	Hammond 369GX	T1	1
Ausgangstransformator	Hammond 125ESE	T2	1
	Röhren		
12AX7	12AX7 EH	V1	1
EL34	EL34 EH	V2	1
sk01	12AX7 Noval-Fassung f. Chassismontage	V1	1
sk05	EL34 Oktal-Fassung f. Chassismontage	V2	1
	Chassis		
ha1444-22	Hammond 1444-22		1
	Verschiedenes		
lo02-50	Lötleiste zweireihig, 38 x 500 mm		1
	Poti-Knöpfe "Chicken Head" creme		5
	Drähte und Litzen		
	Blau 0,5 mm ² - Schaltdraht		2
	Grün 0,5 mm ² - Schaltdraht		4
	Weiß 0,5 mm ² - Schaltdraht		3
	Schwarz 0,5 mm ² - Schaltdraht		1
	Rot 1,5 mm ² - Litze		2,5
	Grün 0,75 mm ² - Litze		2
	Grün/gelb 1,5 mm ² - Schaltdraht		0,5
	Grau 0,14 mm ² - Signalleitung, abgeschirmt		1,5
	Montagematerial		
	Universeller Satz, der selbstschneidende Schrauben und metrische Schrauben, Abstandbolzen, Scheiben und Gummi-Durchführungsstüben enthält		1

Wenn das Bauteil-Kit ausgepackt ist, müßte das hier alles vor Ihnen liegen:

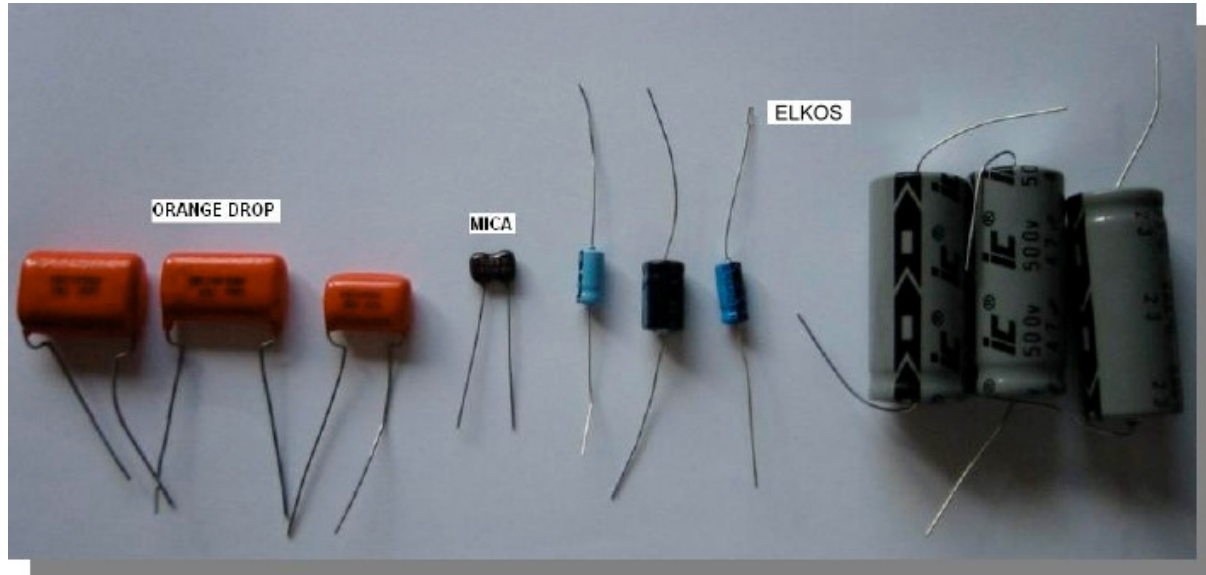


Prüfen Sie mittels obiger Liste **vor** dem Baubeginn die Vollständigkeit der Teile. Es ist meist ärgerlich, wenn man mit dem Aufbau des Verstärkers einige Tage aussetzen muß, weil ein Teil im Kit fehlt (was schon mal vorkommen kann).

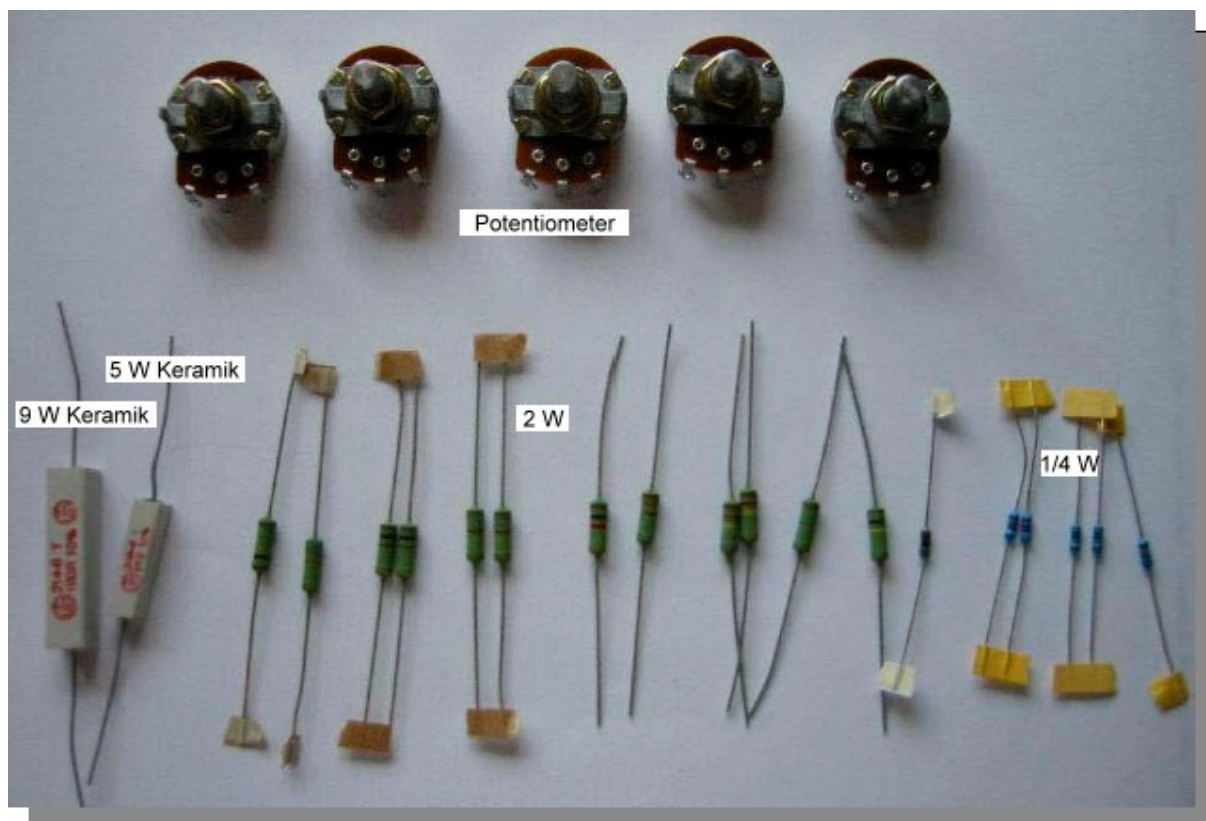
3.2 Die Bauteile im Einzelnen

Um jegliche Verwechslung der Bauteile auszuschließen, sind sie in den nachfolgenden Bildern zur Unterscheidung dargestellt

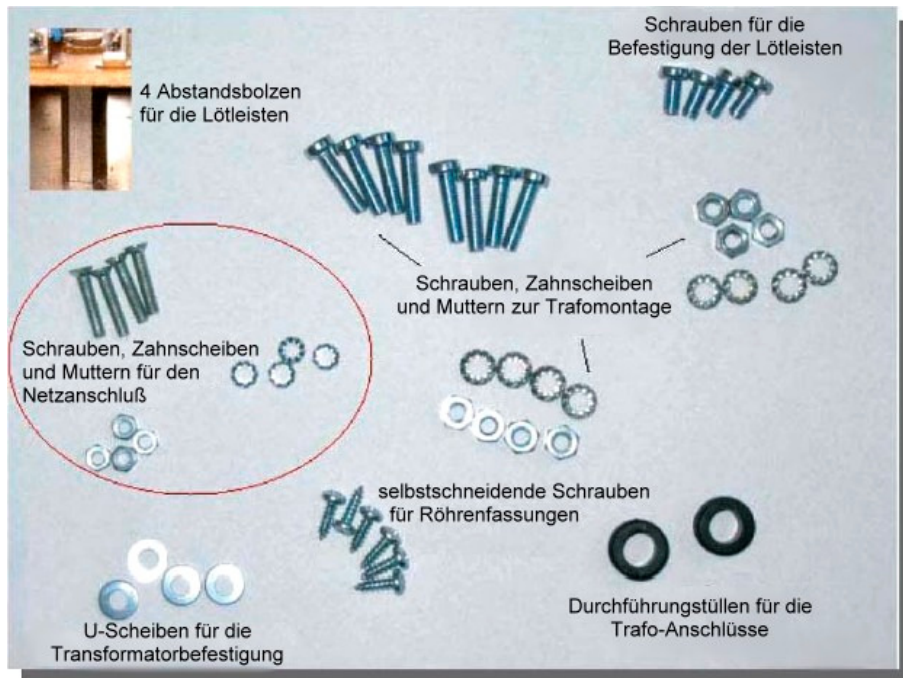
Kondensatoren:



Widerstände:

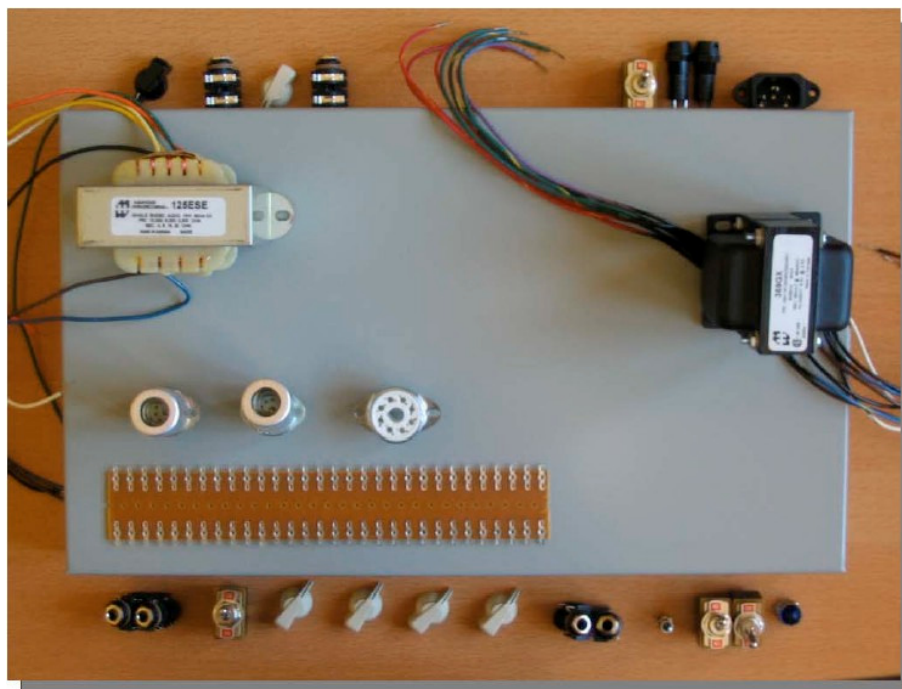


Der Montagesatz enthält alles, was man braucht, um den Verstärker zu bauen:



3.3 Zusammenbau

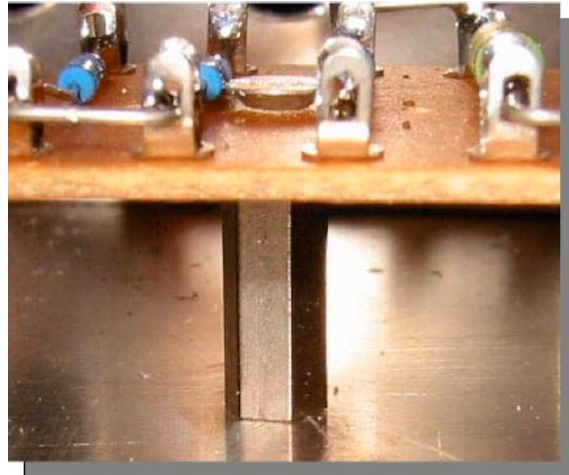
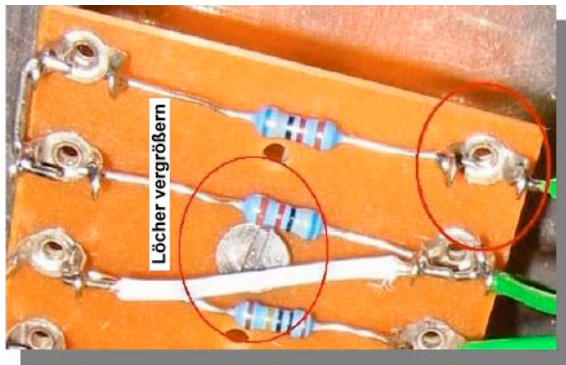
Nach den Vorüberlegungen zur Positionierung der verschiedenen Komponenten auf, bzw. in dem Chassis sollte man die Komponenten zur Probe auf dem Chassis plazieren um möglichen Problemen beim Platzbedarf und der gegenseitigen Beeinflussung von Komponenten auf die Spur zu kommen.



Nun geht es daran, das Chassis und die Lötleisten vorzubereiten.

Die "große" Lötleiste mit 30 Lötösenpaaren wird in eine mit 18 und eine mit 13 Lötösenpaaren geteilt. Normalerweise sind für letztere nur 10 notwendig, aber die Kondensatoren des Netzteiles sind sperrig.

2 Löcher in jeder Lötleiste sind so zu vergrößern, daß sie mittels der Distanzbolzen am Chassis befestigt werden können. Man muß evtl. auch einzelne Lötösen korrigieren (nachbiegen), um die Bauteile leichter einlöten zu können.

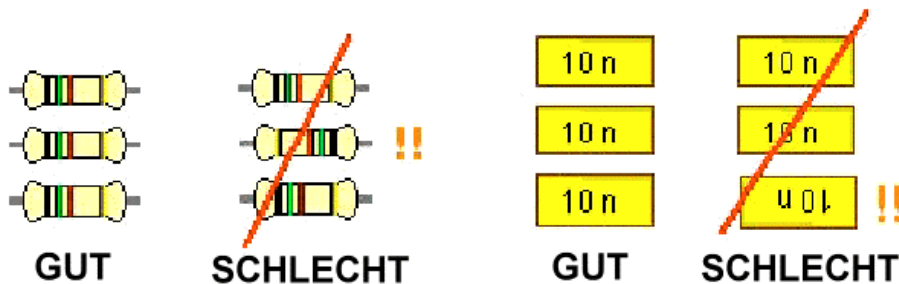


3.4 Bestückung der verschiedenen Lötleisten

Zur Verbesserung des Störabstandes müssen die Stromversorgung und der eigentliche Verstärker räumlich getrennt werden.

Löten Sie zuerst die Bauteile mit kleiner Baugröße, wie die Widerstände, die Dioden, den Glimmer-Kondensator (Mica), die kleinen Elektrolytkondensatoren, dann die Orange-Drop-Kondensatoren und schließlich die größeren Widerstände und die Kondensatoren des Netzteiles.

Achten Sie darauf, die Widerstände gleichsinnig auszurichten, was ihre Lesbarkeit vereinfacht.



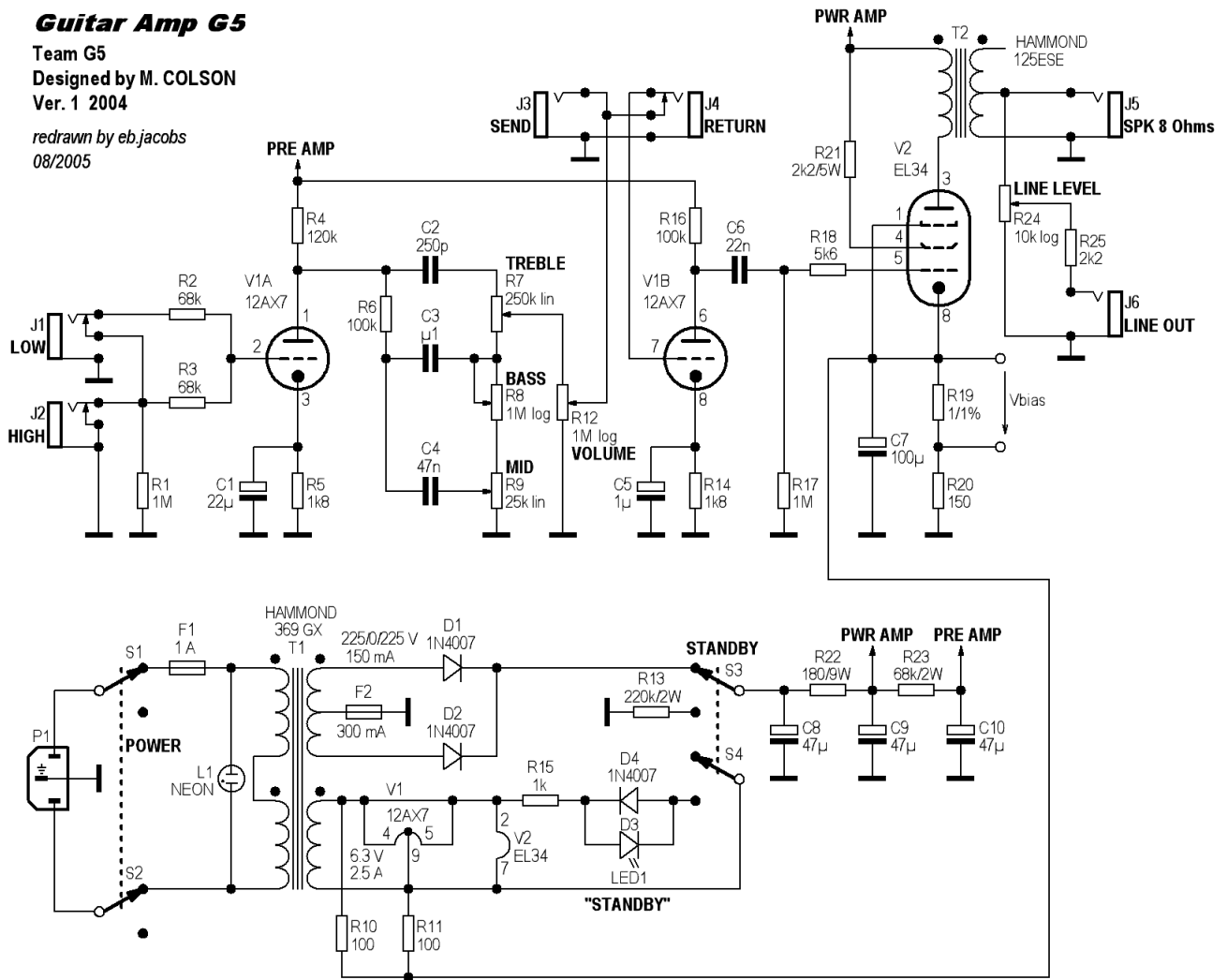
Auf den folgenden zwei Seiten wird der Schaltplan und das Verdrahtungsschema des G5 gezeigt.

Der Schaltplan des Verstärkers

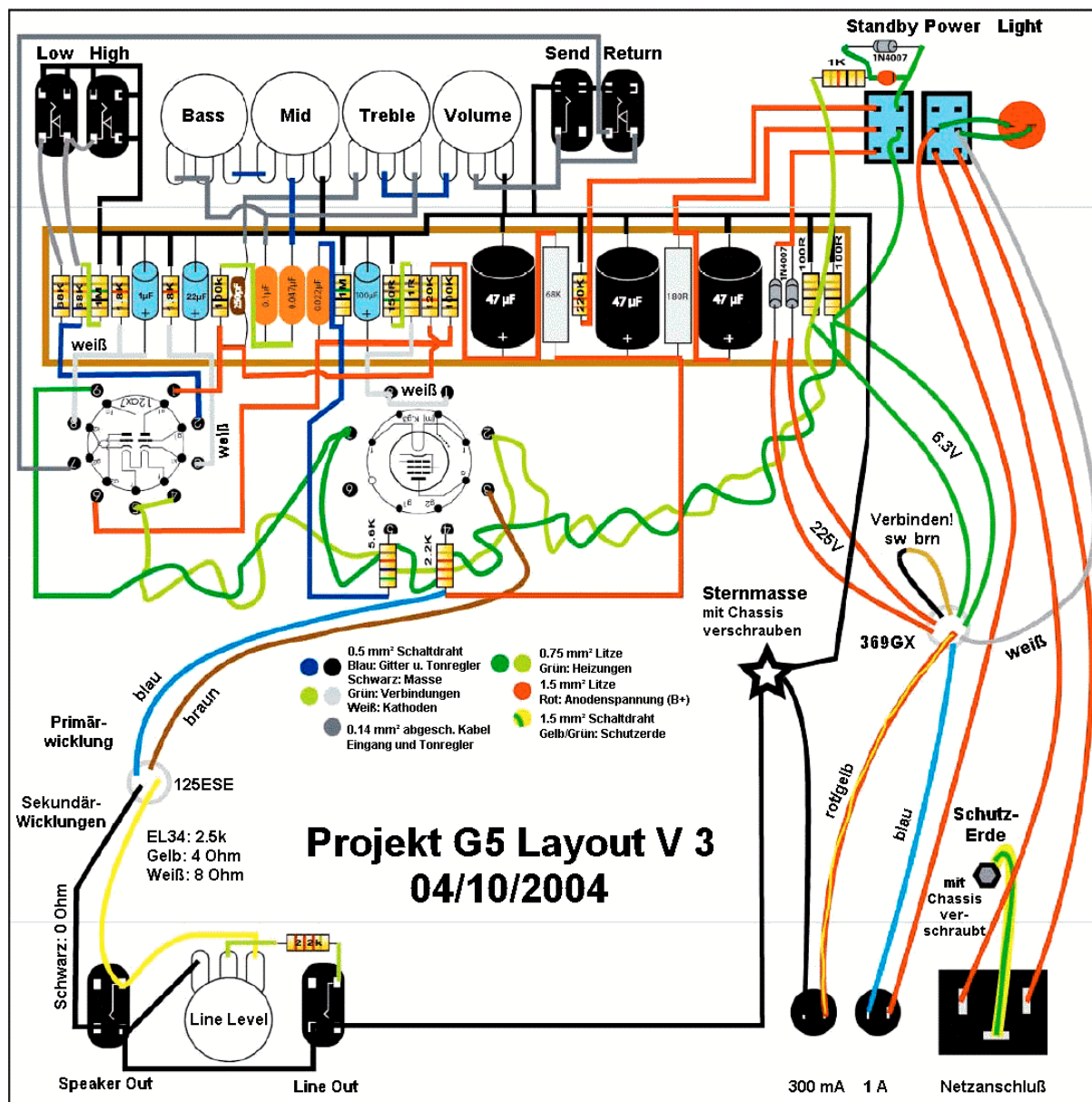
Guitar Amp G5

Team G5
 Designed by M. COLSON
 Ver. 1 2004

redrawn by eb.jacobs
 08/2005



Der Verdrahtungsplan



So könnten die bestückten Lötleisten aussehen:



3.5 Bohren des Chassis

3.5.1 Combo oder Head?

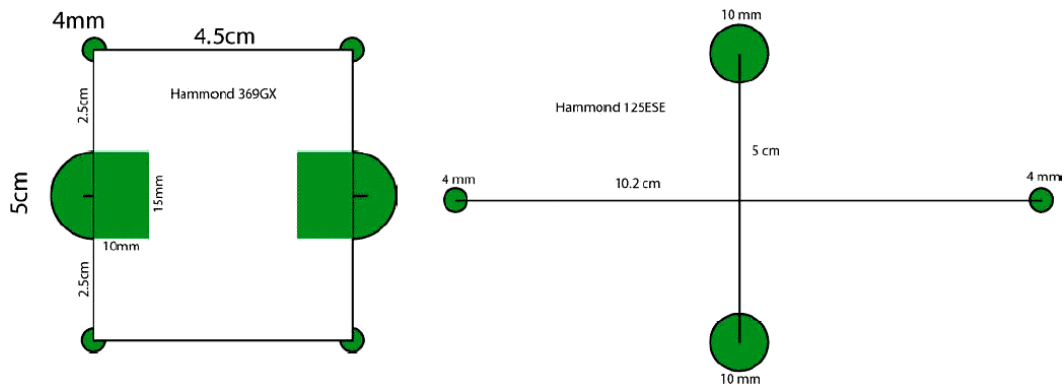
Es ist Ihnen überlassen, das Projekt in Form eines Head oder Combo aufzubauen. Wenn Sie den Combo wählen, sollten Sie über die Platzierung der Transformatoren und Röhren unter Berücksichtigung des Lautsprechers im Combo-Gehäuse nachdenken!

3.5.2 Bohrplan

Man könnte einen Bohrplan vorgeben, aber wir ziehen es vor, jedem die Wahl zu lassen, die Elemente gemäß seinen verwendeten Bauteilen zu platzieren. Trotzdem teilen wir Ihnen die Lochdurchmesser für die verschiedenen Elemente mit und schlagen Ihnen Bohrschablonen für die beide Transformatoren Hammond 125ESE und 369GX vor.

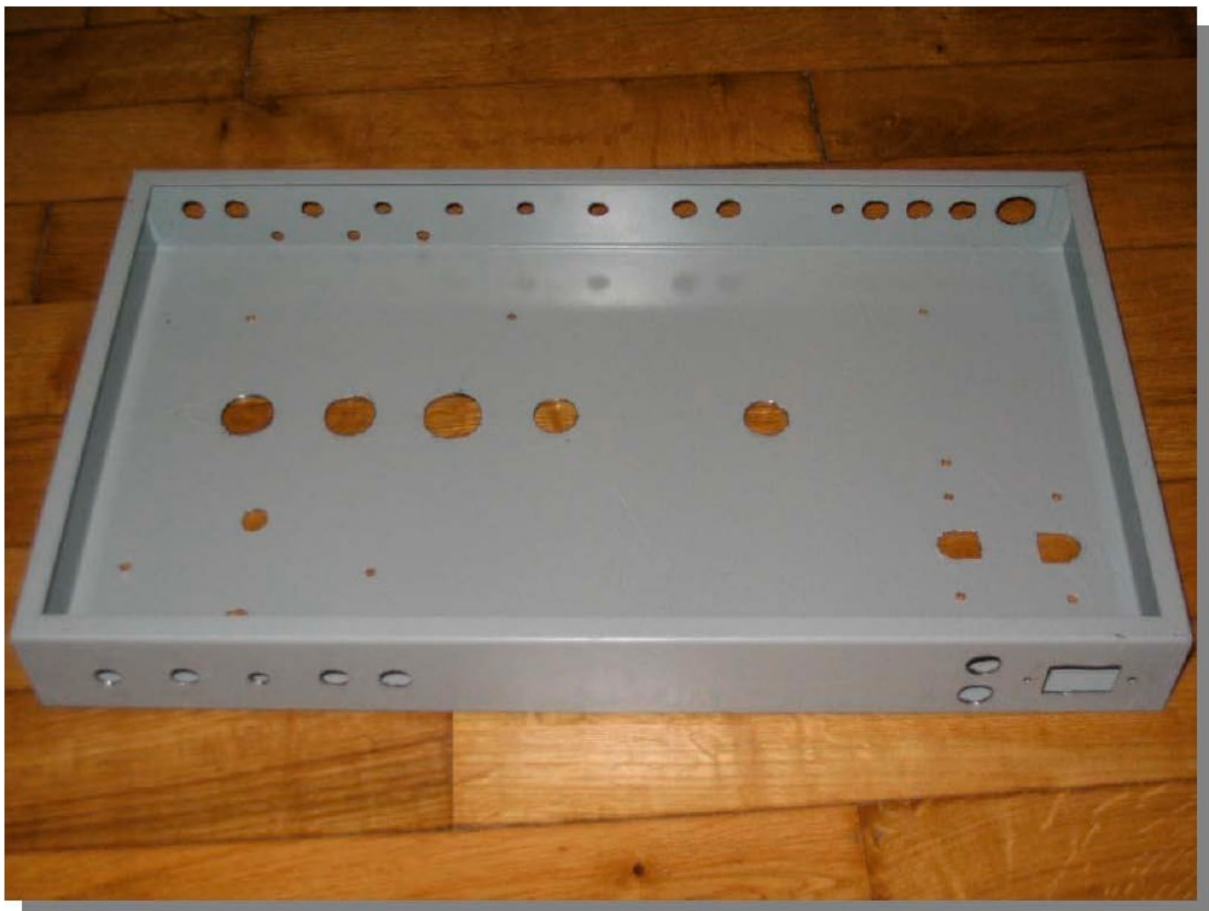
Oktal-Fassung	24 mm
Noval-Fassung	22 mm
Betriebsanzeige	17 mm
Schalter und Sicherungshalter	12 mm
Klinkenbuchse	11 mm
Durchführungstüllen für Transformatoranschlüsse	10 mm
Potentiometer	8 mm
LED-Fassung	6 mm
Schraubenlöcher für Transformatoren	4 mm
Abstandsbolzen für Lötleisten	3.5 mm
Schraube für Netzspannungsanschluß	3 mm
Bohrung für selbstschneidende Schrauben	2 mm
Ausschnitt für Netzspannungsanschluß	27 mm x 19 mm

Praktischer Tip: Um verschiedene Durchmesser ohne Mühe zu bohren, können Sie einen Schälbohrer benutzen: Es ist ein Bohrer in Form eines Kegels, der es erlaubt, Löcher von z. B. 6 mm bis 26 mm zu bohren. Mit dem Bohrtiefenanschlag Ihrer Bohrmaschine können Sie damit ein Loch mit präzisiertem Durchmesser bohren. Sie können ebenfalls einen zylindrischen Schleifstift mit einem Dremel benutzen um Löcher auf den gewünschten Durchmesser zu erweitern.



Die grünen Flächen stellen die Löcher und Ausschnitte dar. Die Ausschnitte für den Netztrafo erlauben es, die Anschlußdrähte ohne Durchführungstüllen auf die Unterseite des Chassis zu führen.

3.5.3 Ansicht des Chassis



Das vorhergehende Bild zeigt das Ergebnis, nachdem das Chassis gebohrt ist. In diesem Beispiel sind zahlreiche Optionen hinzugefügt worden, was die Anzahl der zu bohrenden Löcher erhöht. Man erkennt rechts gut die Ausschnitte für den Netztrafo sowie den rechteckigen Ausschnitt für den Netzanschluß. Die Befestigung der Röhrenfassungen wird mit Hilfe von selbstschneidenden Blechschrauben durchgeführt, Sie sollten die Löcher dafür zweckmäßigerweise mit einem 2 mm-Bohrer vorbohren.

3.6 Montage des Chassis

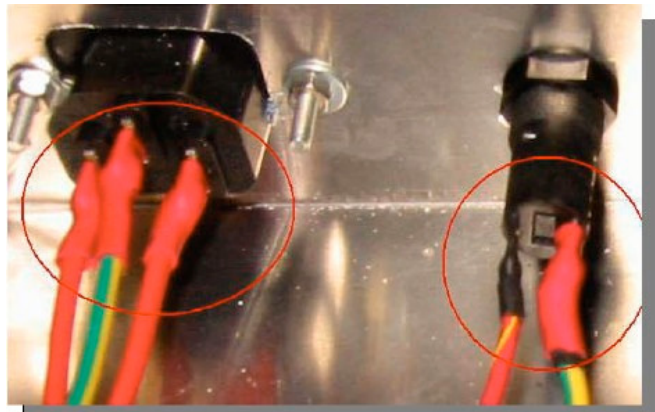
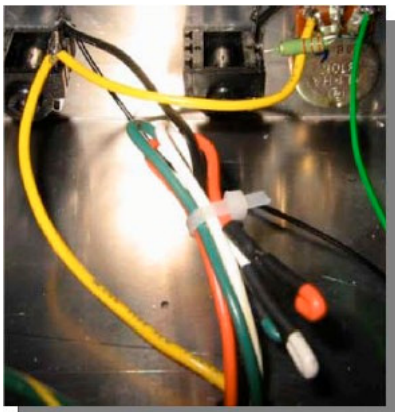
Jetzt dürfte das schrittweise Bestücken des Chassis keine größeren Probleme mehr bereiten.

Ein kleines Detail gibt es bei den ALPHA-Potentiometern zu beachten: Sie sind mit einem Verdrehschutz in Form einer kleinen "Blechnase" ausgestattet. Dazu muß zusätzlich ein kleines Loch in das Frontblech gebohrt werden. Man kann diese Blechnase aber auch einfach mit einer Flachzange entfernen:



3.7 Verkabelung der Spannungsversorgung

Man beginnt, mit der Verkabelung der Stromversorgung: Der Netzanschluß, die Sicherungen, die Schalter, der Netztrafo, die Anodenspannungen, die Heizungen, wobei man nicht vergessen sollte, die Drähte für die Heizungen zu verdrehen.



Denken Sie daran, die folgenden Anschlüsse mit Schrumpfschlauch zu isolieren:

- Netzanschlußbuchse
- Sicherungsanschlüsse
- unbenutzte Anschlüsse der Transformatoren,
- Schalter

Man bestückt danach die Widerstände an den Röhrenfassungen. Eine besondere Beachtung verdient das Löten des Widerstandes R18 an die Endröhrenfassung: Der Widerstand muß so dicht wie möglich an der Lötöse montiert werden, wie es das Foto unten zeigt, um Brummeinstreuungen und Schwingneigung zu verringern.



3.8 Verdrahtung der Verstärkerleiste

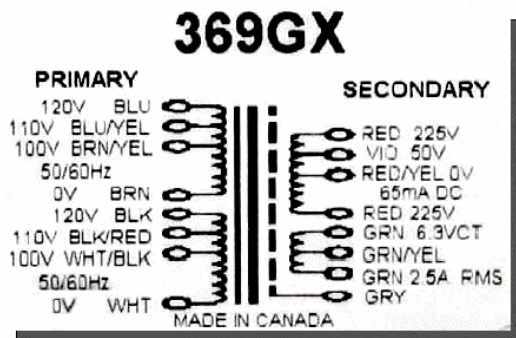
Nun werden die Verbindungen von der Verstärkereinheit zu den Röhrenfassungen, den Potentiometern und den Klinkenbuchsen hergestellt. Es wird empfohlen für die Klinkenbuchsen abgeschirmtes Kabel zu verwenden (mit dem Kit gelieferte graue Signalleitung).

Das gleiche gilt für die Leitung, die vom Volumenregler zum Eingang der zweiten Triode der 12AX7 geht.

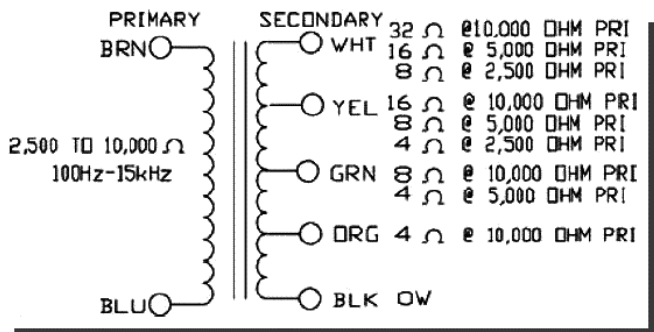
Die Potentiometer können mit starrem Schalt draht verdrahtet werden, er läßt sich einfacher verlegen und löten. Aber Sie können auch abgeschirmte Litze benutzen, um minimale Einstreuungen zu garantieren. Die Abschirmung des Kabels darf mit der Masse nur **einseitig** verbunden werden, andernfalls können Masseschleifen entstehen.

3.9 Kabelverbindung der Transformatoren

Die Hammond-Transformatoren werden mit einem Anschlußschema geliefert:



Der Netztrafo 369GX



Der Ausgangstransformator 125ESE

Der Anschluß der Transformatoren dürfte damit problemlos möglich sein.

Beachten Sie, daß Sie die Primärseite des Netztrafos entsprechend der bei Ihnen vorhandenen Netzspannung von 220 V, 230 V oder 240 V anschließen.

Im Verdrahtungsplan, der in diesem Handbuch vorgestellt wurde, ist die Option 240 V dargestellt.

Um den **Netztrafo an 230 V** anzuschließen, gehen Sie wie folgt vor:

- Nehmen Sie die weiße Anschlußlitze ("0V WHT") als den einen Netzpol, wie oben im Verdrahtungsschema des Netztrafos ersichtlich.
- Nehmen Sie den blauen Anschluß ("120 V BLU") als zweiten Netzanschluß.
- Verbinden (löten) Sie den schwarz/roten Anschluß ("110 V BLK/RED") mit dem braunen ("0 V BRN")

Denken Sie daran, auch alle **unbenutzten** Anschlüsse mit Schrumpfschlauch zu isolieren.

Die geeignete Lastimpedanz der EL34 liegt nahe bei 3k, was eine Verdrahtung des Ausgangsrafos 125ESE auf 2.5k nahelegt.

3.10 Überprüfungen und Meßwerttabelle

Sie haben alles geprüft?

Ihr Verstärker kann unter Spannung gesetzt werden?

Vergessen Sie nicht, den Lautsprecher anzuschließen oder einen ausreichenden Hochlastwiderstand (10-15 W); andernfalls kann der Ausgangstransformator zerstört werden.

Überprüfen Sie nun den Verstärker durch eine Reihe von Messungen. Die folgenden Tabellen mit den Sollwerten der Spannungen sollen Ihnen dabei helfen.

Anmerkung: Die Verwendung einer EL34 mit Widerstand R20 = 150 Ohm wird angenommen!

Gleichspannungswerte:

Meßpunkt	Theoretischer Wert	Gemessener Wert ohne Röhren	Gemessener Wert mit Röhren
C8 (+)	318 V	318 V	265 V
C9 (+)	290 V	318 V	249 V
C10 (+)	180 V	318 V	175 V
Pin 1 / V1	120 V	318 V	112 V
Pin 6 / V1	128 V	318 V	118 V
Pin 3 / V1	0.9 V	0 V	0.935 V
Pin 8 / V1	1 V	0 V	1.01 V
Pin 1 / V2	15 V	0 V	12.60 V
Pin 3 / V2	270 V	318 V	241 V
Pin 4 / V2	260 V	318 V	226 V
Pin 8 / V2	15 V	0 V	12.6 V
Bias R19		0 V	82 mA
Anodenverlustleistung			16.6 W
Schirmgitterverlustleistung			2.1 W

Wechselspannungswerte (Heizung):

Meßpunkt	Theoretischer Wert	Gemessener Wert ohne Röhren	Gemessener Wert mit Röhren
Pin 4-9 / V1	6.3 V	6.7 V	6.33 V
Pin 2-7 / V2	6.3 V	6.7 V	6.33 V

Man stellt fest, daß die Verlustleistung der EL34 $16.6\text{W} + 2.1\text{W} = 18.7\text{W}$ beträgt, was 66-67% der maximalen Verlustleistung entspricht.

Man kann sagen, daß dies eine relativ "kalte" Arbeitspunkteinstellung (Bias) für einen Gitarrenverstärker in Klasse A mit nur einer Endröhre ist. In der Literatur findet man Angaben, daß man die Endröhre mit bis zu 90% ihrer maximalen Verlustleistung "fahren" kann. Jedoch garantiert die hier gewählte Einstellung eine längere Lebensdauer der Röhre, so wie eine größere Unempfindlichkeit gegenüber Exemplarstreuungen verschiedener EL34-Ausführungen ohne sich um die Verlustleistung kümmern zu müssen.

4 Tricks und Kniffe

4.1 Entladen der Kondensatoren

Für diejenigen, die ihren eigenen Röhrenverstärker konstruieren oder modifizieren wollen, ist es unerlässlich vor Eingriffen in den (vom Netz getrennten) Verstärker die Netzteil- und Siebkondensatoren zu entladen. **Bei Nichtbeachtung dieser Regel können ernsthafte Verletzungen oder sogar tödliche Stromschläge nicht ausgeschlossen werden!**

Hier ist das notwendige Material um Kondensatoren zu entladen:

- 60 cm Litze mit ausreichendem Querschnitt,
- 1 Widerstand 150 Ohm, 10W,
- 1 Krokodilklemme,
- 1 Meßspitze, wie sie mit Multimetern verwendet wird,
- 30 cm Schrumpfschlauch.

- 1. Schritt:** Ein Ende der Litze abisolieren und die Krokodilklemme anlöten. Anschließend mit Schrumpfschlauch isolieren.
- 2. Schritt:** Die Litze in der Mitte durchschneiden und die 2 Enden abisolieren. Dort den Hochlastwiderstand anlöten und den Widerstand und die beiden Lötstellen mit Schrumpfschlauch isolieren.
- 3. Schritt:** Am letzten freien Ende die Meßspitze anlöten und mit Schrumpfschlauch isolieren.

Jetzt kann das Ganze zum Entladen von Netzteil-Elkos verwendet werden.

Zur Anwendung noch folgende Empfehlungen:

1. Den Verstärker ausschalten,
2. Das Chassis herausziehen, wobei man peinlichst darauf achtet, im Inneren **NICHTS** zu berühren,
3. Die Krokodilklemme an das Metall-Chassis anklammern, wobei man darauf achtet, daß sie sicheren Kontakt hat
4. Man berührt mit der Tastspitze **ALLE** positiven Anschlüsse der Kondensatoren im Verstärker.

Wenn irgendein Zweifel bezüglich der Identifikation von Kondensatoren besteht, schlagen Sie hier nach...; -)

Wenn Sie Zweifel an der Polarität der Kondensatoranschlüsse haben, *dann berühren Sie einfach **alle** Anschlüsse der Kondensatoren.*

Das Netzteil des G5 enthält einen Entladewiderstand ausreichender Belastbarkeit, der mit dem Stand-by-Schalter gekoppelt ist, welcher es nicht nur erlaubt, daß sich die Röhren beim Einschalten aufheizen können ohne daß schon Hochspannung an ihnen anliegt sondern auch dafür sorgt, daß die Kondensatoren im Stand-by-Mode entladen werden (was auch bei ausgeschaltetem Verstärker funktioniert). Man muß jedoch eine ausreichend lange Zeit (ca. 10 Minuten) warten, nachdem man den Verstärker in Stand-by geschaltet hat, bis die Kondensatoren sich vollständig entladen haben.

4.2 Verwendung verschiedener Endröhren

Sie können verschiedene Typen von Endröhren im G5 benutzen, da die Oktal-Fassung es erlaubt, zahlreiche andere Röhren zu benutzen wie: 6V6, 6L6, 5881, 6550, KT66, KT88... Jedoch müssen Sie dafür 2 Parameter anpassen: Den Kathodenwiderstand R20 sowie die Impedanz des Ausgangstransformators.

Hier also einige Informationen dazu:

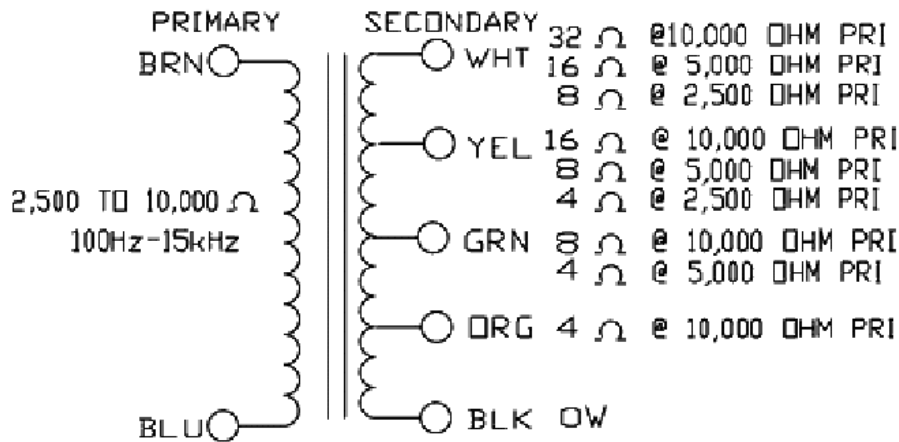
Röhre	Impedanz der Röhre		einstellbare Impedanz		Verlustleistung		angenommene Ausgangsleistung	
	<i>Pentode</i>	<i>Triode</i>	<i>Pentode</i>	<i>Triode</i>	<i>Pentode</i>	<i>Triode</i>	<i>Pentode</i>	<i>Triode</i>
EL34	2k	2.5k	2.5k	2.5k	25W+8W	=	9W	6-7W
6V6	5k	5k	5k	5k	12W+2W	9W	4.5W	1.7W
6L6GC	2.5k	5k	2.5k	5k	30W+5W	11W	10.8W	6-7W
EL84 ¹	4.5k	3.5k	5k	5k	12W+2W	8,75W	5.7W	2W
6L6	2.5k	5k	2.5k	5k	19W+2.5W	11W ?	11W	1.4W
5881	2.5k	4k	2.5k	5k	23W+3W	26W	6.7W	1.4W
6550	1.5k		2.5k	2.5k	35W+6W		12.5W	
KT66	2.2k	2.75k	2.5k	2.5k	25W+3.5W	15W	7.25W	2.2W
KT88	1.5k		2.5k	2.5k	40W+7W	25W	12.5W	
KT90	1.5k		2.5k	2.5k	50W+8W (54W max.)	50W	12.5W	

Für $U_{anode} = 250V$

¹ Die EL84 erfordert eine im Teilesatz nicht mitgelieferte, zusätzliche Noval-Fassung.

Anpassung des Ausgangstransformators

Der Einsatz einer anderen Endröhre als der EL34 erfordert eine Anpassung der Ruhestrom-einstellung (Bias-Widerstand R20) sowie der Impedanz des Ausgangstransformators:



Röhre	4 Ohm Ausgang	8 Ohm Ausgang	16 Ohm Ausgang
EL34	schwarz-gelb 2.5k	schwarz-weiß 2.5k	-
6V6	schwarz-grün 5k	schwarz-gelb 5k	schwarz-weiß 5k
EL84	schwarz- grün 5k	schwarz-gelb 5k	schwarz-weiß 5k
6L6 und 6L6GC	schwarz- grün 5k oder schwarz-gelb 2.5k	schwarz-gelb 5k	schwarz-weiß 5k
5881	schwarz-gelb 2.5k	schwarz-weiß 2.5k	-
6550	schwarz-gelb 2.5k	schwarz-weiß 2.5k	-
KT66	schwarz-gelb 2.5k	schwarz-weiß 2.5k	-
KT88	schwarz-gelb 2.5k	schwarz-weiß 2.5k	-
KT90	schwarz-gelb 2.5k	schwarz-weiß 2.5k	-

Wenn man mit verschiedenen Endröhren experimentieren will, kann man die Umschaltung der Sekundärwicklungen sehr elegant mit einem 4poligen Drehschalter bewerkstelligen.

Ein sehr gutes Werkzeug, um den Bias-Strom und den dazugehörigen Kathodenwiderstand (R 20) für verschiedene Endröhren zu berechnen, findet sich auf www.projetg5.fr.tt.

5 Zum Schluß

Wir hoffen, daß dieses Handbuch Ihnen beim Bau Ihres G5 geholfen hat.

Wenn sich irrtümlich ein Fehler in diese Seiten geschlichen hat, oder ein Detail zum Aufbau fehlt, bitten wir Sie, uns dies mitzuteilen damit das Projekt weiter voranschreitet.

Danke!

6 Anhang: An diesem Dokument gemachte Änderungen

Datum	Version	Autor	Beschreibung
Juni 2004	Pre-release	Mc Colson	Redaktion des Handbuchs
04/02/2005	V 0.9	Bilbo_moria	Überarbeitung und Vorschlag an das Team G5
19/02/2005	V 0.91	Bilbo_moria	Korrektur, Bias-Strom: 82mA anstatt 0,082mA
30/03/2005	V 0.92	Bilbo_moria	Änderung Abschnitt 4.2: "Verschiedene Ausgangsröhren"
02/04/2005	V 1.0	Team G5	Validierung – Veröffentlichung von V 1.0
07/06/2005	V 1.0 Rev. B	Bilbo_moria	Änderung der URL in www.projetG5.com (Startseite)

Übersetzung aus dem Französischen von Dipl.-Ing. B. Jacobs