RoeTest V11

professional tube testing system

(c) Helmut Weigl

Frontplattendesign und Fassungsboxen „A“

Stand: 10/2026

Vorwort/Inhalt dieser Bauanleitung:

Das RoeTest ist **kein Anfängerprojekt.** Der Aufbau des Gerätes erfordert aufgrund der Schwierigkeit, des Umfangs, sowie der Tatsache, dass **hohe Spannungen** im Gerät verwendet werden, entsprechende Erfahrung. Ich empfehle den Aufbau nur Personen, die genügend Elektronikerfahrung besitzen.

Dass das Gerät erfolgreich nachgebaut werden kann, zeigen einige Nachbauten anderer Personen, die ich auf meiner Internetseite veröffentlicht habe. Meine Anleitungen scheinen trotz des großen Umfanges verständlich und vollständig zu sein. Für Rückmeldungen und Optimierungsvorschläge bin ich dankbar.

Haftungsausschluss:

Hiermit schließe ich eine Haftung jeglicher Art aus. Ich garantiere weder für die Funktionsfähigkeiten oder Zweckmäßigkeit der Software, noch der Schaltungen, oder irgendwelcher von mir zur Verfügung gestellten Unterlagen. Ein Nachbau erfolgt auf eigenes Risiko. Insbesondere ist Software nie völlig frei von Fehlern, die auch zu Fehlfunktionen führen könnte. Auch bei Fehlbedienung können Röhren oder das Gerät beschädigt werden. Eine Haftung für Folgeschäden ist ausgeschlossen (z.B. zerstörte Röhren, Bauteile, Sachschäden, Personenschäden auf Grund von Stromschlägen, etc.). Das Gerät darf nie ohne Aufsicht betrieben werden.

Lebensgefährliche, hohe Spannungen:

Röhren, Röhrenprüfgeräte und auch das RoeTest werden prinzipbedingt mit hohen, lebensgefährlichen Spannungen betrieben. Ich weise hiermit auf die Gefahren durch hohe Spannungen hin. Die im Gerät verwendeten und an den Röhrenfassungen nach außen geführten Spannungen können zu körperlichen Schäden oder zum Tode führen. Nutzen Sie das Gerät umsichtig und stellen Sie sicher, dass das Gerät nur von fachkundigen Personen benutzt wird (vor Kindern und Tieren fernhalten). Nachbauer und Nutzer haben die entsprechenden Sicherheitsvorschriften eines jeden Landes einzuhalten und sind selbst für die elektrische Sicherheit verantwortlich.

Insbesondere weise ich darauf hin, dass aufgeladene Kondensatoren (z.B. in Netzteilen), trotz Endladewiderständen, auch noch lange Zeit nach dem Ausschalten und Trennen vom Netz, hohe Spannungen halten können. Es wird dringend angeraten sämtliche Kondensatoren erst über einen Widerstand zu entladen, bevor an der Schaltung experimentiert und gearbeitet wird!

Das RoeTest ist ein Bastelprojekt (DIY). Eine CE-/GS-/Tüv-Prüfung oder anderweitige Zulässigkeitsprüfung liegt nicht vor! Ich garantiere nicht, dass der Betrieb des Gerätes zulässig ist.

Änderungen der Software und der Hardware sind jederzeit möglich. Eine Kompatibilität zu Vorgängerversionen garantiere ich für spätere Versionen nicht, auch wenn diese bisher gegeben ist.

Hinweis zu den Röhrendaten:

Die umfangfreiche Datenbank wird laufend erweitert, ergänzt und berichtigt. Die Daten weisen noch Lücken auf oder können Fehler enthalten. Ein Anspruch auf Vollständigkeit oder Richtigkeit besteht nicht. Auch gibt es in der Datenbank Daten für eine geringe Anzahl Röhren, die nicht mit dem RoeTest gemessen werden können (z.B. weil die Spannungen oder Ströme nicht ausreichen, oder weil es sich um irgendwelche Spezialröhren handelt).

Weitere Sicherheitshinweise:

- Das Gerät darf nur in trockenen Räumen benutzt werden und ist vor Feuchtigkeit zu schützen
- Lüftungslöcher und Ventilatoren dürfen nicht verdeckt werden, so dass Wärme aus dem Gerät abziehen kann
- Bei Beschädigungen darf das Gerät oder Kabel nicht mehr benutzt werden
- Röhren werden heiß. Es besteht Verbrennungsgefahr.
- Röhren sind überwiegend aus Glas. Brechen diese besteht die Gefahr von Schnittverletzungen
- Vorsicht an scharfen Kanten
- beim Transport ist Vorsicht anzuwenden, da sich Steckkarten bei Erschütterungen lockern und herausfallen könnten.
- Bei Fehlbedienung können Röhren beschädigt oder zerstört werden.
- Sämtliche durch mich gelieferten Sachen sind zum Verbleib in dem mit dem Kunden vereinbarten Lieferungsland bestimmt. Der Wiederverkauf oder die sonstige Verwendung der Sachen und der mit ihnen verbundenen Technologie und Dokumentation unterliegen den Ausfuhrkontrollbestimmungen (Gesetzen, Verordnungen, Richtlinien, Entscheidungen, Verwaltungsakten) Deutschlands und gelten vor EU-Recht. Es obliegt dem Kunden sich über diese Bestimmungen zu informieren, sie zu beachten und ggf. entsprechende Ausfuhr-, Wiederausfuhr- oder Importgenehmigungen selbst zu beantragen und zu erwirken. Ich weise darauf hin, dass ein Inverkehrbringen von Geräten nur unter Beachtung sämtlicher Vorschriften statthaft ist. Die Erfüllung obliegt der inverkehrbringenden Person.

Copyright/Urheberrecht:

Copyright Helmut Weigl, Heidestr. 7, 92708 Mantel, email info@roehrentest.de. Ich behalte mir alle Rechte an Soft- und Hardware sowie an allen Unterlagen ausdrücklich vor (z.B. kopieren, Verkauf der Software oder Unterlagen, Fertigung von Röhrenmessgeräten - oder Bauteilen dafür - zum Verkauf, verleihen, etc.). Die Software und alle Unterlagen bleiben mein Eigentum. Sie erhalten lediglich ein eigenes Nutzungsrecht (Lizenz zur eigenen Nutzung).

Im Falles des Erwerbs einer Lizenz gestatte ich eine gewerbliche Nutzung der Software, Datenbanken, oder anhand meiner Unterlagen gefertigen Hardware zur Messung von Röhren, welche verkauft werden sollen.

Nicht gestattet ist der Bau und Verkauf von Geräten oder Teilen dafür mit Gewinnerzielungsabsicht. In diesem Falle ist meine Genehmigung zur Erteilung einer „gesonderten Lizenz“ einzuholen. Ich weise darauf hin, dass ein Inverkehrbringen von Geräten nur unter Beachtung sämtlicher Vorschriften statthaft ist. Die Erfüllung obliegt der inverkehrbringenden Person.

Die Datenbanken stelle ich für private eigene Nutzung frei zur Verfügung unter der Bedingung, dass diese hinsichtlich der Datenstruktur nicht verändert werden und meine Copyright-Hinweise nicht entfernt werden. Ein Auslesen der Daten aus den Datenbanken und Verwendung in anderen Dateien ist nicht gestattet.

Eine Weitergabe der Layouts an Dritte Personen, auch wenn Sie diese verändert haben, ist ohne meine Zustimmung nicht gestattet. Gestattet ist lediglich die Weitergabe an Leiterplattenhersteller um dort seine eigenen Leiterplatten bestellen zu können (nicht gestattet ist es Leiterplatten fertigen zu lassen und diese dann

weiterzuverkaufen).

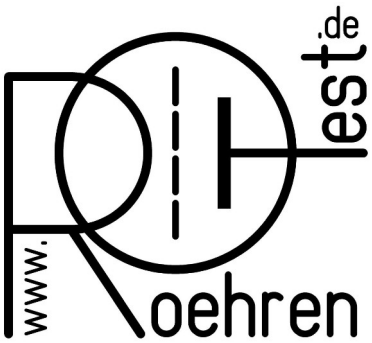
Die Software für den Pic-Mikrocontroler (Firmware) ist nur bei mir, im bereits programmierten Mikrocontroler, erhältlich. Eine Weitergabe oder Kopieren der Software ohne meine Zustimmung ist untersagt. Der Mikrocontroler enthält einen Schutz zum Auslesen des Programmes, welcher nicht umgangen werden darf.

Bei Weitergabe der auf Papier oder als Datei ausgegebenen Ausdrucke (Messprotokolle) darf meine Zeile mit der Copyrightangabe nicht entfernt werden ("erstellt mit RoeTest ....").

Fremde Rechte: Die Sockelbilder stammen teilweise von Herrn Franz Hamberger. Herr Hamberger stellt die Daten auf seiner Internetseite für den freien privaten Gebrauch zur Verfügung. Die Internetadresse des Herrn Hamberger lautet: http://www.dl7avf.info/charts/roehren/index.html. Eine Weitergabe der Sockelbilder darf nur nach den, durch Herrn Hamberger, auf seiner Internetseite genannten Bedingungen erfolgen.

Markenschutz

das Logo Roehrentest ist beim **Deutschen Patent- und Markenamt** als geschützte Marke mit der Nummer 302021244050 eingetragen:



Die Wort-/Bildmarke unterliegt damit dem Markenschutz. Ich behalte mir alle Rechte daran vor.

Änderung V11 gegenüber V10:

Auch bei den V10 gab es mehrere Versionen. Im Prinzip ist die V11 auch ein V10 (gleich mit V10.R4). Es ist auf Grund der Summe der Änderungen mal wieder Zeit die Versionsnummer zu ändern.

Gegenüber dem letzten V10 gibt es kaum Änderungen. Auf der Hauptplatine befindet sich eine zusätzliche TVS-Diode. Es werden teilweise andere Spannungsregler verwendet und einige Leiterplatten wurden neu verlegt.

Auf der G1-Platine gibt es ein zusätzliches Relais, welches ich bereits zur Nachrüstung der V10 beschrieben habe.

Verfügbare Spannungen und Ströme:

Spannungsquelle	Bereiche [V]	Max. Strom [mA]	Dauerstrom [mA]	Auflösung [V]
H	0-15 15-20 0-115	6000 2000 600	5000 2000 500	0,05
A	0-300 300-600	300	250	0,1
G1	0-100 (-)	5	5	0,025
G2	0-300	60	50	0,1
G3	0-100 (-)	5	5	0,025

Anschlüsse auf der Frontplatte:

Achtung: An den Anschlüssen können hohe Spannungen bis 600V anliegen!

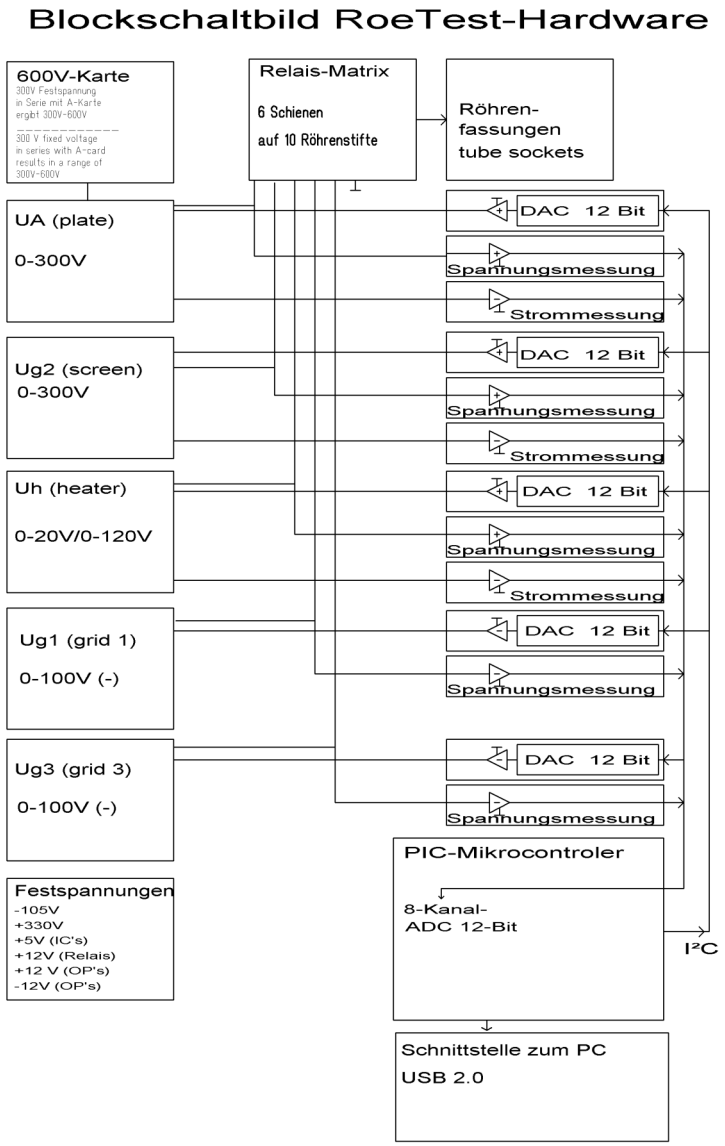
Nur gut isolierte Leitungen für die Anodenkappenanschlüsse verwenden. An den Soundtest-Buchsen darf kein Kopfhörer oder Audioverstärker direkt angeschlossen werden. Es muss immer ein Übertrager, welcher hinsichtlich Strömen und Spannungen geeignet ist, verwendet werden.

Allgemeine Funktionsbeschreibung:

Die Hardware des RoeTest wird über eine USB-Schnittstelle mit einem PC verbunden. Im RoeTest empfängt ein Pic-Mikrocontroler die Befehle der PC-Software und setzt diese um. Der Pic steuert die 5 Spannungsquellen für Heizung (H), Anodenspannung (A), G1-, G2, G3-Spannungen, eine Relaismatrix, mit der die Röhrenstifte automatisch den Spannungsquellen zugeordnet werden. Der Pic misst laufend die Spannungen und Ströme und meldet diese an die PC-Software zur Auswertung zurück. Daneben gibt es noch einige Spezialfunktionen wie Durchgangsprüfer, externes Heizspannungsrelais. Zur Erhöhung der Anodenspannung gibt es eine 600V-Karte (=300V Festspannung, die in Serie mit der A-Karte geschaltet wird).

Blockschaltbild:

Aus dem Blockschaltbild sind die 5 Spannungsquellen erkennbar. Die Spannungsquellen werden auf 6 Schienen (incl. Masse) geschaltet. Die Röhrenstifte werden anschließend über eine Relaismatrix den Schienen zugeordnet (ausgeführt als 10 Relaiskarten á 6 Relais). Daneben gibt es noch zahlreiche Festspannungsquellen zur Versorgung der Schaltungen mit +5V, +9V, -12V, -105V, +330V und +12V (unstabilisiert) für die Relaisversorgung.



Schaltungsbeschreibung:

Festspannungen:

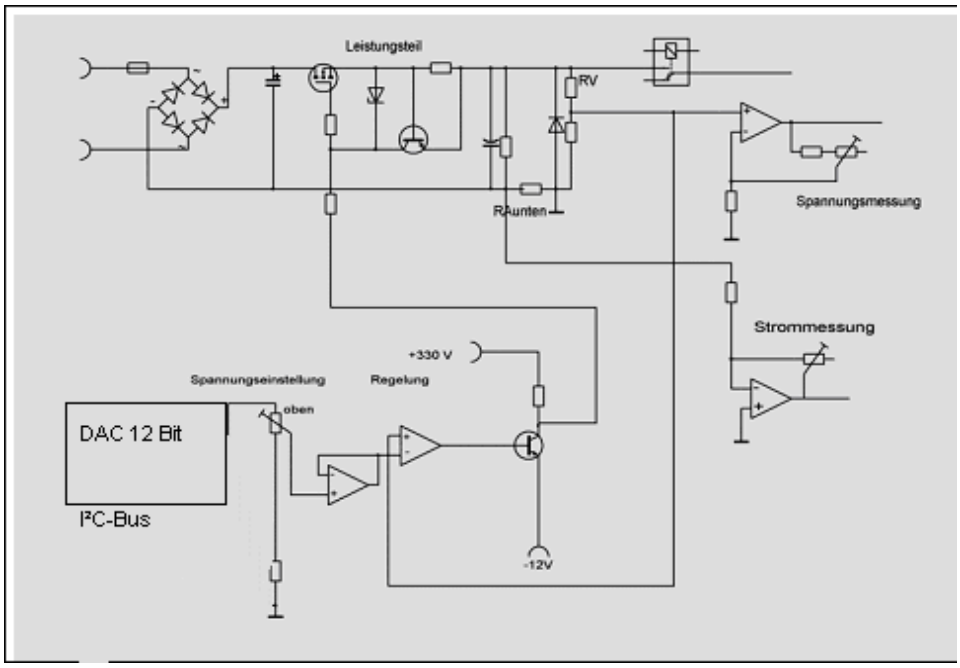
Die Relaisspannung ist unstabilisiert.

An die +5V und die +9V und -12-Spannungen wird ein hoher Anspruch bezüglich der Stabilität gefordert. Aus diesem Grunde wurden für diese Spannungen Präzisionsspannungsregler mit niedrigem Temperaturkoeffizienten verwendet. Die absolute Höhe der Spannung wäre unkritisch. Wichtig ist deren Stabilität, da Schwankungen die Messergebnisse verfälschen würden. Vor dem +5V Regler befindet sich noch ein Vorregler mit einer Spannung von 6,5V. Damit wird die Verlustleistung und damit die Temperaturdrift des 5V-Reglers minimiert.

Die Hilfsspannungen +330V und -105V sind mit jeweils einem LR8 stabilisiert.

Gesteuerte Spannungsquellen für H, A, G2:

Diese funktionieren alle nach dem gleichen Prinzip. Zur Erklärung ein vereinfachter Schaltplan:



Ein über I²C-Bus vom Pic angesteuerter D/A-Wandler erzeugt eine Spannung von 0-4,7 V. Diese Spannung wird über einen OP + Transistor verstärkt. Die Leistungsverstärkung erfolgt durch einen MosFet. Am Schaltungsausgang gibt es den Spannungsteiler um RV. Die dort gemessene Spannung wird wieder auf den Differenzverstärker zurückgeführt. Dieser vergleicht die Spannungen am + und - Eingang und hält die Ausgangsspannung konstant (Regelschleife). Damit das Ganze stabil läuft, waren langwierige Versuche nötig. Die reale Schaltung hat deshalb "einige" zusätzliche Bauteile.

Die Karten H, A und G2 enthalten außerdem eine Strombegrenzungsschaltung. Falls über einen Widerstand mehr als etwa 0,6V abfallen, schaltet ein Transistor ein und regelt die Ausgangsspannung des MOS-Fet’s herab, so dass der Strom begrenzt wird (Hardwarestrombegrenzung).

Folgende Ausführungen siehe Detailschaltpläne (bei mir auf CD-Rom erhältlich):

Am Ausgang der Schaltungen wird die Spannung über einen Spannungsteiler (RV) abgenommen, und über einen OP als Messverstärker den A/D-Wandlereingängen des Pic zugeführt.

Die Strommessung der H, A und G2-Karten erfolgt über Widerstände in den Masseleitungen zwischen den Eingangsspannungen und der zentralen Masse. Die Stromversorgung dieser Spannungsquellen erfolgt deshalb getrennt von der übrigen Schaltung (separate Trafowicklungen). Als Messverstärker fungieren wieder OP's, die die Messspannungen den A/D-Wandlereingängen des Pic's zuführen (siehe Detailschaltpläne).

Die Karten unterscheiden sich hinsichtlich der Dimensionierung der Bauteile und der Ausstattung. Im H-Spannungsbereich werden die Trafowicklung und die Strombegrenzungswiderstände in zwei Bereichen umgeschaltet.

Am Ausgang der Karten befindet sich jeweils ein Relais mit dem die Spannung auf die Schienen der Relaismatrix geschaltet werden kann. Die G2-Karte kann außerdem stattdessen über zwei 470K-Widerstände auf die Schienen gelegt werden. Diese benötigt man für die Prüfung Magischer Augen. Die G1-Karte kann über einen 1,2MOhm Widerstand auf die Schiene gelegt werden (zur Vakuumprüfung). Die Ansteuerung der Relais erfolgt vom Pic aus entweder direkt über Relaistreiber (auf Mikroprozessorkarte) oder für die Relaiskarten über den I²C-Bus und auf den Relaiskarten enthaltene Relaistreiber.

LED + Entladewiderstände: Dienen der Entladung der Elkos nach dem Abschalten. An den LED's kann man erkennen, ob noch hohe Spannung an den Elkos anliegen. Wegen der Gefahr von Stromschlägen sollte man am Gerät nur arbeiten, wenn alle Elkos spannungslos sind. Ich habe einige Testpunkte auf der Hauptplatine eingeplant, an denen die Elkos schneller entladen werden können (z.B. über eine Glühlampe) oder auch die Spannungen gemessen werden können.

Die Spannungen der G1- und G3-Karten werden über einen Hochspannungs-OP (LTC6090) erzeugt. Auch gibt es dort keinen Leistungsnachbrenner in Form eines MosFet's (siehe Schaltpläne).

Die G3-Karte hat eine zusätzliche Schaltung mit der hohe Spannungen gemessen werden kann. Diese ist aktiv, wenn das Ausgangsrelais der G3-Karte ausgeschaltet ist, die G3-Karte ansonsten also nicht verwendet wird. Diese Messmöglichkeit wird u.a. zur Messung von Stabis verwendet.

Ausführung:

Für die 5 Spannungsquellen gibt es je eine Platine. Eine weitere Platine gibt es für den Pic-Mikroprozessor (mit Relaistreibern) und für den 600V-Spannungsbereich (300V Festspannung, welche bei Bedarf der Anodenkarte in serie geschaltet wird). Weiter gibt es 10 Relaiskarten für die Relaismatrix (mit Relaistreibern). Als Schnittstelle ist eine USB-Karte vorgesehen.

Die Karten werden sämtliche in die Hauptplatine gesteckt, welche die Signale zusammenführt.

Die Hauptplatine beherbergt folgende weitere Baugruppen:
Festspannungen
Sicherungen/Gleichrichter, Siebkondensatoren für H, A, G2- Spannung und 600 V-Bereich
Durchgangsprüfer
Umschaltrelais für Audio-/Soundtest
Steckplatz für die Schnittstelle
Softstart für den Haupt-Ringkerntrafo (NTC und Relais)

Bauteilebestellung:

1. Ich biete CD-Rom, programmierten Pic, Leiterplatten, Haupttrafo und spezielle Elektronikteile, welche nicht überall erhältlich sind, an. Bitte bei mir anfragen.
2. Normale Elektronikbauteile: Für das RoeTest gibt es eine **Bauteiledatenbank** (siehe CD, Verzeichnis "Bauteileliste Components" oder Internetseite). Darin sind die elektronischen Bauteile für das RoeTest mit Reichelt-Bestellnummer (www.reichelt.de) gespeichert. Sie können zur Bestellung Listen ausdrucken oder Datensätze in eine csv-Datei exportieren um diese dann als Warenkorb in myreichelt wieder importieren zu können (Hinweis: Der Import bei Reichelt funktioniert manchmal nicht richtig). Achtung: Sie sind selbst für die richtige Bestellung verantwortlich. Ich übernehme keine Haftung für falsch bestellte Bauteile! Eine Hilfedatei befindet sich auf der CD-Rom (Bauteile - Hilfe.pdf). Weiterhin eignet sich die Datenbank zur Kalkulation der Kosten (bitte Preise der Bauteile aktualisieren, da sich diese ständig ändern). Weitere Positionen (z.B. Gehäuse) können ergänzt, oder Positionen entfernt werden (z.B. weil Sie einige Bauteile bereits im Bestand haben).
3. Frontplatte:
   Ich habe eine Anzahl Frontplatte fertigen lassen (Design A). Diesmal in absoluter Profiqualität mit Untereloxaldruck (kratz-, wisch-, Lösungsmittelbeständig, auch gegen Fingerschweiß). Die Beschriftung ist in die harte Eloxalschicht eingebettet und völlig glatt. Auch die Ränder sind eloxiert. Wer die Frontplatte von mir bezieht erspart sich einen zusätzlichen Bestellvorgang (und -Kosten).

   Wer an der Frontplatte Änderungen vornehmen, oder diese selbst fertigen will:
   Auf der CD befinden sich Entwürfe der Frontplatte (Design ‚A'-mit Fassungsboxhalter- und Design ‚C'-mit Anschlussbuchse-) mit dem Frontplattendesigner der Firma Schaeffer AG. Der Frontplattendesigner kann kostenlos von der Internetseite der Firma Schaeffer AG heruntergeladen werden (http://www.schaeffer-ag.de). In den USA gibt es die Firma Front Panel Express Inc. (http://www.frontpanelexpress.com/). Mit diesem können Sie mein Frontplattendesign ändern und die Frontplatte bei der Firma Schaeffer AG (oder Front Panel Express Inc.) online bestellen. Wer in dazu in der Lage ist, kann die Frontplatine natürlich auch selbst fertigen, was entscheidend günstiger ist. Bitte vor Bestellung/Fertigung der Frontplatte erst das Gehäuse und Kühlkörper besorgen. Die Außenmaße der Frontplatte, Kühlkörperbefestigung, etc. sind vorher anzupassen.

Bauteileauswahl:

Ich empfehle die Verwendung von hochwertigen Bauteilen. Bei der Verwendung von Restposten ist auf entsprechende Qualität zu achten.

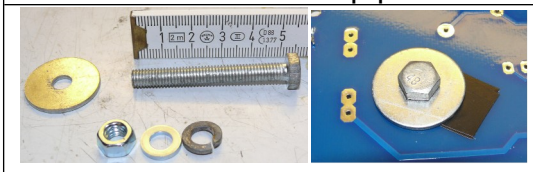
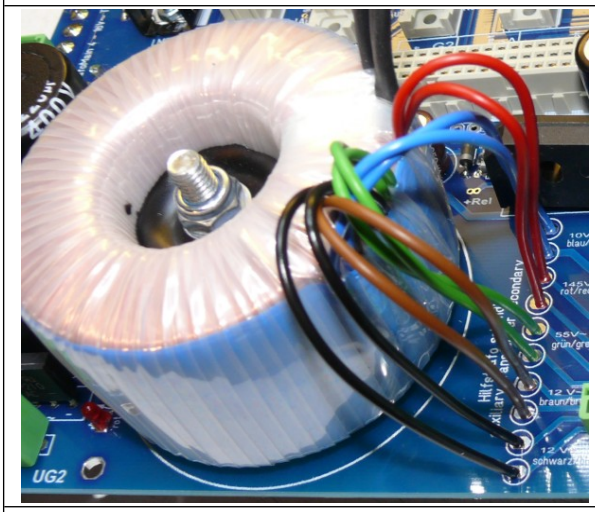
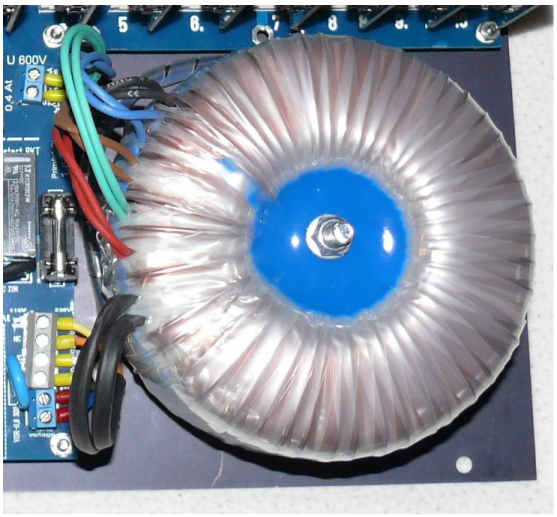
Röhrenfassungen: Empfehlung: Keine einbauen, sondern Fassungsboxen verwenden (siehe später).

Trafos:

Ich empfehle ausschließlich **Ringkerntrafos** zu verwenden. Ringkerntrafos sind kompakter, leichter und, wichtig: Haben nur einen geringen Spannungsunterschied zwischen Leerlauf und Volllast!

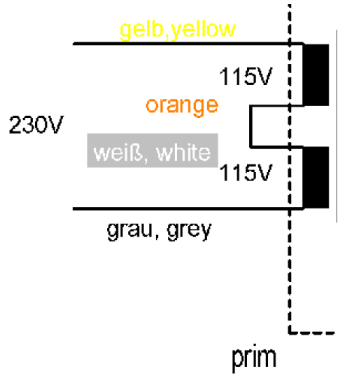
Im Gerät sind zwei Trafos: Haupttrafo und Hilfstrafo. Beide Trafos haben zwei Primärwicklungen.

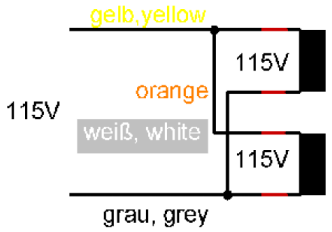
Hinweise zur Bestückung der Platinen:

Hilfstrafo Dieser wird auf die Hauptplatine montiert.	
	Schraube des Trafos bitte gefühlvoll anziehen. Die Farben der Sekundäranschlüsse sind im Bestückungsdruck der Leiterplatte angegeben. Primäranschlüsse siehe weiter unten.
	Sekundäranschlüsse, die Leiterplatte ist mit den Kabelfarben beschriftet
Haupttrafo (Ringkern)	
Dieser wird an der Frontplatte befestigt.	
	Sekundäranschlüsse des Haupttrafos siehe weiter unten .

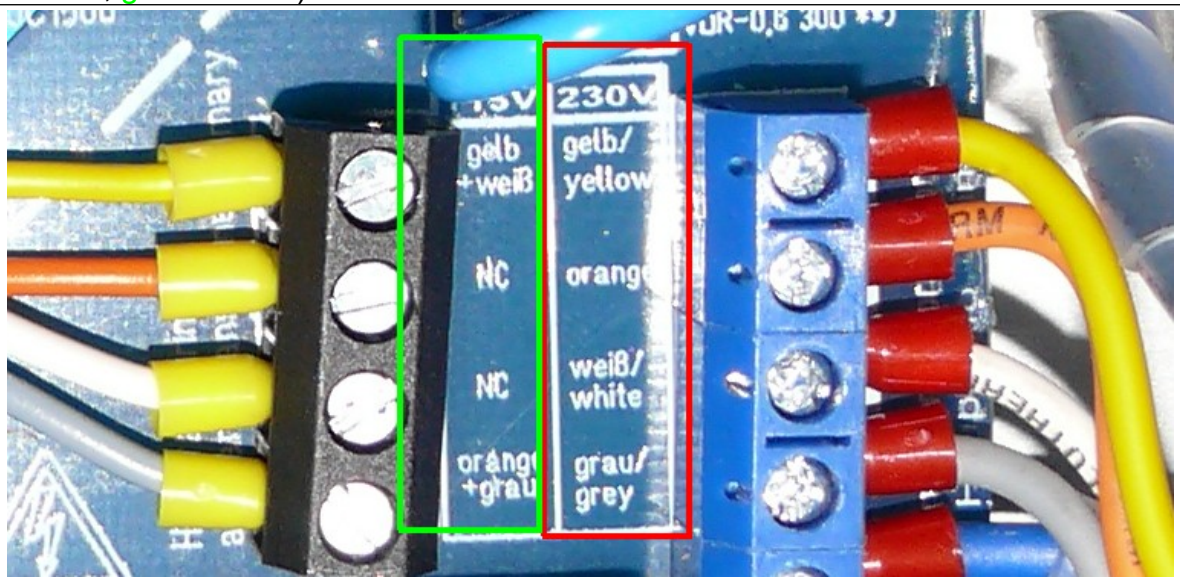
Primäranschlüsse (beide Ringkerntrafos):

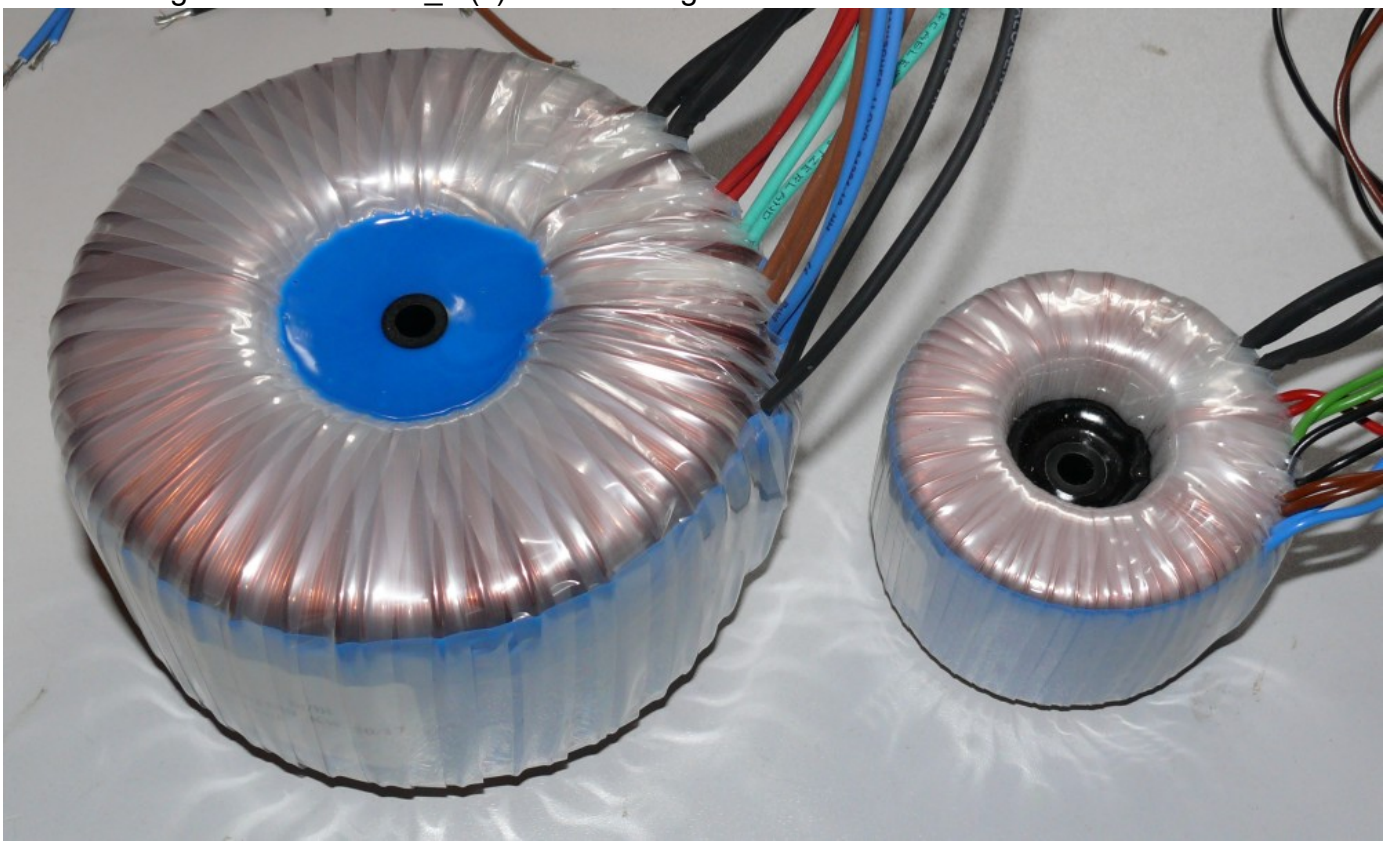
Die Ringkerntrafos haben zwei Primärwicklungen à 115V. Diese können in Serie (230V) oder parallel (115V) geschaltet werden.





Die Kabelfarben für die Primärwicklungen sind auf der Hauptplatine beschriftet (rot = 230V, grün = 115V):





Haupttrafo und Hilfstrafo (nach meiner Spezifikation gefertigt und bei mir erhältlich)

Für **Widerstände** bitte nur hochwertige Metallschichtwiderstände, bzw. für die Hochlastwiderstände Drahtwiderstände oder Metalloxidwiderstände verwenden.

Alle **Trimmwiderstände** sind Mehrgang-Spindeltrimmer. Achtung: Die preiswerten Spindeltrimmer sind **mechanisch sehr empfindlich**. Nicht über das Ende hinausdrehen, da die Trimmer beschädigt werden können – der Schleifer eventuell keinen sicheren Kontakt mehr hat. Wer sichergehen will, sollte bessere Ausführungen (z.B. von Bourns) verwenden.

IC-Fassungen:
Anstelle der Standardfassungen sind Präzisionsfassungen mit gedrehten, vergoldeten Kontakten zu empfehlen.

DAC 121C085

Diese sind nicht in Klarschrift beschriftet, sondern mit „xxxx X90C“, wie aus dem Datenblatt hervorgeht.

TEXAS INSTRUMENTS

www.ti.com

PACKAGE OPTION ADDENDUM

6-Oct-2015

PACKAGING INFORMATION

Orderable Device	Status (1)	Package Type	Package Drawing	Pins	Package Qty	Eco Plan (2)	Lead/Ball Finish (6)	MSL Peak Temp (3)	Op Temp (°C)	Device Marking (4/5)
DAC121C081CIMK/NOPB	ACTIVE	SOT	DDC	6	1000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	X84C
DAC121C081CIMKX/NOPB	ACTIVE	SOT	DDC	6	3000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	X84C
DAC121C081CISD/NOPB	ACTIVE	WSON	NGF	6	1000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU SN	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	X87
DAC121C081CISDX/NOPB	ACTIVE	WSON	NGF	6	4500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU SN	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	X87
DAC121C085CIMM/NOPB	ACTIVE	VSSOP	DGK	8	1000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU SN	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	X90C
DAC121C085CIMMX/NOPB	ACTIVE	VSSOP	DGK	8	3500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU SN	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	X90C

Temperatursensor LM75

inzwischen gibt es bessere Qualitäten. Der STLM75M2F oder der TMP1075DR hat eine bessere Genauigkeitund hat einen automatischen Reset bei Bus-Timeout.

Präzisions OP’s:

Hier müssen wegen geringem Offset und geringer Drift Präzisions OPs verwendet werden.

LT1013:
2-Fach-OP, Pinkompatibel mit Standardtypen TL072, TL082
Verwendet werden kann der LT1013CP, LT1013DN, LT1013DIP, LT1013CN
Achtung: Die SMD-Versionen haben eine andere Pinbelegung! Es gab schon Nachbauer, welche mit einem Adapter die SMD-Version verwendet haben und scheiterten, weil sie die Pins 1:1 durchschleiften.

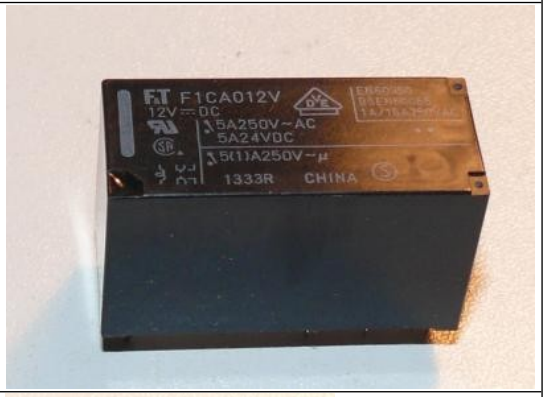
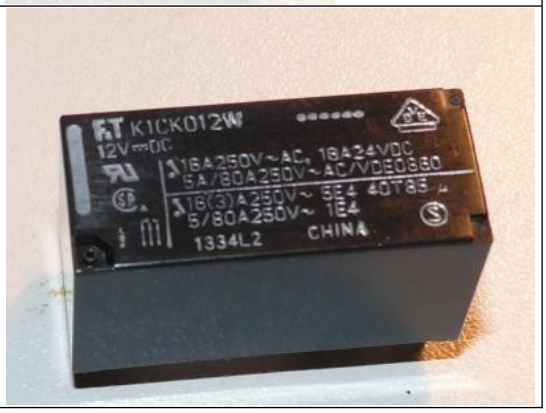
LT1014:
4-Fach-OP, Pinkompatibel mit Standardtypen TL074, TL084
Verwendet werden kann LT1014DN, LT1014DIN, LT1014CN, OPA4277PA

Testpunkte

Auf der Hauptplatine und den Steckkarten sind diverse Testpunkte. Diese haben Löcher, so dass man mit spitzigen Tastköpfen nicht abrutscht. Will man dagegen ein Messkabel anklemmen, empfiehlt sich, Lötnägel einzulöten (z.B. Reichelt RTM 1-100).

Relais:

Im Gerät kommen 3 unterschiedliche Typen zum Einsatz:

Typ	Beschreibung	Wo?	Bild
Typ 1	2 x um, 400V, 5-8A, 12V z.B. F1CL012R oder F1CA012V (Bauhöhe 16,5 mm)	Hauptplatine + Spannungskarten (an manchen stellen passen auch die einpoligen Typ 3)	
Typ 2	2 x um 250V, 2A, 12V z.B. Omron G6S-2 12V (Reichelt)	Hauptplatine + Spannungskarten	
Typ 3	1 x um, 400V, 16A, 12V z.B. K1CK012W Achtung: Die Relais sind etwas niedriger als Typ 1, **max. Bauhöhe 15,7 mm (höhere Relais passen hier nicht)**	Relaisplatinen	

PCF8574:

Die Relaiskarten können wahlweise mit den

- **SMD-Versionen (8 x PCF8574T und 2 x PCF8574AT) oder den**
- **Dil-Versionen (8 x PCF8574N (= PCF8574P) und 2 x PCF8574AN (=PCF8574AP))**

bestückt werden.

Wird die SMD-Version verwendet, sind die ICs direkt auf die Leiterplatten einzulöten (keine Adapter verwenden, da sonst der Abstand von den Abblockkondensatoren zu groß ist)!

Leiterplatten:

Die doppelseitig durchkontaktierte Hauptplatine ist sehr komplex. Auch ist die Größe der Hauptplatine mit etwa 390 x 254 mm gewaltig. Solche Platinen sind kaum mehr selbst herstellbar. Auch wäre es unsinnig, wenn jeder Nachbauer die Platinen einzeln in Auftrag geben müsste. Dies käme viel zu teuer. Auf der CD-Rom befinden sich aber Bestückungspläne für den Fall, dass einmal ein Bestückungsaufdruck nicht lesbar sein sollte.

Ich biete Platinensätze in industrieller Qualität, welche über mich zu einem fairen Preis bezogen werden können.

Die Platinen in professioneller Qualität:

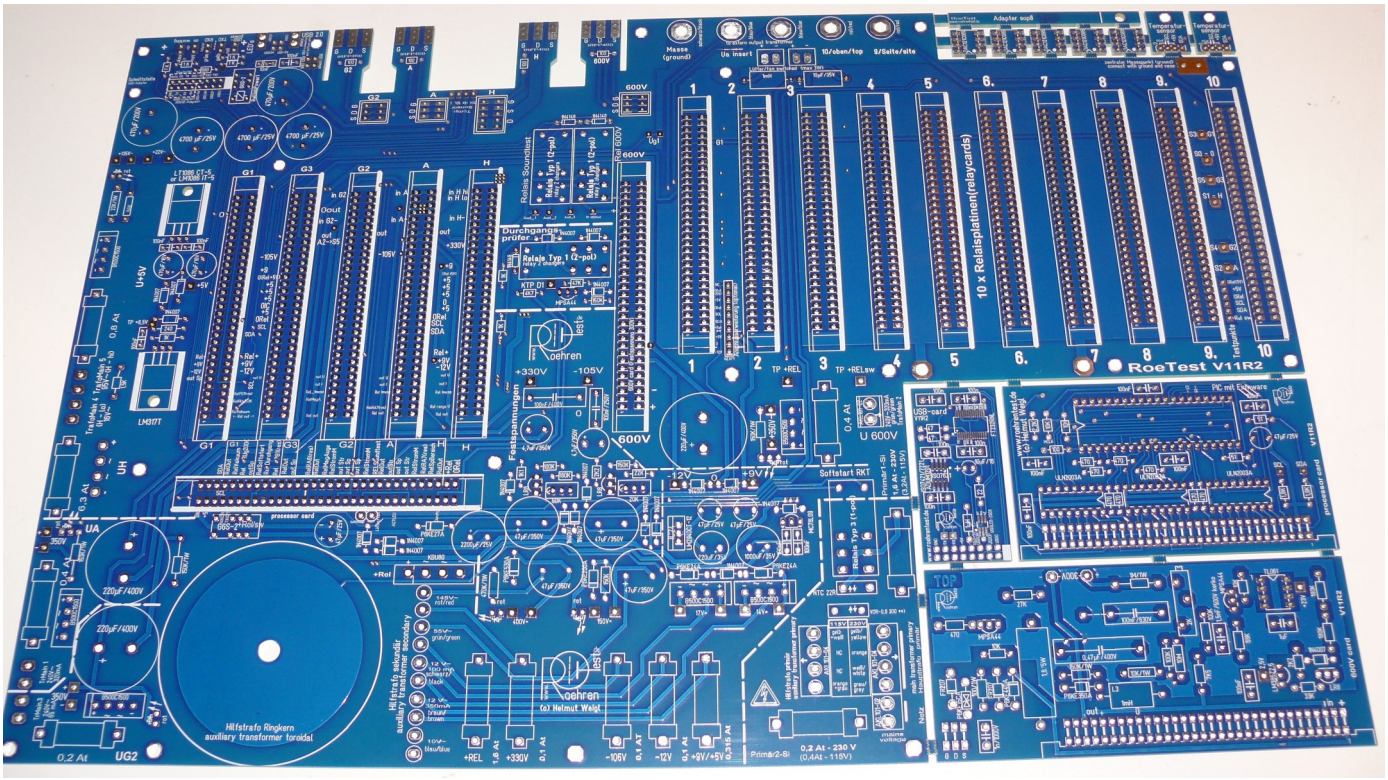
- **Epoxy FR4**
- **2 mm für Hauptplatine**
- **Hauptplatine - 70 µ Kupferauflage (Rest 35 µ)**
- **doppelseitig durchkontaktiert**
- **beidseitig Lötstopplack**
- **beidseitig Bestückungsdruck**
- **HAL-Verzinnung für leichtes löten**

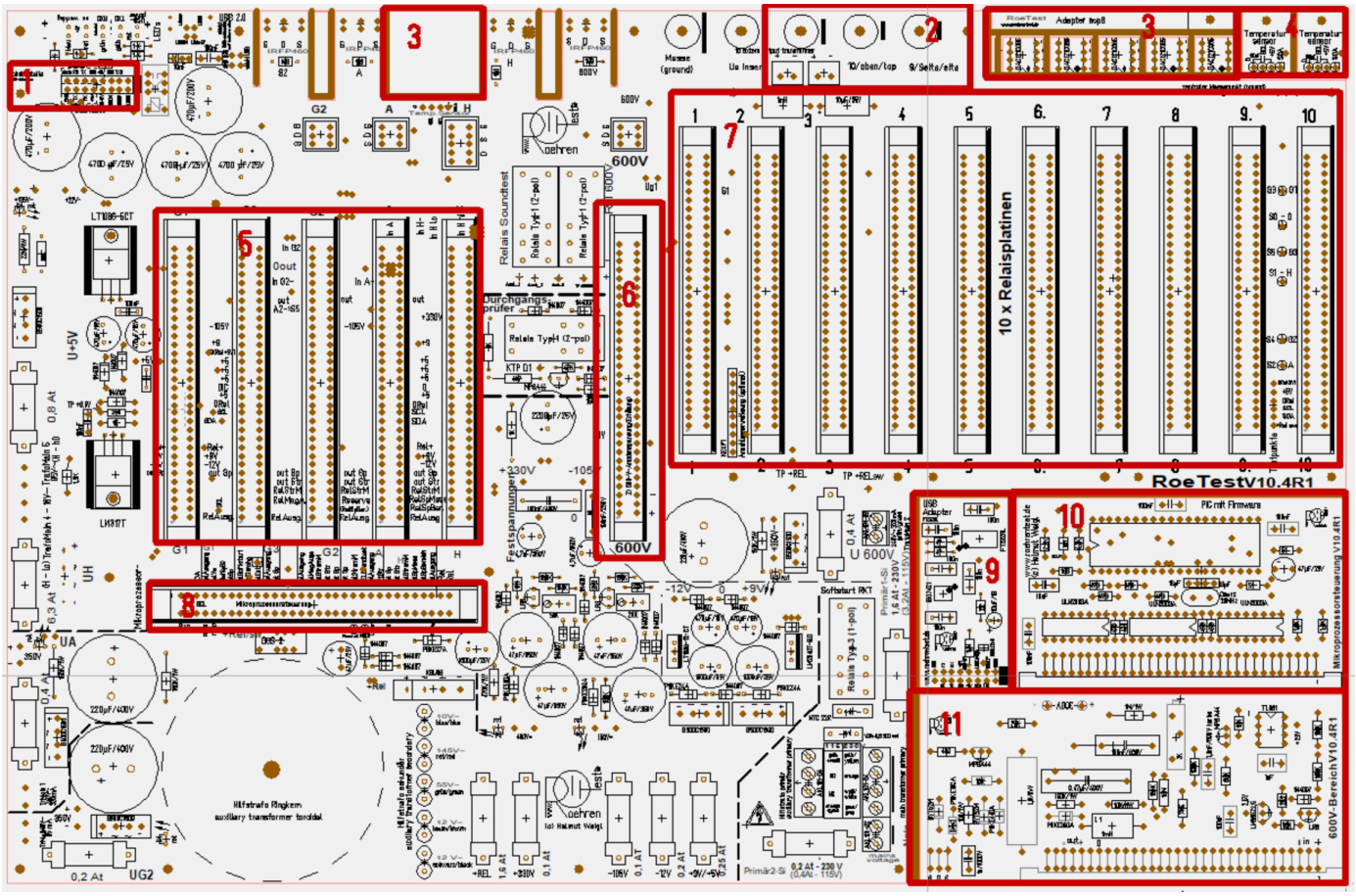
jede Menge Leiterplatten:

Verwendung	**Stückzahl**
Hauptplatine	1
Relaisplatinen	10
Mikroprozessorsteuerung	1
Spannungen (A, G2, G3, H, G1, 600V)	6 (je 1)
Temperatursensor	1
Schnittstellenkarte (USB)	1

Und so sehen die industriell gefertigten Platine aus. Bestückungsdruck, Lötstopplack und Verzinnung beschleunigen die Handbestückung erheblich.

Nutzen1: Das Nutzen enthält Fräsungen, bei denen die einzelnen Platinen lediglich mit Stegen verbunden sind. Die Platinen können einfach herausgebrochen werden. Die Hauptplatine ist 390 x 254mm groß! . Hinweis: Farbe (blau oder grün) und Layout können von den Bildern abweichen.

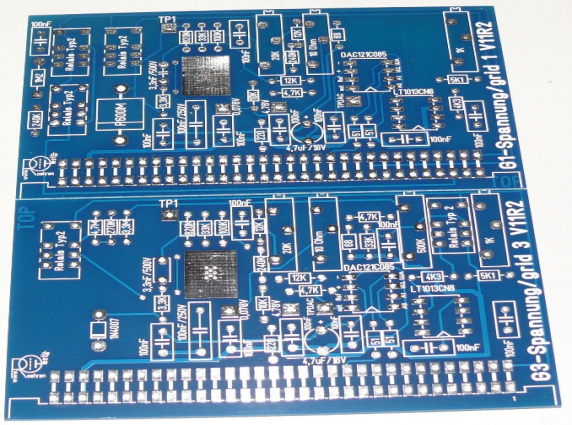


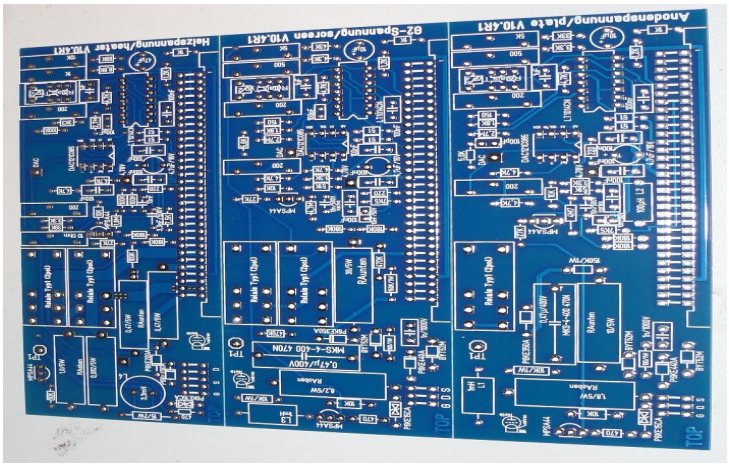


Erklärung zum Nutzen „Hauptplatine“

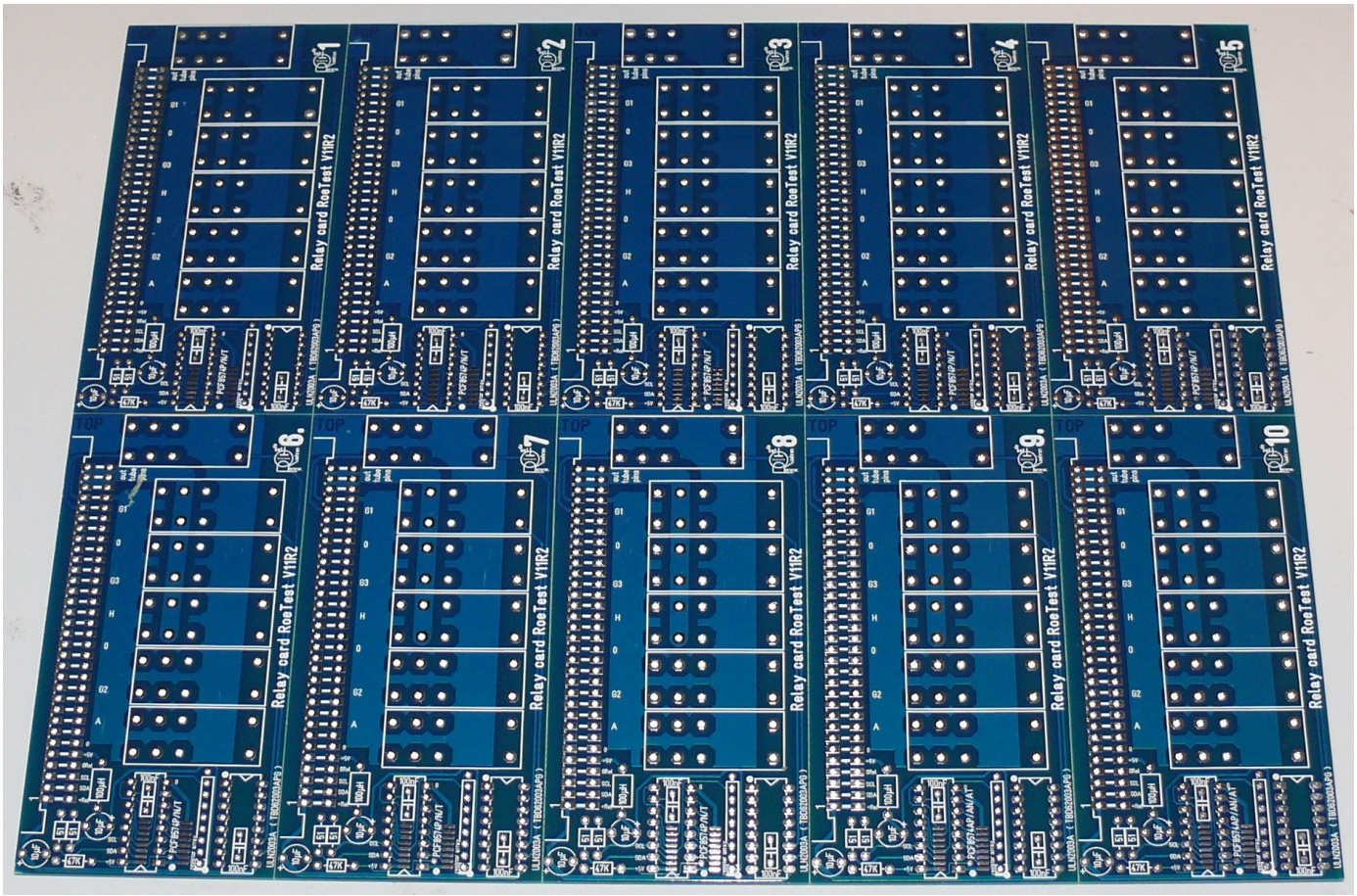
1. Steckplatz Schnittstelle
2. Lüfter geschaltet (abhängig vom Temperatursensor)
3. Adapterplatinen für DAC121C085 (optional)
4. Leiterplatte Temperatursensor (benötigt wird 1 Stück)
5. Steckplätze für Spannungskarten (H, A, G1, G2, G3)
6. Steckplatz für 300 V Festspannung (600 V-Bereich)
7. Steckplätze für 10 Relaiskarten
8. Steckplatz für Mikrorpozessorkarte
9. Leiterplatte USB-Schnittstelle
10. Leiterplatte Mikroprozessorkarte
11. Leiterplatte 600V-Bereich

Nutzen2 – 5 Stück Spannungsplatinen: Das Nutzen hat Ritzungen. Die Platinen können an einer Tischkante herausgebrochen werden.





Nutzen3 – 10 Stück Relaisplatinen: Das Nutzen hat Ritzungen. Die Platinen können an einer Tischkante herausgebrochen werden.



Bestückung der Leiterplatten:

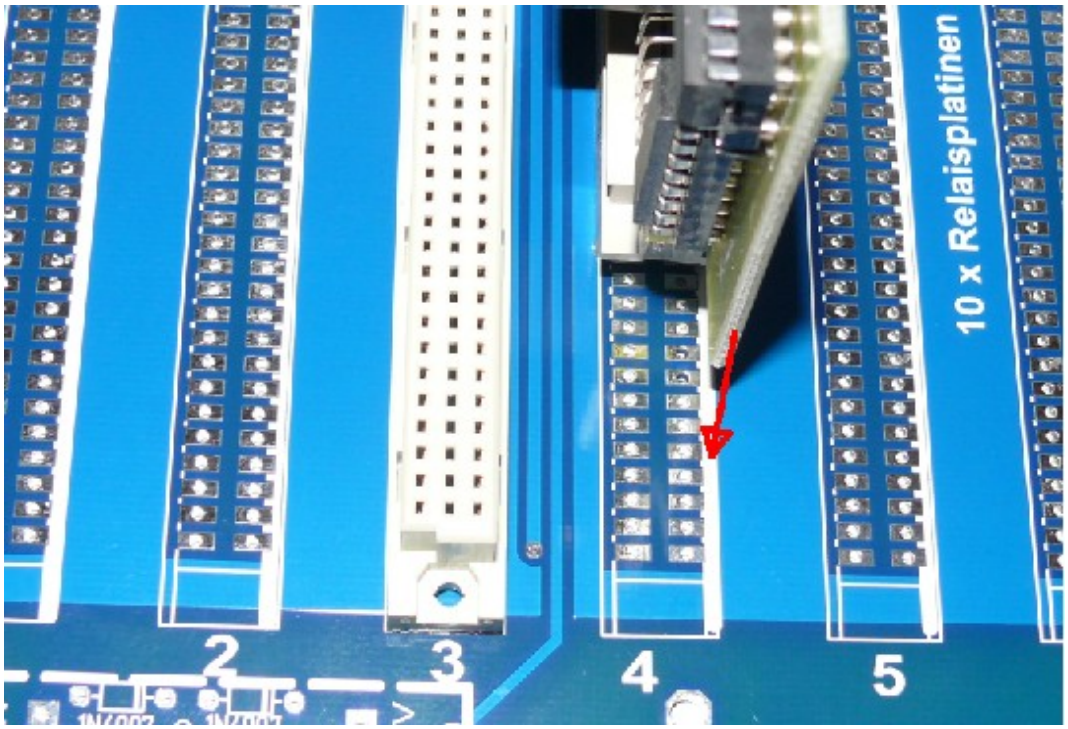
Alle Leiterplatten weisen einen Bestückungsdruck auf. Brücken auf den Leiterplatten kommen nicht vor. Die Bestückung ist einfach. Wie üblich mit den niedrigen Bauteilen beginnen. Es sind zwar viele Bauteile einzulöten. Dies geht jedoch relativ zügig. Bitte keine Geschwindigkeitsrekorde aufstellen. Lieber sorgfältig bestücken.

Eine HAL-Verzinnung (bleifrei) gewährleistet gute Lötbarkeit auch mit bleihaltigem Lot. Im Hobbybereich ist das gut lötbare, verbleite Lötzinn zulässig.

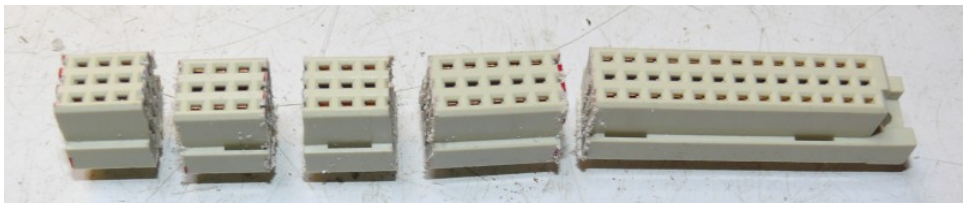
Hauptplatine

Auf der Hauptplatine sollten netzführende Leiterbahnen isoliert oder abgedeckt werden. (Berührungsschutz). Bei Verwendung der vorgeschlagenen Frontplatte ist die Abdeckung der bottom-site automatisch gegeben. Auf der Top-Site sind Netzspannungsführende Leiterbahnen weitgehend durch die Bauteile abgedeckt. Insbesondere für den Sicherungshalter für die Primärsicherung ist eine gekapselte Ausführung vorzuziehen (Berührungsschutz).

Die VG-Steckleisten unbedingt in der richtigen Richtung einlöten (dicke Linien des Bestückungsdruckes sind Steckplatinen)!

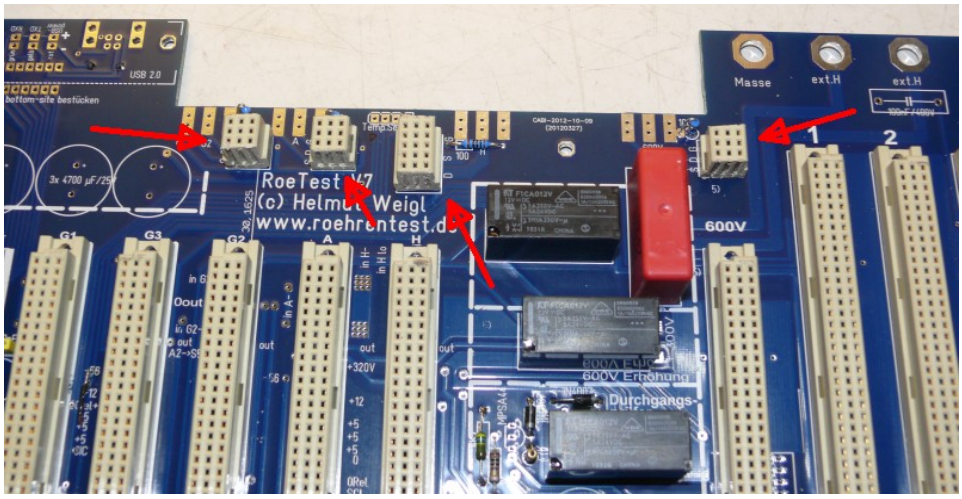


Auf der Hauptplatine sind für die A, G2, H und 600V-Karte, zusätzliche Steckkontakte erforderlich. Dazu wird einfach eine VG-Leiste zersägt. Eventuell muss der Boden der zersägten Leiste wieder festgeklebt werden:



Dabei können die Messerleiste und die Buchsenleiste zusammen abgesägt werden:

An der zu sägenden Stelle die Stifte herausziehen.



Lüfter

Auf der Hauptplatine sind zwei Anschlüsse für Lüfter vorgesehen, welche durch die Software geschaltet werden. Ein Lüfter für die Gehäusebelüftung und ein Lüfter für den Kühlkörper.

Die Lüfter sollen zusammen nicht mehr als 3W (12V) benötigen.

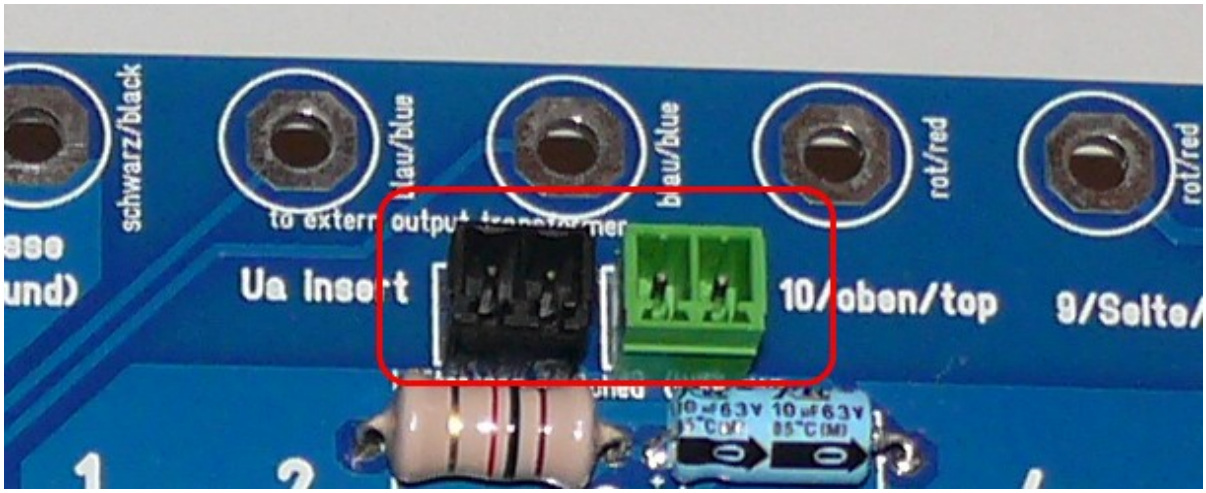
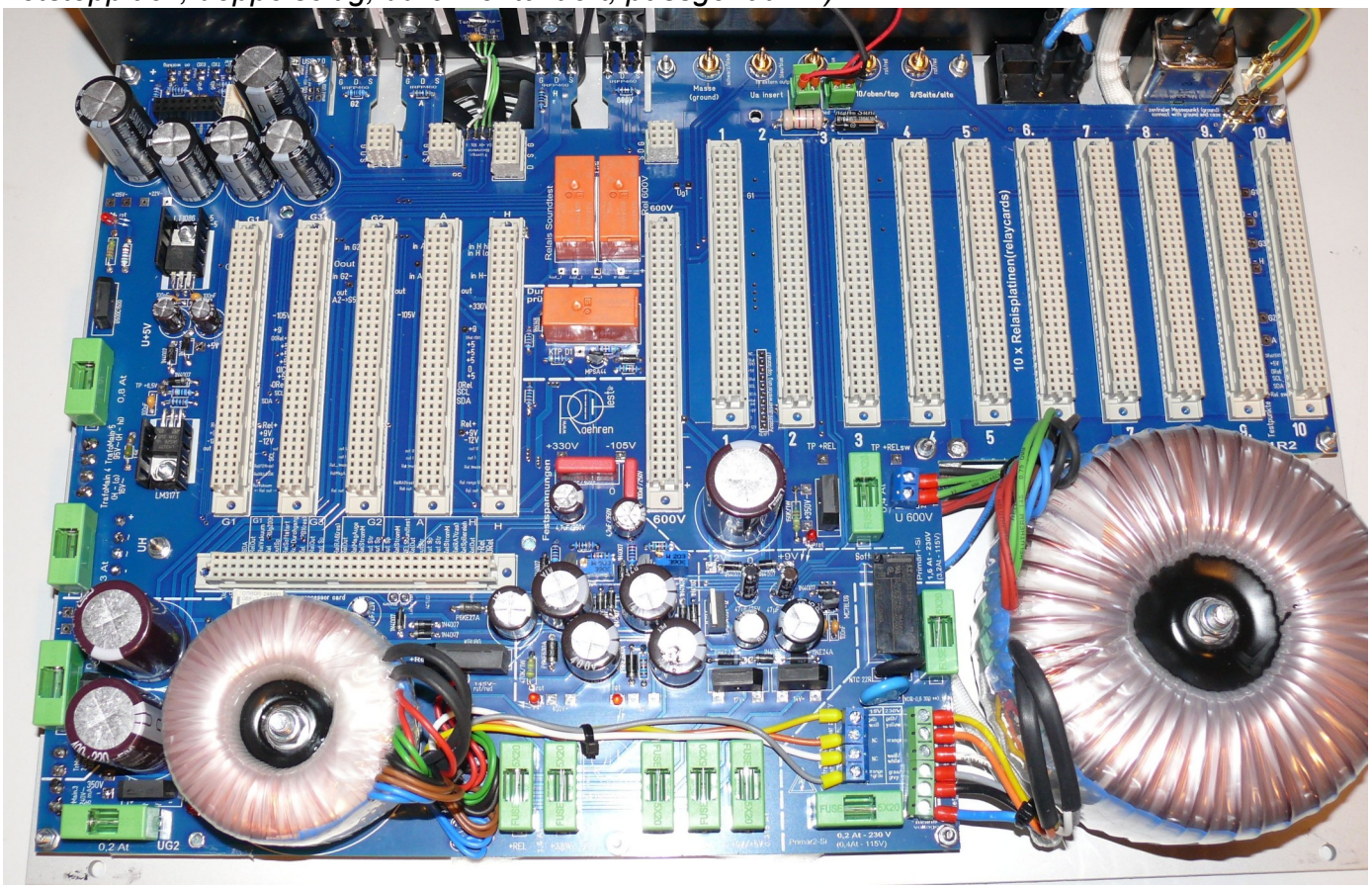
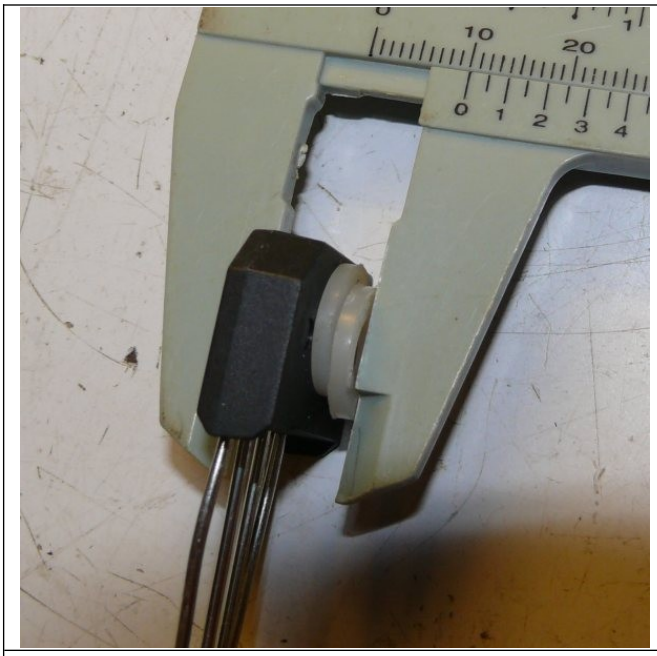


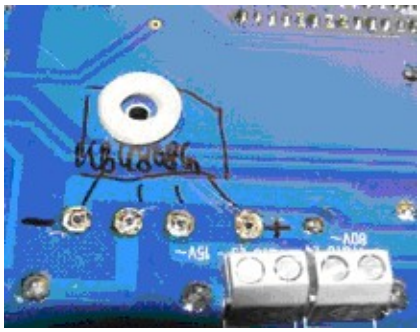
Bild der Hauptplatine: Die industriell gefertigte Platine hat gegenüber der Selbstherstellung viele Vorteile (Top Qualität: beidseitiger Bestückungsdruck, verzinnt und damit sehr leicht lötbar,, Lötstopplack, doppelseitig, durchkontaktiert, passgenau ...).

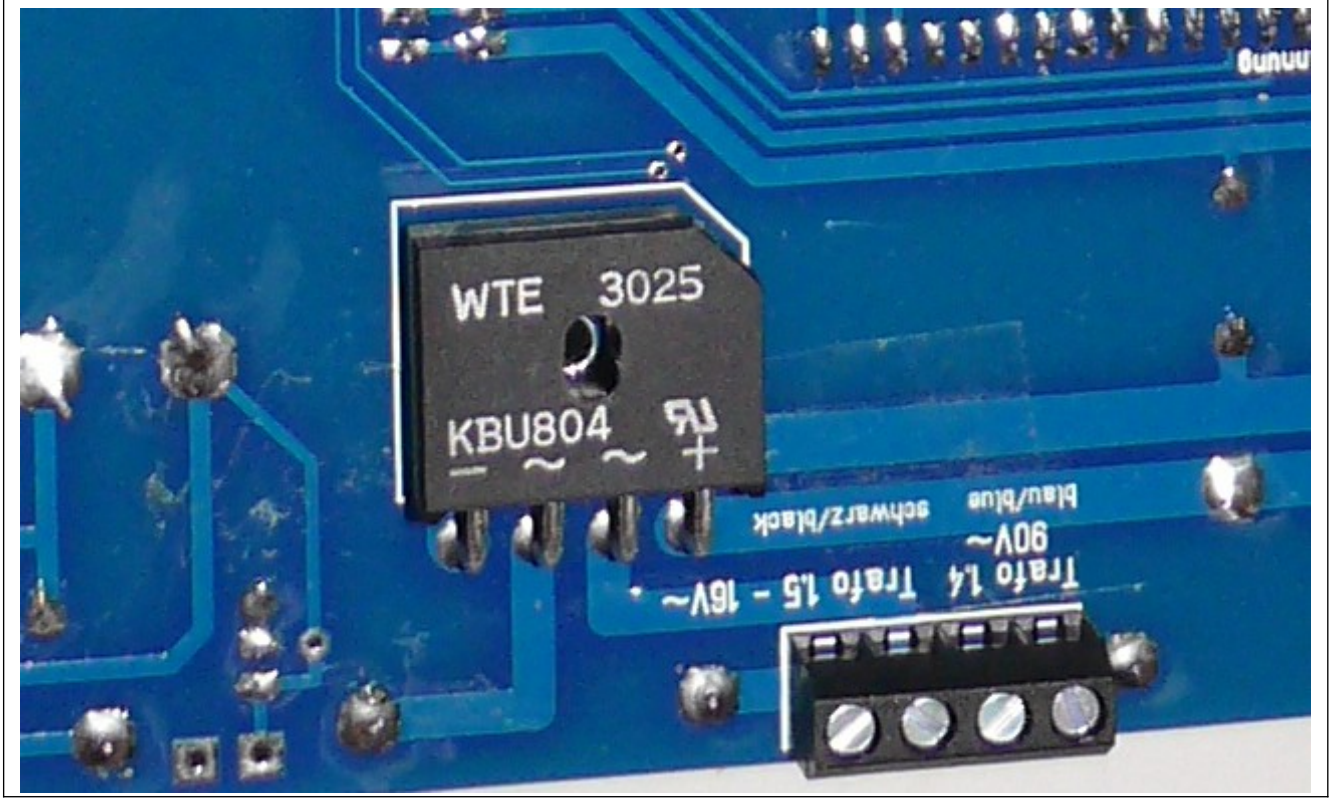


Hauptplatine top-site –ermöglicht Netzspannungen von wahlweise 115V (110-120V) oder 230V (220-240V) 50/60Hz.



Der Brückgleichrichter für H lo (bis 6A) **KBU808G** schafft bei Kühlung bis 8A und hat eine Befestigungsbohrung. Als Kühlkörper wird die Frontplatte verwendet. Dazu wird der Gleichrichter auf die **bottom-site** der Hauptplatine eingebaut. Der Abstand zwischen Platine und Frontplatte beträgt 10 mm. Der Gleichrichter ist etwas flacher, deshalb wird eine Kunststoffscheibe zwischen Platine und Gleichrichter geklebt. Vor Montage ist zwischen Gleichrichter und Frontplatte etwas Wärmeleitpaste zu streichen. Der Gleichrichter wird dann mit der Befestigungsschraube für die Hauptplatine gegen die Frontplatte gepresst. Den Gleichrichter bitte auf beiden Leiterplattenseiten verlöten.

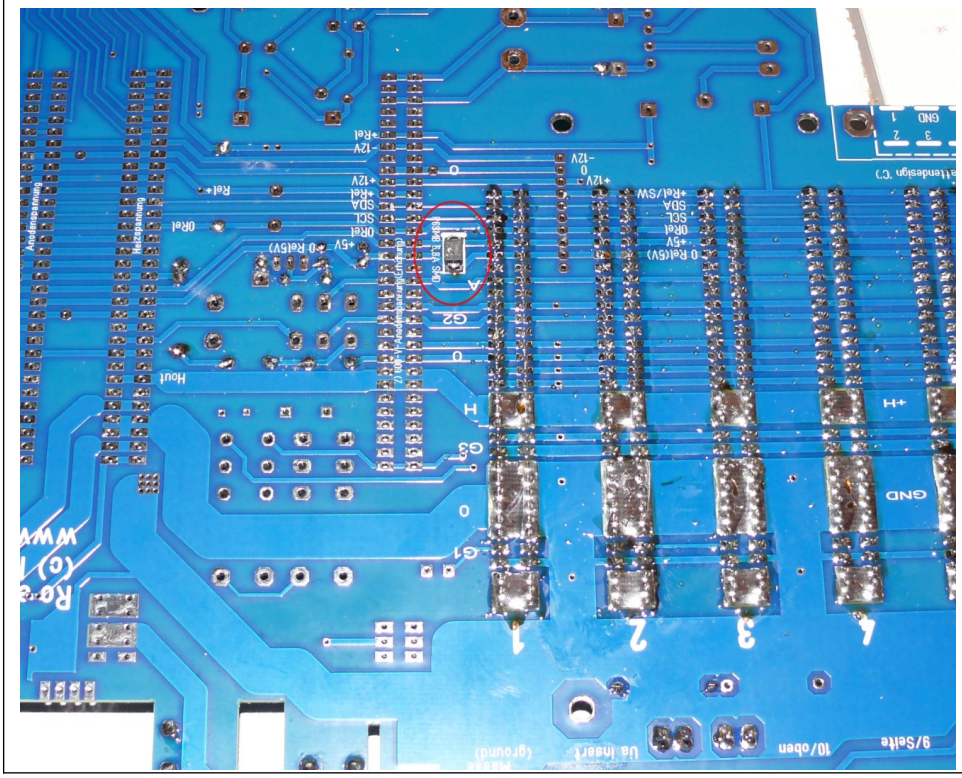




Die Distanzrolle ist nur zum Höhenvergleich auf dem Bild (10mm). An diesem Befestigungsbolzen braucht man natürlich keine Distanzrolle, da ja der Gleichricher (+Beilagen) selbst die Distanz vorgibt.

Unterseite der Hauptplatine:

Dort ist eine TVS-Diode einzulöten. Wegen der kürzeren Zuleitungen wurde ein SMD-Typ gewählt, eine P6SMB 6,8A SMD (www.reichelt.de)



Relais-Platinen

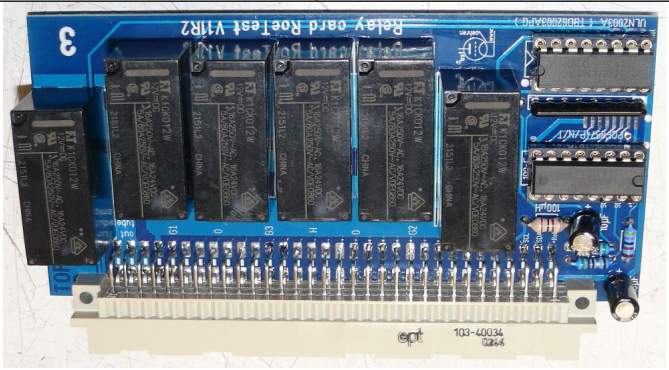
10 x aufzubauen (je Röhrenpin/-Stift eine Karte)

Die I²C - Adressen müssen hardwareseitig programmiert werden. Dies erfolgt durch die **richtige IC-Type** (PCF8574 oder PCF8574A) und durch **Brücken** der Adresspins entweder nach +5V (= 1) oder 0V (=0) nach folgender Tabelle:

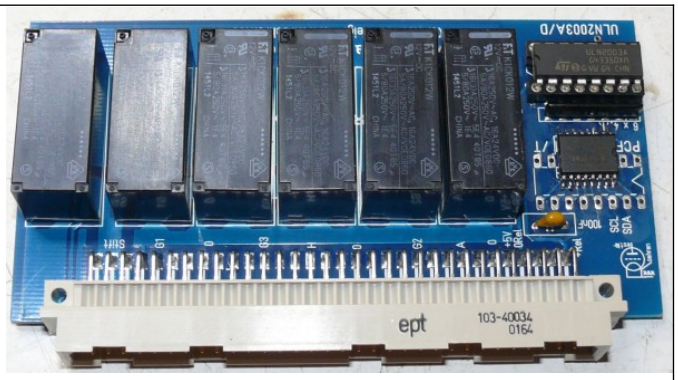
Röhrenpin/ Karte-Nr.	IC-Type	I²C-Adresse	A0 Pin1(IC)	A1 Pin2(IC)	A2 Pin3(IC)
1	PCF8574	64	0	0	0
2	PCF8574	66	1	0	0
3	PCF8574	68	0	1	0
4	PCF8574	70	1	1	0
5	PCF8574	72	0	0	1
6	PCF8574	74	1	0	1
7	PCF8574	76	0	1	1
8	PCF8574	78	1	1	1
9	PCF8574**A**	112	0	0	0
10	PCF8574**A**	114	1	0	0

beim fertigen Platinensatz habe ich die Brücken gleich im Herstellungsprozess gesetzt. Lötbrücken sind hier nicht mehr erforderlich. Bitte darauf achten, dass die richtige IC-Type eingesetzt wird.

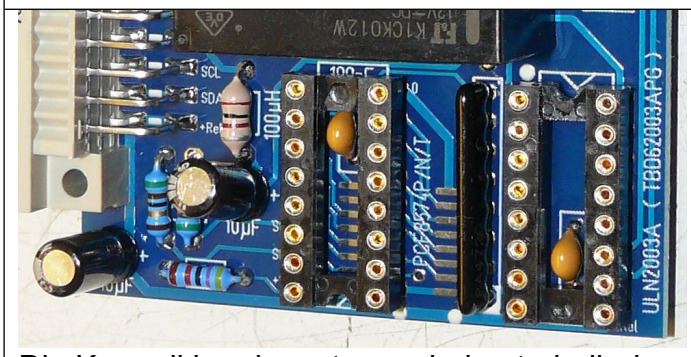
Es ist möglich die Leiterplatten wahlweise mit der SMD-Version (8 x PCF8574T, 2 x PCF8574AT) oder der Dil-Version mit Fassungen (8 x PCF8574N oder P und 2 x PCF8574AN oder AP) zu bestücken.



Dil-Version

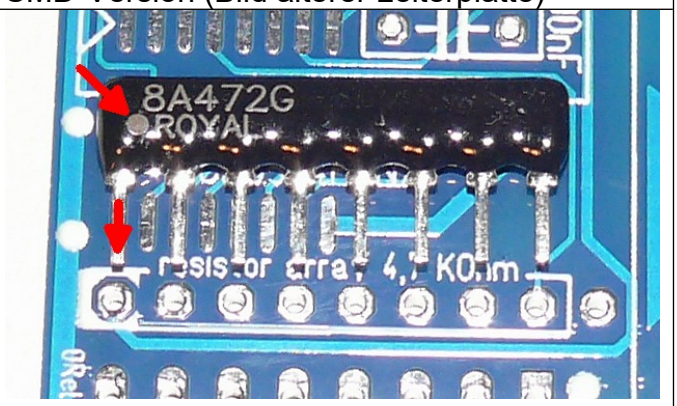


SMD-Version (Bild älterer Leiterplatte)



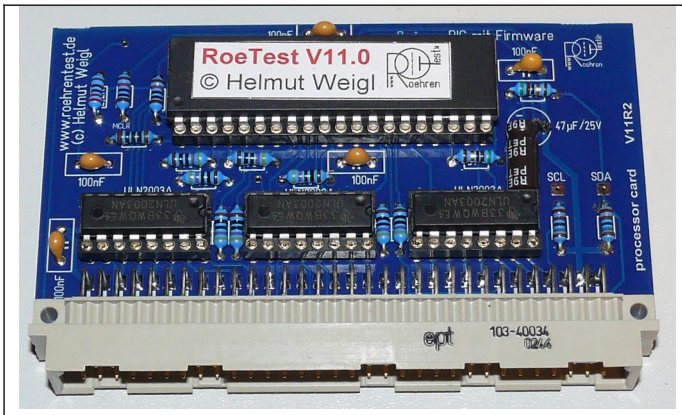
Die Keramikkondensatoren sind unterhalb der IC-Fassungen zu löten.

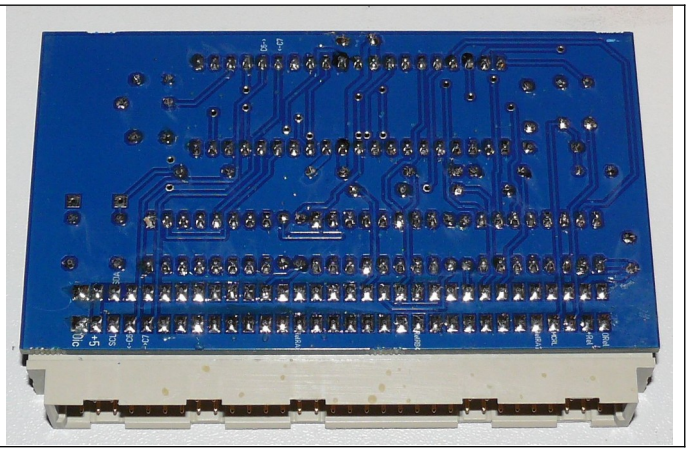
Wird die SMD-Variante des PCF8574 verwendet, empfehle ich, je einen zusätzlichen Keramikkondensator von 100 nF direkt an die Versorgungsspannungsanschlüsse zu löten (nicht in Bauteileliste).



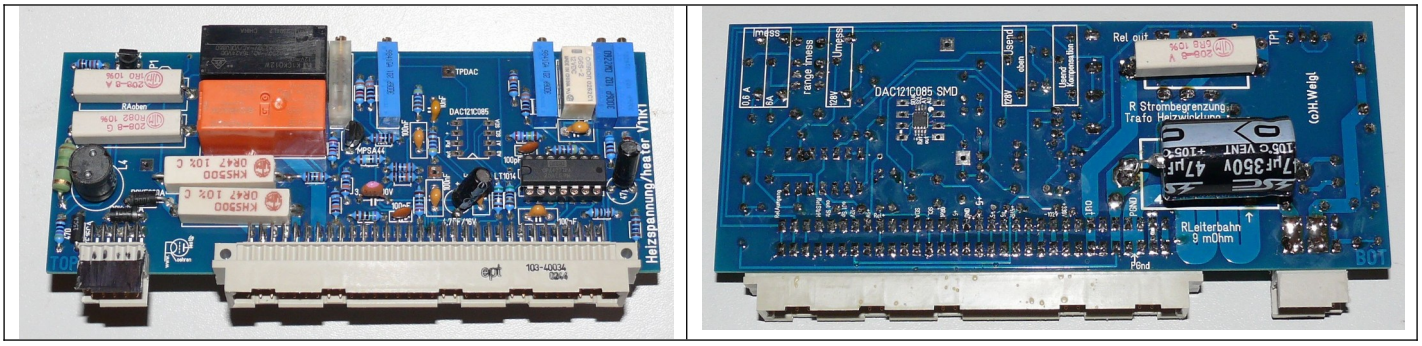
Widerstandsarray in richtige Richtung einbauen! Sollte ein Array mit 7 Widerständen nicht erhältlich sein, kann auch eines mit 6 oder 8 Widerständen eingebaut werden. Das achte Pin ist eh nicht angeschlossen. Das siebente Pin führt zum Interruptausgang welcher eh nicht verwendet wird.

Platine Mikroprozessorsteuerung



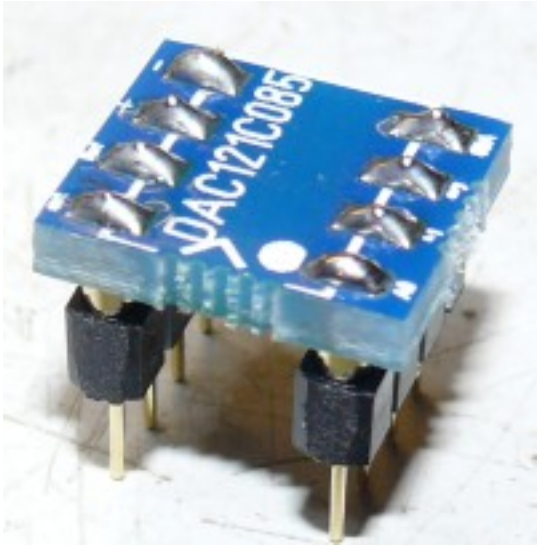


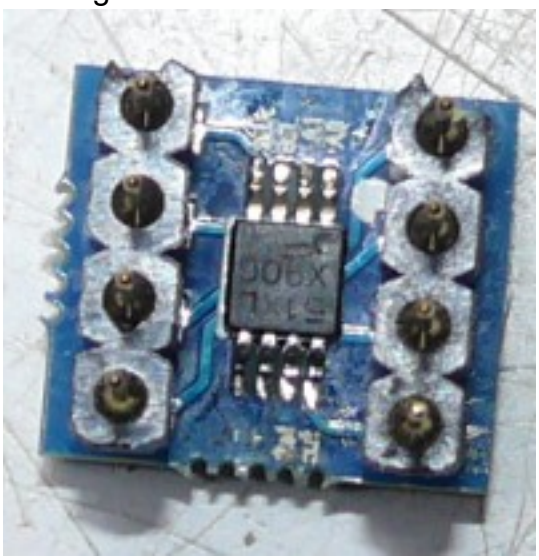
Platine Heizspannung



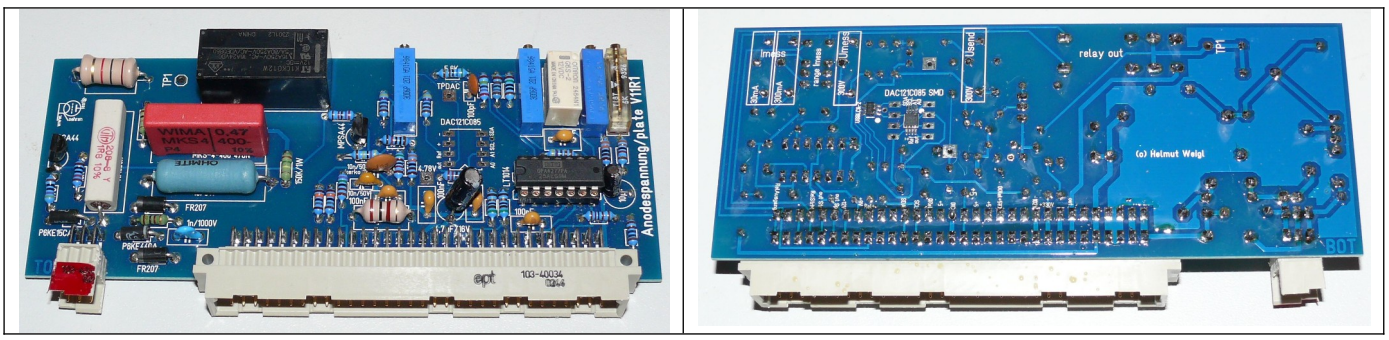
Auf der Platinenunterseite (bottom site) sind folgende Bauteile einzulöten:
6,8-Ohm/5W-Widerstand
47µF/350V Elko
DAC121C085

Hinweis für DAC121C085: Das IC kann entweder direkt auf die Unterseite (bottom) eingelötet werden, oder auf eine kleine **Adapterplatine** und dann in eine IC Fassung auf die Karte gesteckt werden (von oben) – dies gilt für alle Spannungskarten.



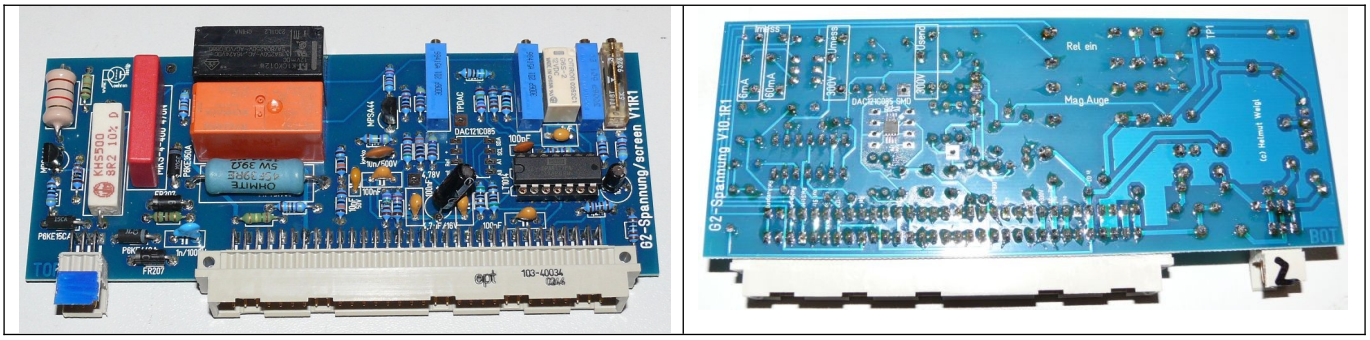


Platine Anodenspannung

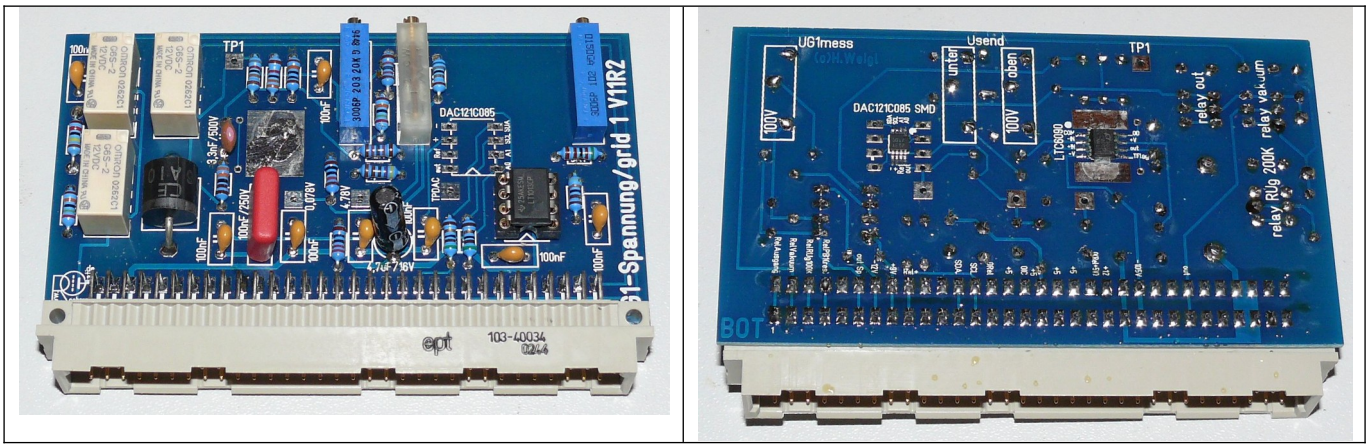


Auf der Platinenunterseite befinden sich der DAC121C085 und ein USBLC6-2SC

Platine G2-Spannung

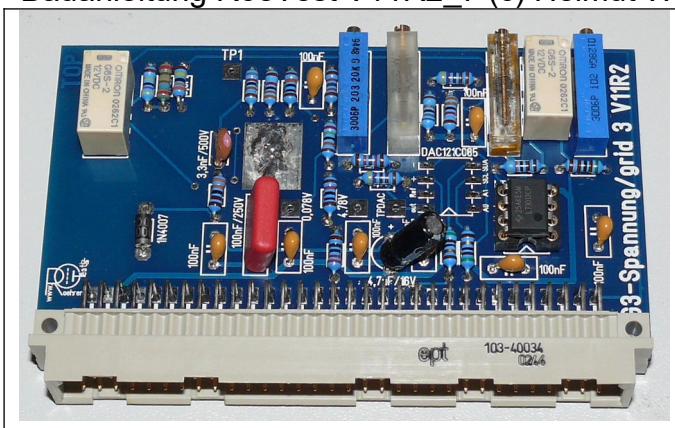


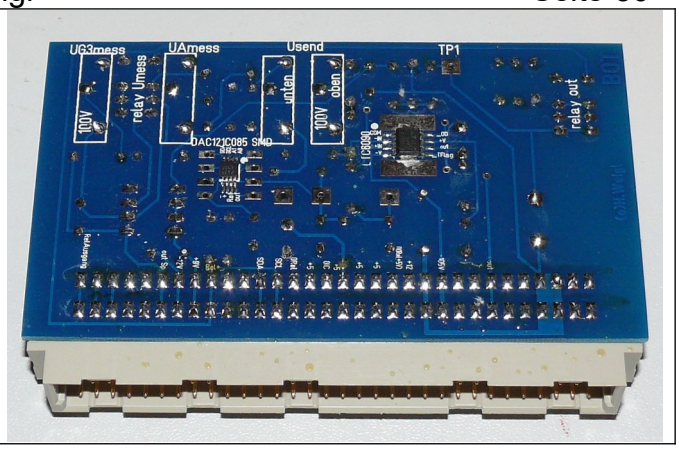
Platine G1-Spannung



Der LTC6090 wird auf die Unterseite(bottom) eingelötet. Das IC hat ein Thermalpad, welches auch gelötet werden muss (siehe Tipp: „Keine Angst vor SMD“) gilt auch für G3-Karte

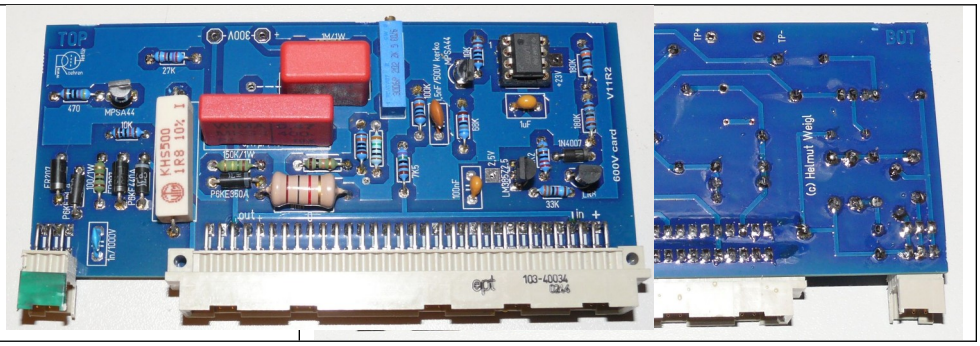
Platine G3-Spannung:





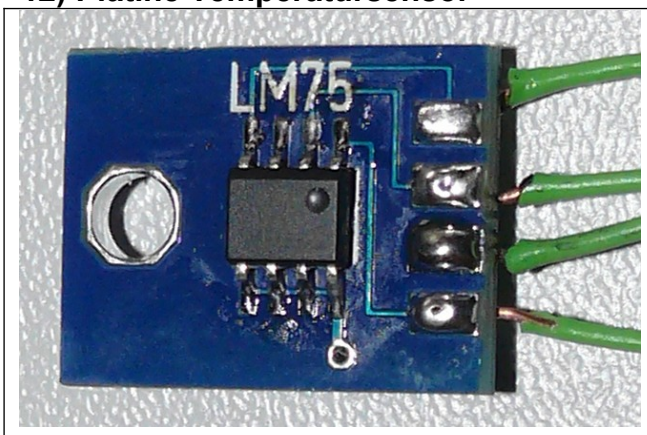
Die G3-Karte ab V6 hat eine zusätzliche Schaltung: Wird keine G3-Spannung verwendet, kann die Karte zur Messung von Spannungen bis 600V eingesetzt werden. Dazu gibt es ein zusätzliches Abgleichpoti auf der Karte. Diese Funktion wird z.B. bei der Prüfung von Glimmstabilisatoren verwendet.

11) Platine 600V-Bereich



Hier bitte unbedingt einen TL061 einsetzen (wegen des geringeren Stromverbrauches; TL081 oder TL071 sind nicht geeignet).

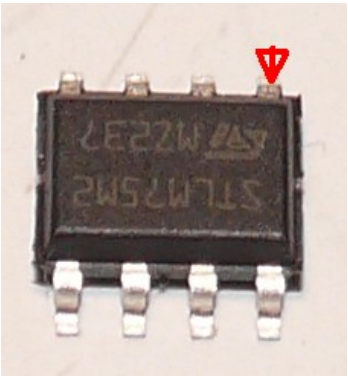
12) Platine Temperatursensor



Die Platine wird so auf den Kühlkörper geschraubt, dass der Temperatursensor diesen berührt Am besten etwas Wärmeleitpaste zwischen Temperatursensor und Kühlkörper streichen. Die Anschlüsse isoliere ich mit Klebeband. Am Schraubloch klebe ich Kunststoffbeilagscheiben fest, so dass sich der richtige Befestigungsabstand ergibt. Die Schraube am Kühlkörper mit Gefühl andrehen, so dass der Temperatursensor nicht beschädigt wird.

LM75:

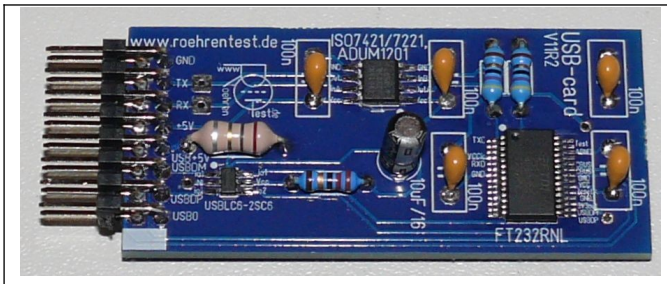
Anstelle eines standard LM75 kann auch ein besserer Temperatursensor wie der STLM75M2F oder der TMP1075DR verwendet werden. Der STLM75M2F hat keine Einkerbung oder Markierung für Pin1. Pin1 ist bei diesem Aufdruck:

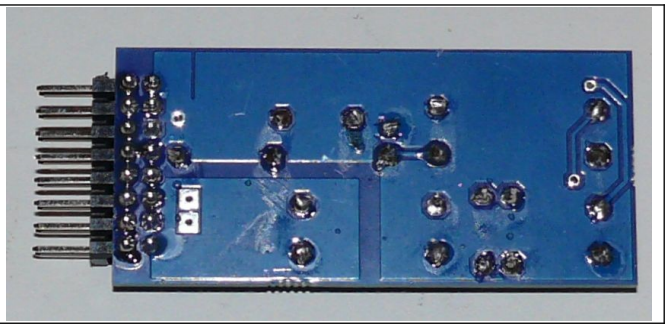


Beim TMP1075 DR ist hier Pin1:

13) USB Schnittstelle

Eine USB-Schnittstelle ist heute die Standardschnittstelle. Notwendig ist unbedingt USB 2.0 (das alte USB1.1 ist zu langsam). Sowohl der PC muss USB 2.0 unterstützen als auch das Betriebssystem (Windows >= XP SP2).



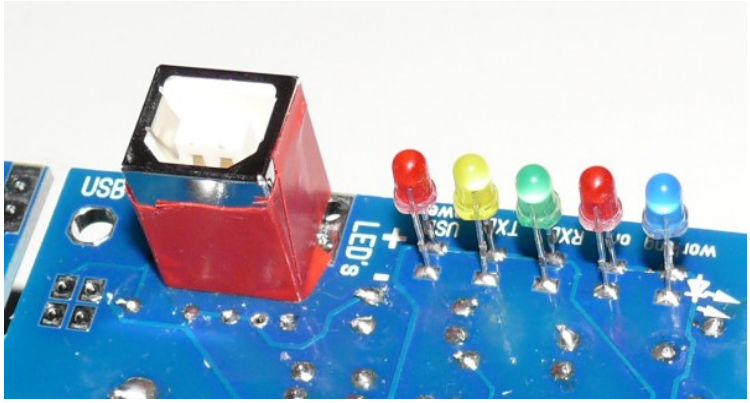


Die USB-Schnittstelle befindet sich **auf der einer separaten Karte, welche auf die Hauptplatine gesteckt wird**

Für das Isolator IC können verschiedene Typen verwendet werden: ISO7221, ISO7421, ADUM1201 u.a.

USB-Buchse und LED’s sind am oberen Rand der Hauptplatine vorgesehen.

Wichtig: Einige Bauteile des USB-Anschlusses (Buchse, LED's) werden auf der **bottom**-site der Hauptplatine bestückt, so dass LED's und USB-Buchse aus der Frontplatte herausstehen. Die Hauptplatine ist in einem Abstand von 10 mm auf der Rückseite der Frontplatte zu befestigen, damit die USB-Buchse auf der Frontseite etwas herausragt..



Das Gehäuse der USB Buchse darf die Frontplatte nicht berühren. Zur Isolierung ist die USB-Buchse mit Isolierband oder Schrumpfschlauch zu umwickeln.

Treiberinstallation für die USB-Schnittstelle -> siehe: USB_card_and_installation_D_EN.pdf

Ganz wichtig: Steckkarten und Hauptplatine unbedingt genau kennzeichnen und auf keinen Fall vertauschen, da das Gerät ansonsten beschädigt wird! Im laufenden Betrieb dürfen keine Steckkarten entfernt oder eingesteckt werden!

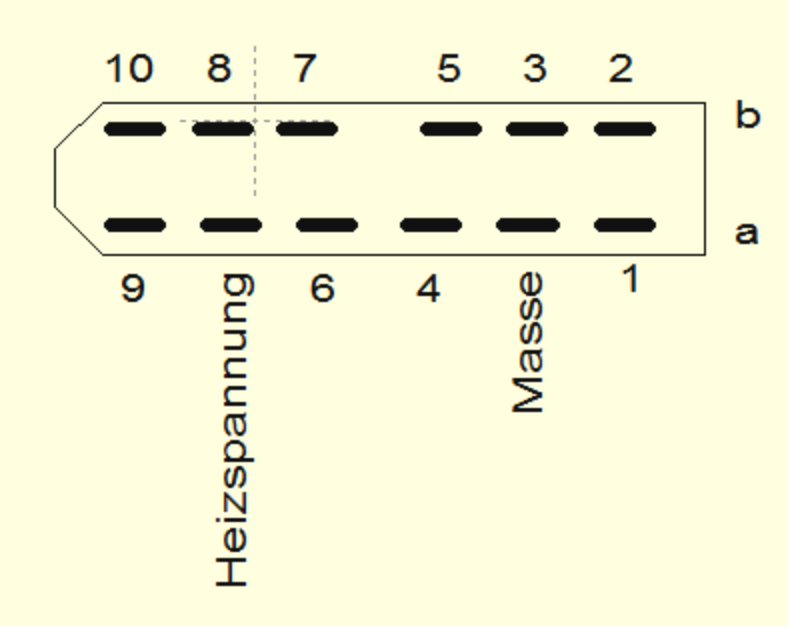
Fassungsboxanschluss - mechanischer Aufbau:

Es wird keine Röhrenfassung ins Gerät eingebaut, sondern ein Fassungsboxanschluss an welchem Fassungsboxen angesteckt werden.

Vorteile:
- Gefahr der Schwingneigung kleiner
- flexible Erweiterung möglich

Empfehlung:
- robuste Steckverbindung wählen
- auf ausreichenden Drahtquerschnitt achten (Heizung)
- auf ausreichende Isolation achten
- **möglichst kurze Verbindungen wählen**
- Dämpfungsglieder aus **Parallelschaltung von HF-Drosseln und Widerständen mit 100 Ohm** am Fassungsboxanschluss (Achtung: Hier hier nur Metallschichtwiderstände verwenden, da induktionsarm!)
- Alle herausstehenden Metall-Schrauben sind mit Masse zu verbinden (Berührungsschutz) oder Kunststoffschrauben verwenden
- Das Optimum: Kleine Fassungsboxen mit jeweils nur einer Röhrenfassung

Verwendet wurde eine 12-polige Steckverbindung (*Reichelt FL B12, DIN41622)*. Neben den 10 Anschlüssen für die Röhrenstifte wurde die Masse und die Heizspannung an der Steckverbindung herausgeführt.

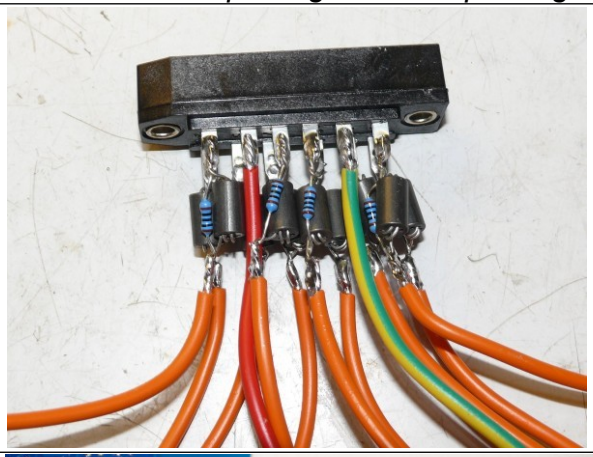


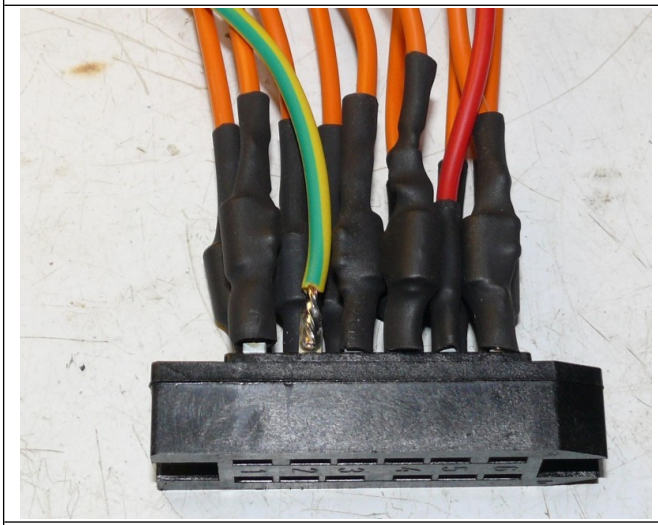
Anschlussbelegung Federleiste (von vorne auf Fassungsboxhalter gesehen) Reichelt FL B12 (DIN41622)

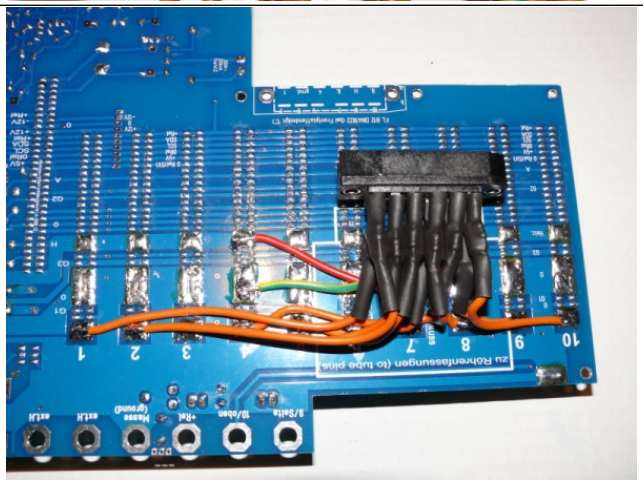
Steckverbindung mit Fassungsboxhalter:

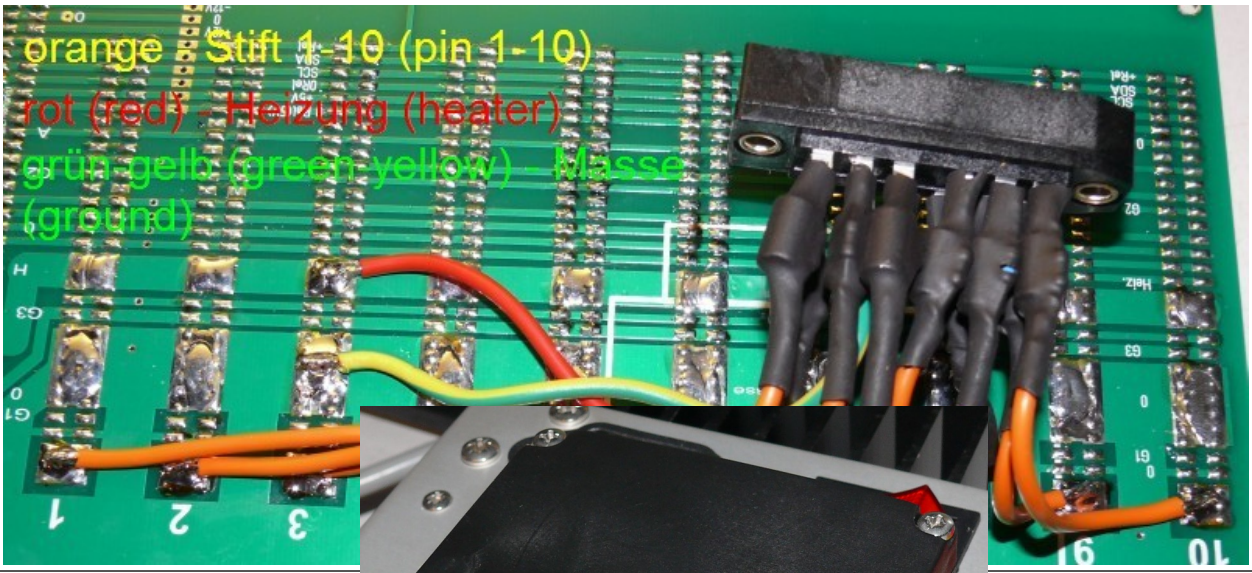
Montage:

Dämpfungsglieder für die 10 Pins. Keine Ferrite für Masse (gelb/grün) und Heizung (rot). Der Steckverbinder wird auf der bottom-site der Hauptplatine in Position gebracht und sämtliche Kabel festgelötet. Der Steckverbinder wird dann durch die Aussparung der Frontplatte gesteckt.





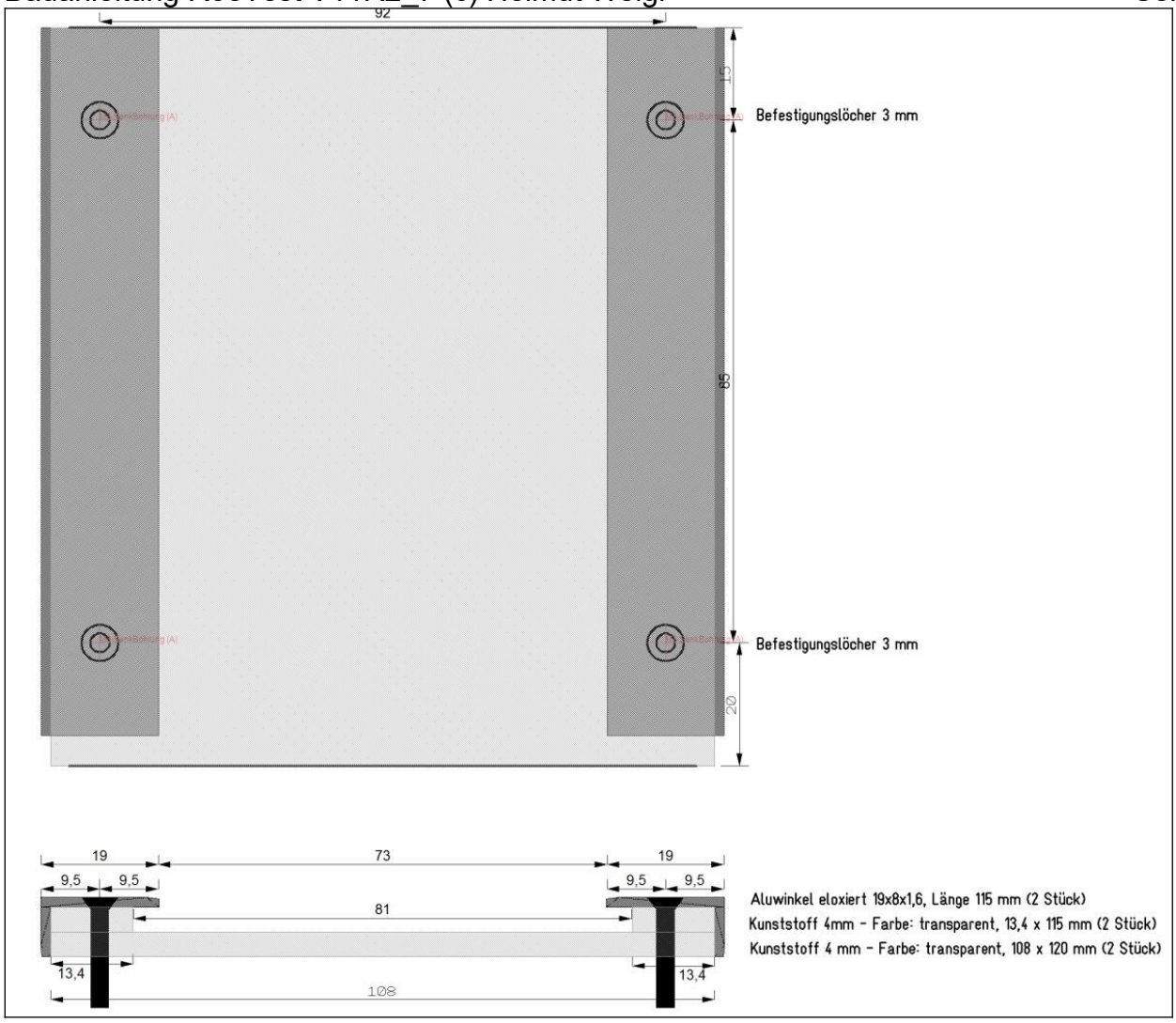




ngsboxanschlusses,
separate Anleitung:

s_socketboxConnecti

Der Fassungsboxhalter besteht aus Plastik (Bastlerglas) und einem Aluwinkel und hat zwei Führungsschienen, in welche die Fassungsboxen geschoben werden können. Darauf achten, dass die Schrauben nicht auf der Rückseite der Frontplatte hervorstehen und den dort anzubringenden Haupttrafo beschädigen können. Die unterhalb des Fassungsboxhalters liegende Schraube zur Befestigung des Haupttrafos ist vor Montage des Fassungsboxhalters einzuschrauben.



Zeichnung Fassungsboxhalter

Einzelteile des Fassungsboxhalters

Fassungsboxen

siehe: Fassungsboxen_socketadapters.pdf

Anodenanschlusskabel

siehe: Kabel_Anodenanschluss_anode_cable_D_EN.pdf

Folgende weitere Anschlüsse werden in der Frontplatte vorgesehen (Laborbuchsen):

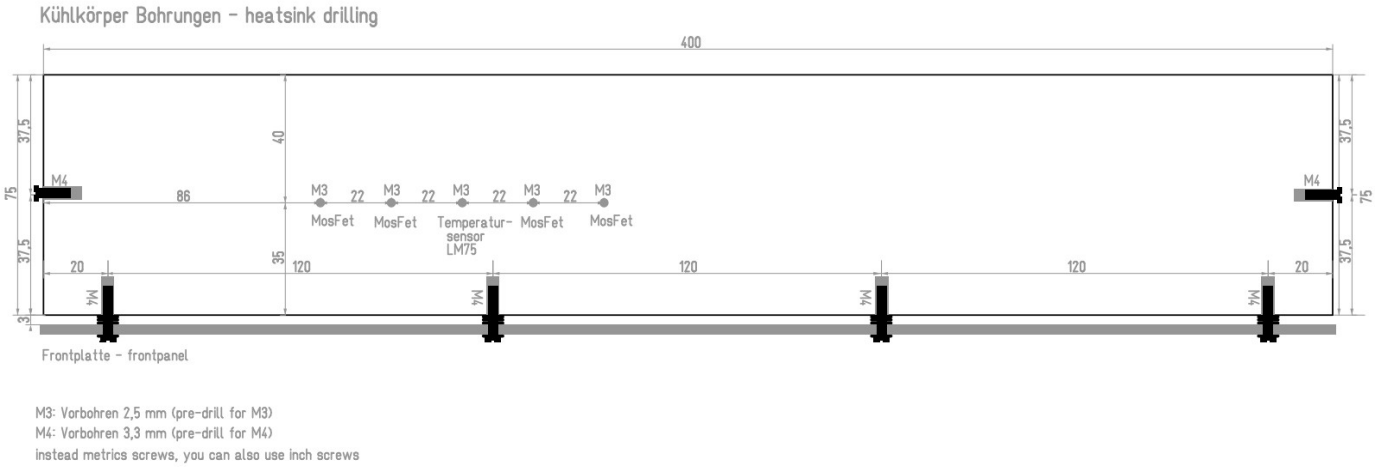
- Stift 9 und 10 (rot, werden für Seiten- und Obenanschlüsse von Röhren und für Prüfung von Glimmstabilisatoren verwendet)
- Masse (schwarz)
- 2 Buchsen (blau) für Insert Anodenspannung zum Anschluss eines externen Ausgangsübertragers (z.B. für Soundtest)

Chasis:

Ein spezielles Chasis ist nicht erforderlich, da alle Teile an der Alu-Frontplatte befestigt werden.

Ich empfehle den von mir vorgeschlagenen Kühlkörper zu verwenden. Dieser hat die passende Kühlleistung und passt mechanisch genau zur Frontplatte. Der SK 479 75 SA (Fischer elektronik) erstreckt sich über die gesamte Gehäuserückseite (40 cm) und hat eine Kühlleistung von besser als 0,5 K/W. Bei Dauerbetrieb und ständiger Messung von großen Leistungsröhren können zusätzliche Lüfter sinnvoll sein. Bitte sehen Sie sich dazu die Datei **Luefter - fan.pdf** an.

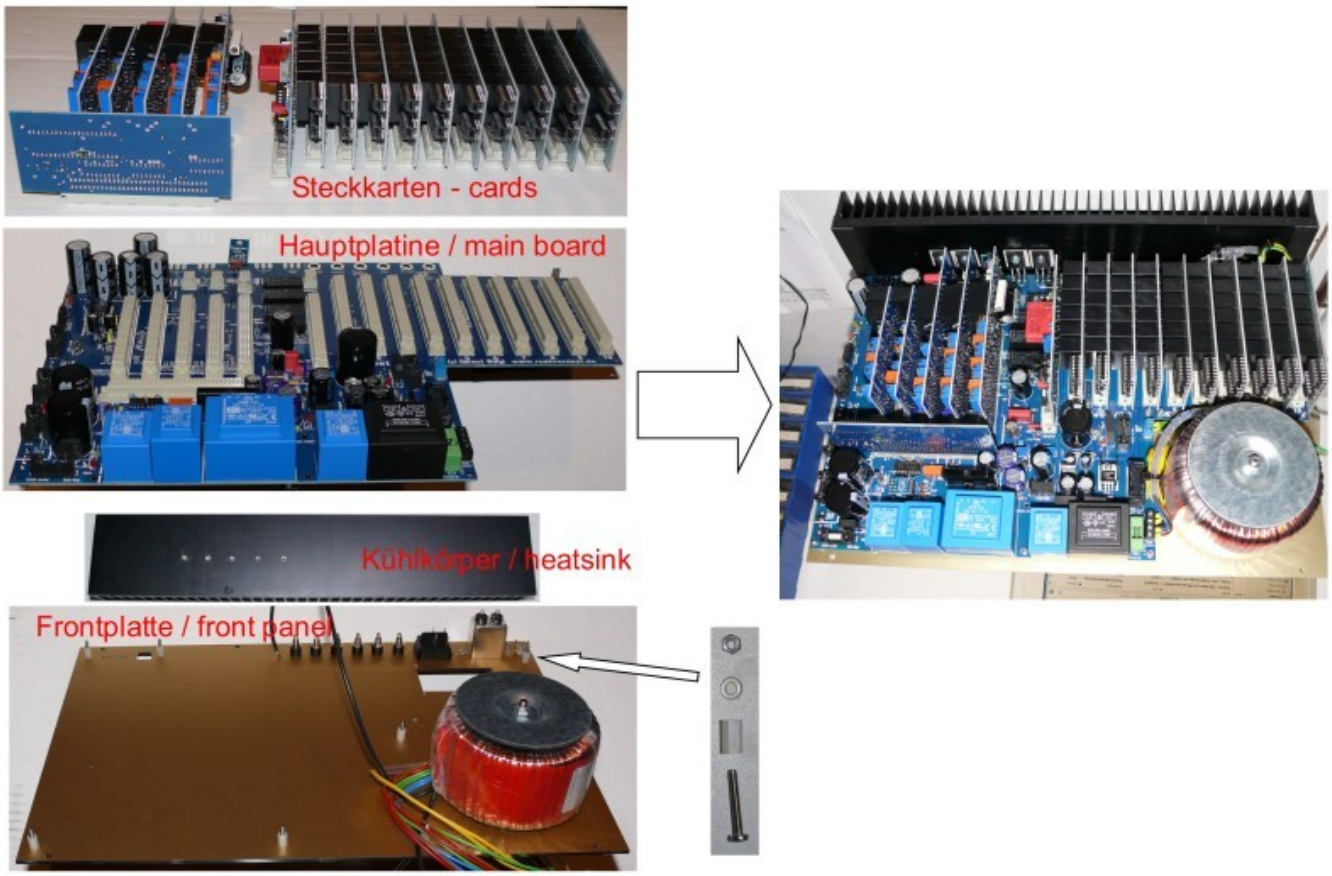
Der von mir gelieferte Kühlkörper ist ungebohrt. Er benötigt Gewindebohrungen für M4 und M3. Werden die von mir vorgeschlagene Frontplatte und Gehäuse verwendet, kann die nachstehende Bohrzeichnung verwendet werden:



Der Bohrplan ist auch als pdf-Datei auf der CD-Rom (nicht Maßstabsgerecht).

Zusammenbau:

Frontplatte
+ Kühlkörper
+ Hauptplatine
+ Steckkarten



Hinweise: Die Bilder zeigen noch die alten Trafos und ältere Leiterplatten. Der neue Haupttrafo mit Restlochverguss benötigt keine Gummi- und Metallscheiben mehr. Die Printtrafos entfallen und sind in neueren Versionen durch einen weiteren Ringkerntrafo ersetzt (genannt „Hilfstrafo).

Die Alu-Frontplatte, mit der kompletten Elektronik, kann in ein passendes Tischgehäuse, oder einen Alu-Koffer eingesetzt werden.

Obige Vorgehensweise ist lediglich ein Vorschlag. Selbstverständlich kann die Hauptplatine auch anders in ein Gehäuse oder Chassis eingebaut werden. Auf meiner Internetseite befinden sich zahlreiche Abbildungen verschiedener Nachbauer, welche unterschiedliche Aufbauweisen und Gehäusevarianten gewählt haben.

Das Gehäuse soll grundsätzlich aus Metall bestehen (Schirmung, Erdung) und sollte folgende Eigenschaften haben:

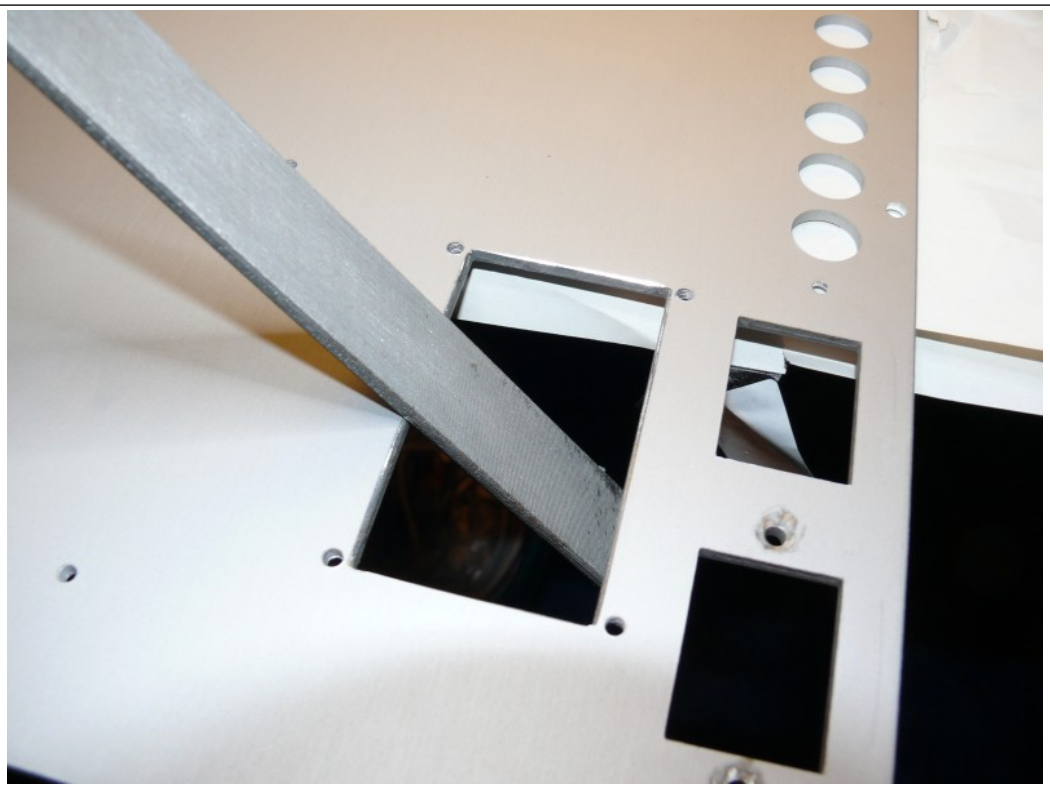
Gute Belüftung (Wärme darf sich nicht im Gehäuse stauen!)
alle nach außen geführten Metallteile müssen geerdet sein!

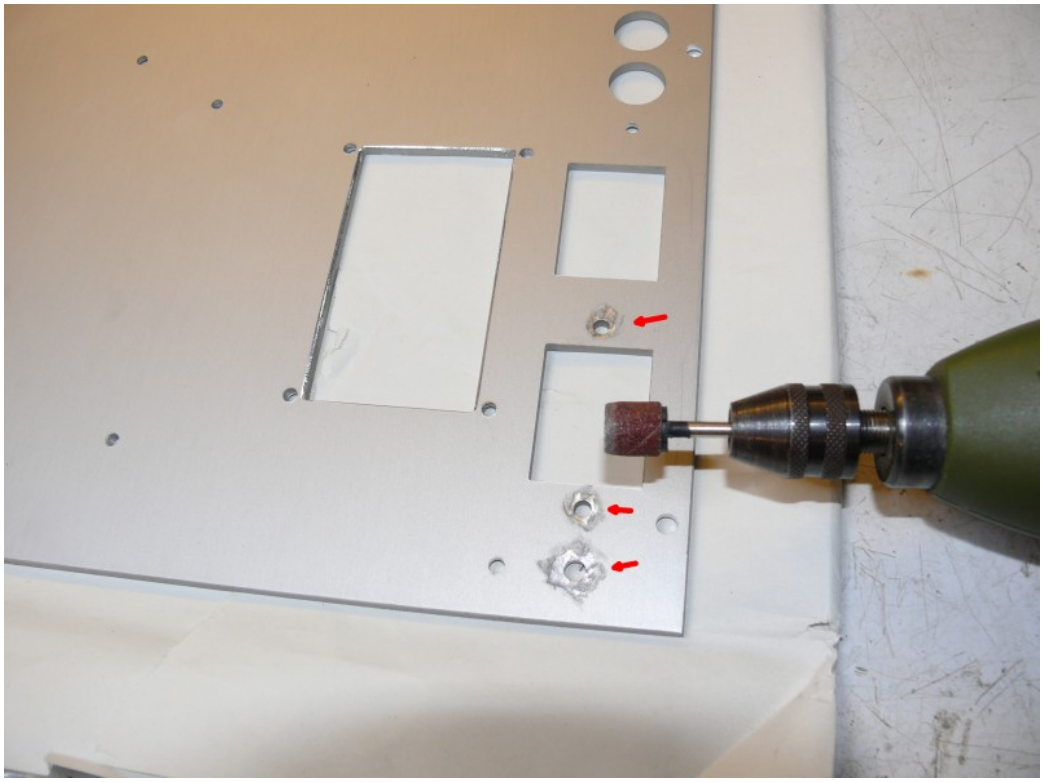
Frontplatte und Gehäuse sind zu erden, genauso wie der zentrale Masseanschluss auf der Hauptplatine.

Auf sonstige Sicherungsmaßnahmen, z.B. Berührungsschutz (entsprechend den Vorschriften eines jeden Landes) ist zu achten.

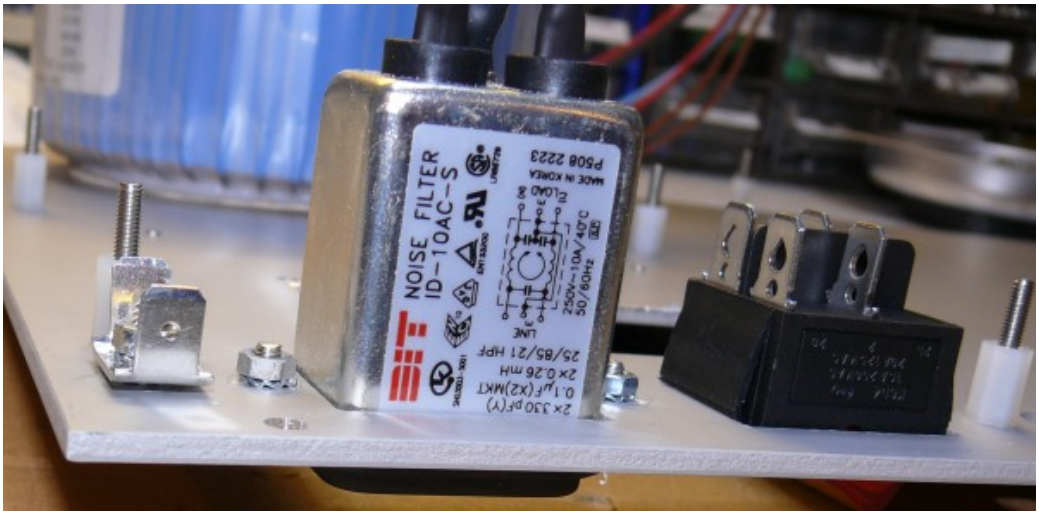
Mein Musteraufbau des RoeTest:

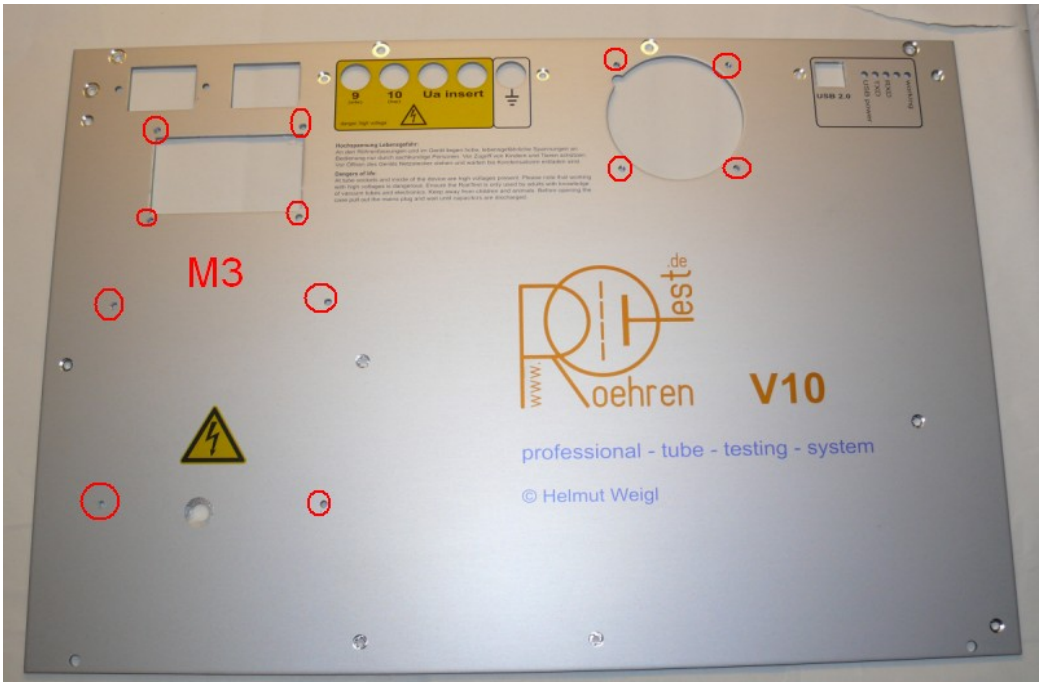
Nachstehend einige Fotos von meinem Aufbau des RoeTest

	Frontplatte professionelle Qualität, nach meinen Vorgaben gefertigt von führendem deutschen Hersteller, 3 mm Alu, Untereloxaldruck (wisch- und kratzfest, öl- und Verdünner-beständig), auch Kanten eloxiert, Durchbrüche und Bohrungen passgenau Frontplattendesign „A“
	Die Rückseite des Durchbruchs für den Fassungs-boxanschluss sollte mit der Feile etwas abgerundet werden, damit die Kabel nicht durchscheuern.

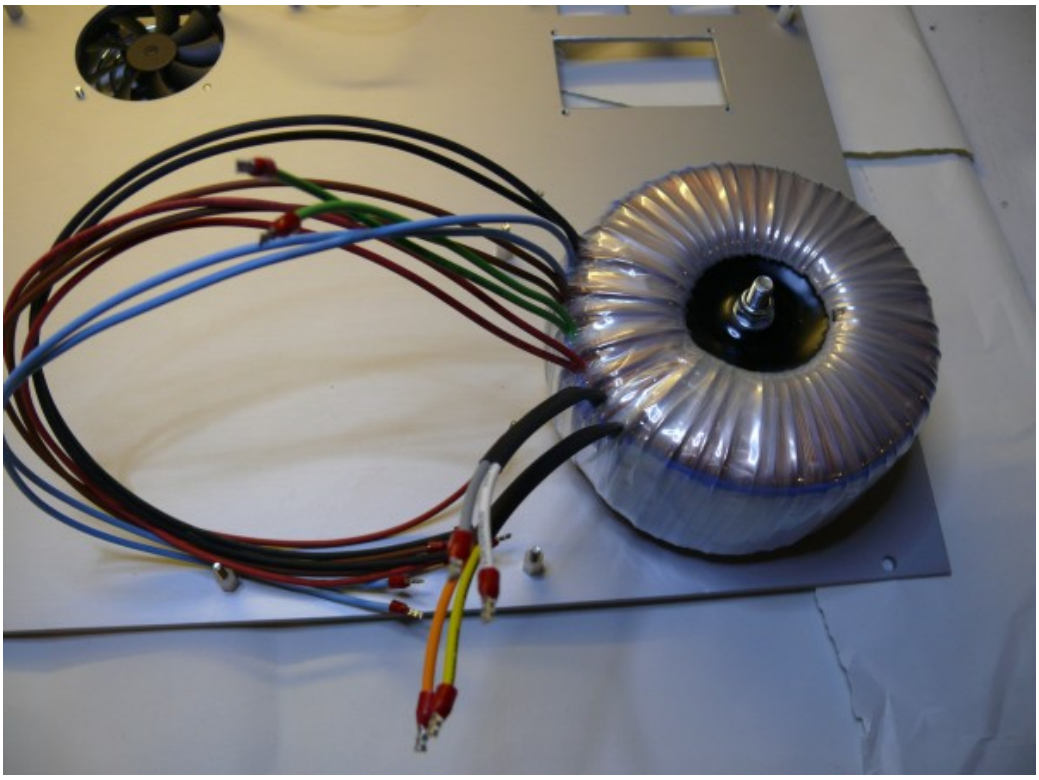


Alle Schrauben müssen guten elektrischen Kontakt mit der Frontplatte haben. Zu diesem Zwecke ist die Eloxal-schicht auf der Rückseite an den markierten Stellen abzuschleifen.



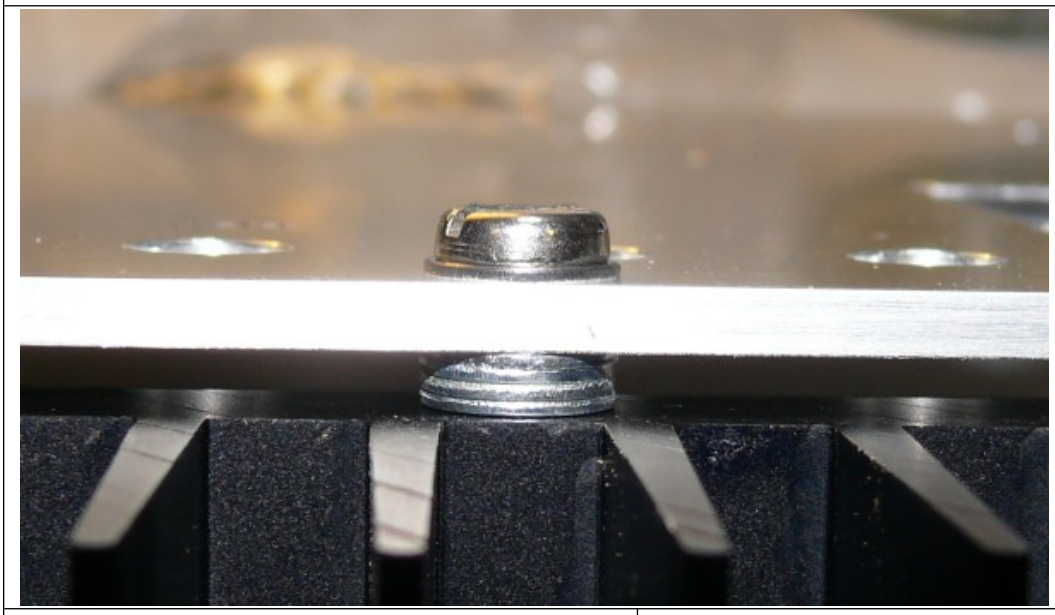


Auch die M3-Gewindebohrungen müssen vom Eloxal befreit werden, damit die Schrauben elektrischen Kontakt mit der Frontplatte (Erde) haben. Dazu die Gewinde mit einem Gewindebohrer ein paar Umdrehungen nachschneiden.



Rückseite mit M3 x 20mm Edelmetall-schrauben und M3 x 10mm Distanzbolzen

Frontplattenlüfter mit Kabeldurchführung

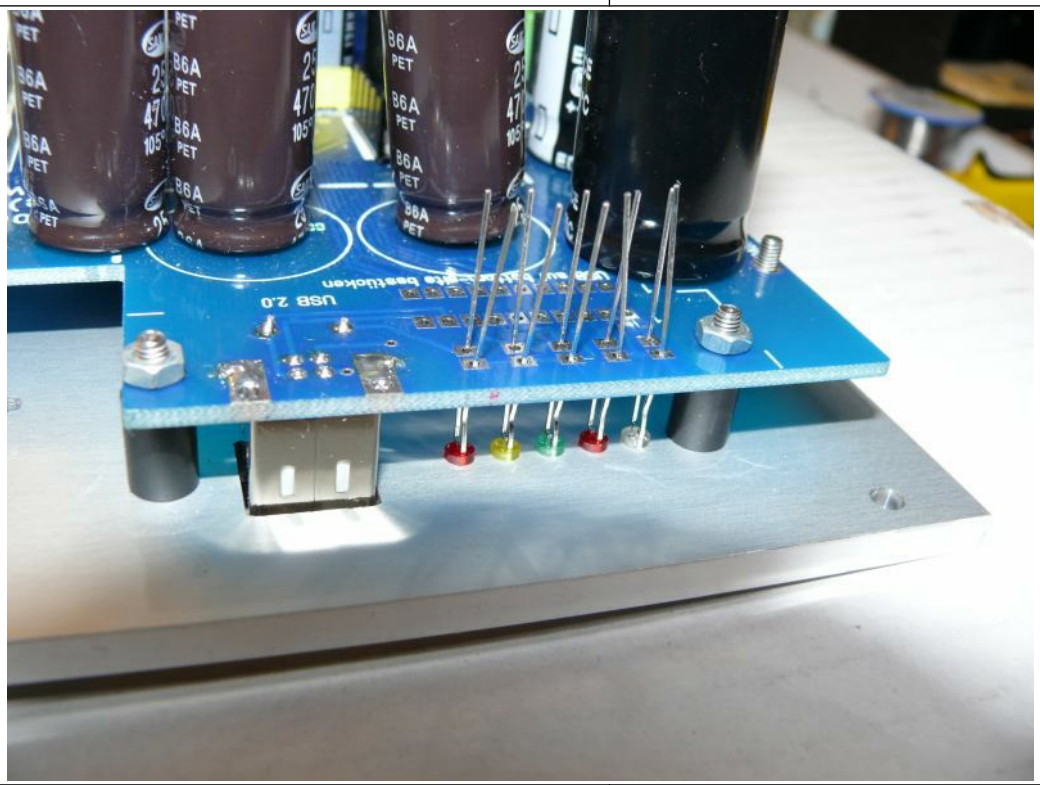


Befestigung Kühlkörper an Frontplatte mit 4 Schrauben M4x16.

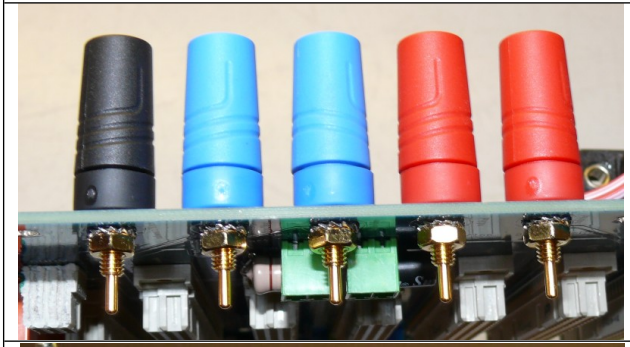
4 Beilagscheiben pro Schraube ergeben einen Lüftungsschlitz zwischen Frontplatte und Kühlkörper. Der Kühlkörper erhält M4 Gewinde-bohrungen.

Befestigung der Hauptplatine an der Frontplatte:

Ich empfehle M3 Edelstahl-schrauben, 20 mm lang und Distanzrollen mit M3 Innengewinde , 10 mm lang (= stabiler und preiswerter als eingepresste Bolzen):.



Die LED’s werden erst am Schluss eingelötet, und dazu die Hauptplatine mit den Abstandsbolzen vorübergehend an die Frontplatte geschraubt. So sind die LED's auf einfache Weise im richtigen Abstand zu montieren (LED kurzer Anschluss = minus).
USB-Buchse und LED’s auf der bottom site (unten) bestücken!



Montage der Sicherheits-Laborbuchsen:
So werden die Buchsen in die Hauptplatine geschraubt. Zahnscheiben verwenden.

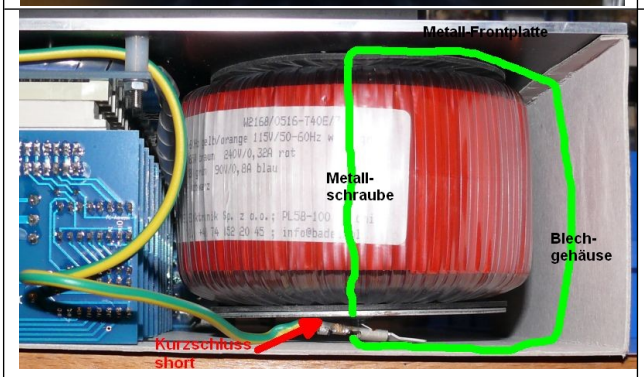
Der Haupt-Ringkerntrafo ist wie folgt an der Frontplatte zu befestigen:

Senkkopfschraube M6 x 80

Bitte darauf achten, dass im Bereich des Trafos keine Schrauben durch die Frontplatte hervorstehen, welche die Trafowicklung beschädigen könnten (Fassungsboxhalter). Eventuelle Schrauben vorher kürzen.

- Trafo auflegen
- Beilagscheibe und Sicherungsmutter aufschrauben.

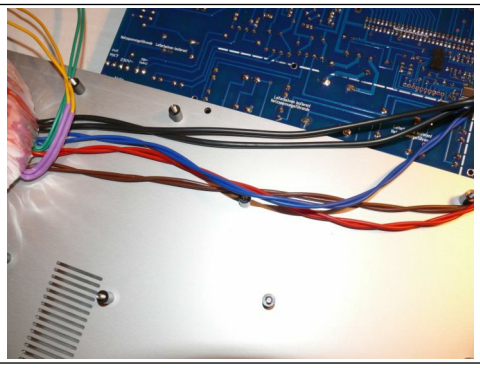
Achtung: Die Sicherungsmutter vorsichtig mit Gefühl nur so weit andrehen, dass der Trafo sicher hält. Nicht zu fest anziehen, damit die Trafowindungen nicht beschädigt werden!



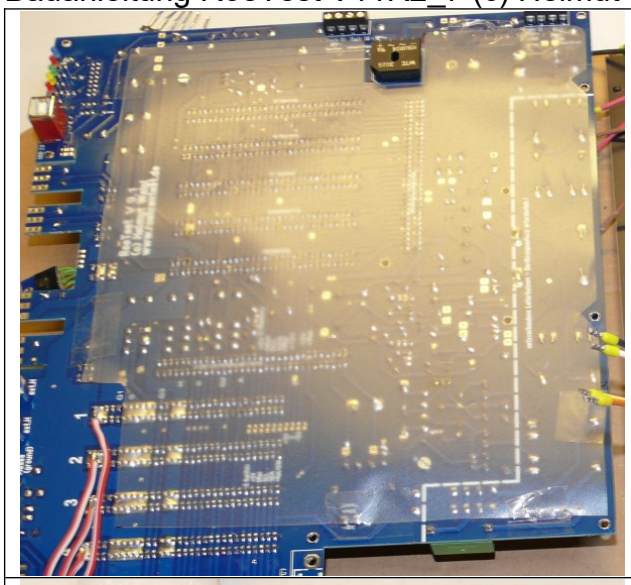
Fehlermöglichkeit:

Die Befestigungsschraube des Trafos darf Gehäuseteile oder die Masse nicht berühren. Dadurch würde eine kurzgeschlossene Trafowicklung entstehen über welche ein großer Strom fließen kann.

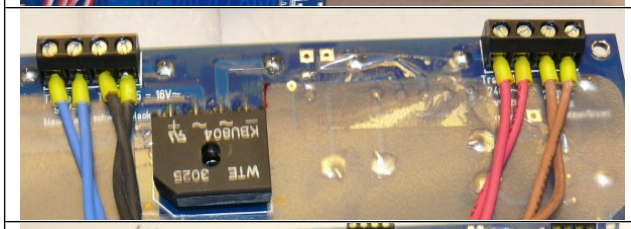
Ich hatte selbst folgendes Problem: Das Blechgehäuse erdete ich über einen 6,3 mm Flachstecker, welcher sich genau unter dem Ringkerntrafo befand. Der Stecker berührte die Befestigungsschraube des Trafos. Es entstand eine **kurzgeschlossene, sehr niederohmige Trafowicklung**. **Der Trafo wurde bereits im Leerlauf sehr heiß.**



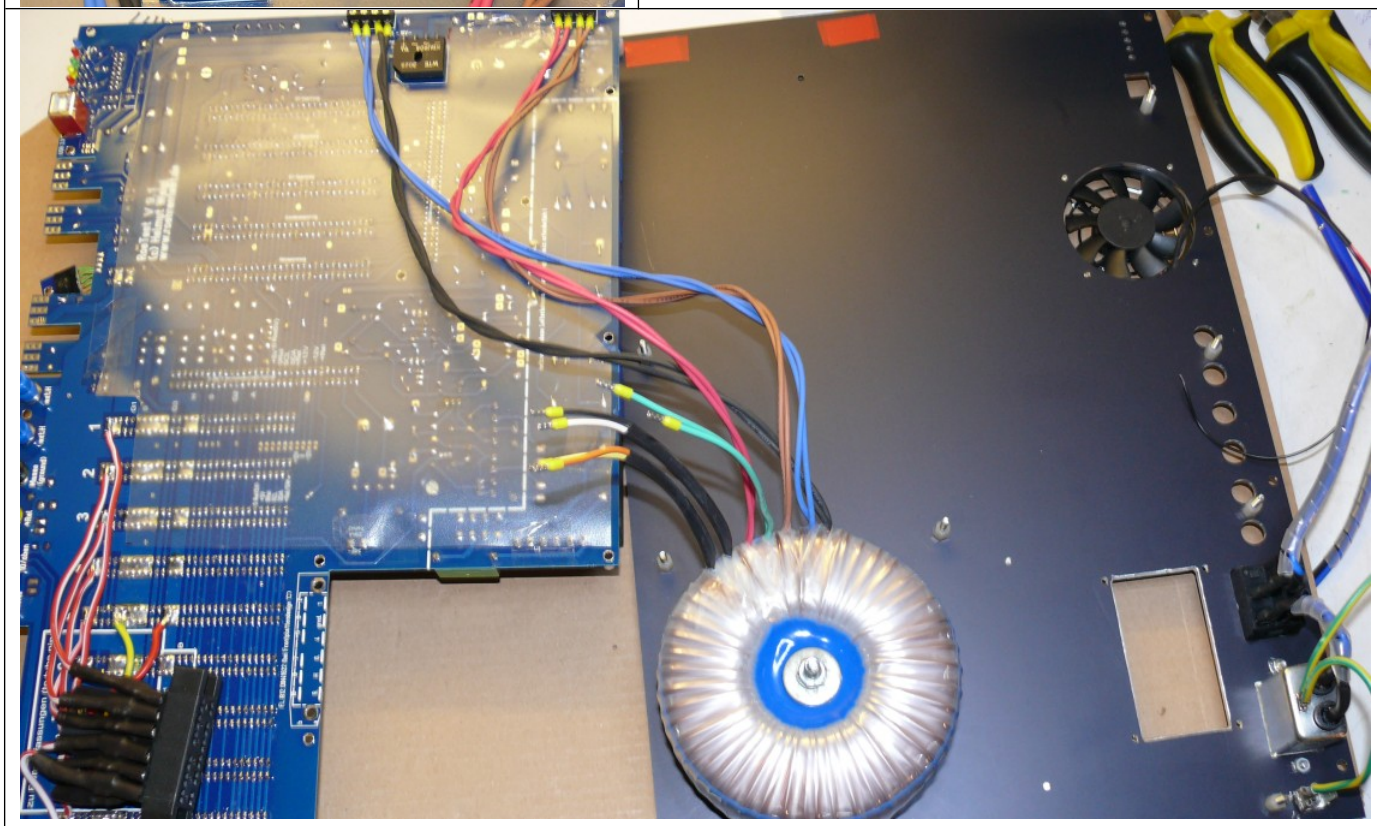
Haupttrafo Trafoanschlüsse zur Hauptplatine:
Die Leitungen werden zwischen Frontplatte und Hauptplatine geführt. Es kann nichts schaden, die Leitungen zu verdrillen um ein eventuelles Streufeld zu minimieren.



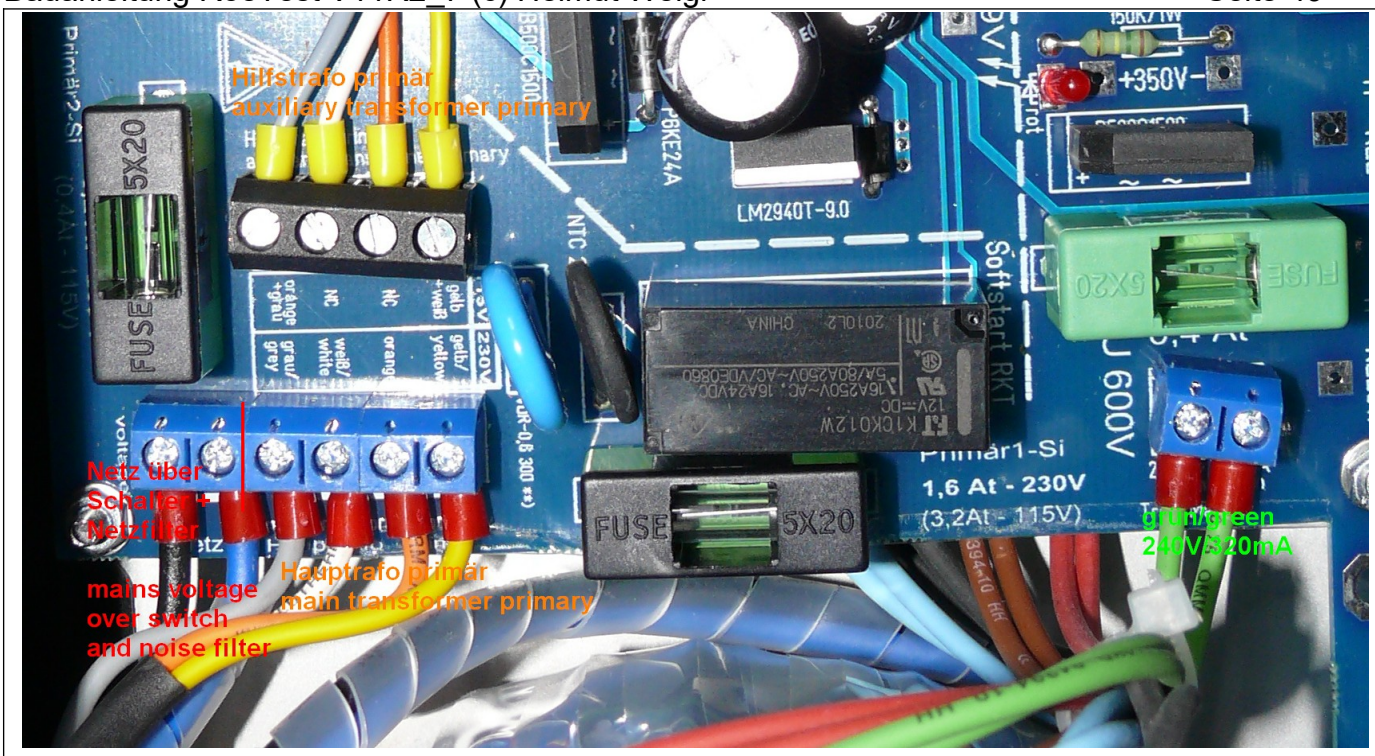
Zum Schutz der unter der Hauptplatine verlegten Kabel wird auf die Unterseite der Hauptplatine mit Klebeband eine dicke Plastikfolie geklebt.



Für die unterhalb der Hauptplatine verlegten Trafoanschlüsse habe ich die Anschlussklemmen auf der **bottom** site (unten) der Hauptplatine eingelötet.



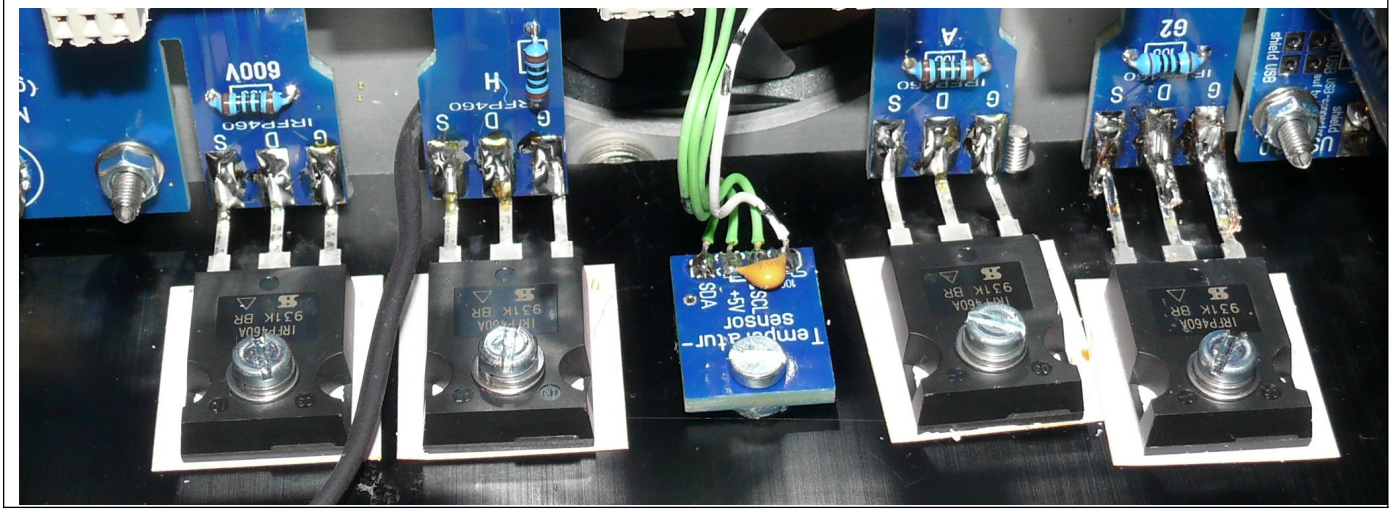
Damit es bei den auf der bottom site eingelöteten Anschlussklemmen keine Kurzschlüsse oder Spannungsüberschläge zur Frontplatte gibt, habe ich noch eine Isolierung mit Klebeband angebracht (**rot**).



Die in der Nähe des Ringkerntrafos gelegenen Hauptplatinenanschlüsse habe ich auf der **top**-site (oben) eingebaut. Das Kabel für den Netzanschluss habe ich wieder unterhalb der Hauptplatine verlegt. Ich habe dafür ein zweipoliges Netzanschlusskabel verwendet.

Die MosFet's werden unmittelbar an die Hauptplatine gelötet. Damit hat man kürzeste Verbindungen.

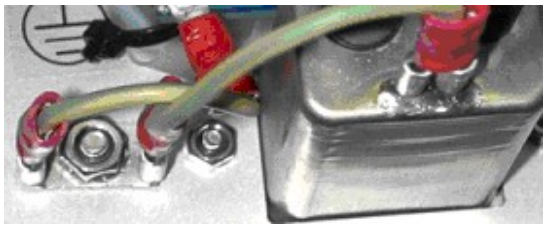
Befestigung der MosFets am Kühlkörper



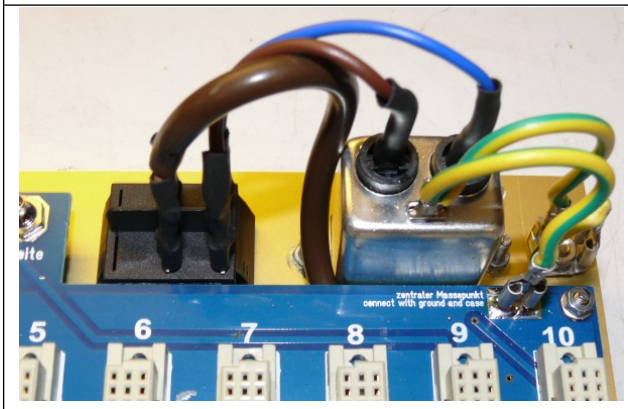
Die Mosfet's sind isoliert auf dem Kühlkörper zu befestigen. Dazu empfehle ich Kapton Isolierfolie mit nur 0,15 K/W Wärmewiderstand (KAP218). Isolierfolie mit schlechteren Eigenschaften ist ungeeignet, da die MOSFet's überhitzen könnten, bevor die Wärme an den Kühlkörper abgeleitet wird. Diese Isolierfolien haben eine Spezialbeschichtung, welche bei Erwärmung schmilzt. Eine Wärmeleitpaste darf nicht verwendet werden, da diese die guten Eigenschaften der Isolierfolie verschlechtern würde.

Die Befestigung der MosFets am Kühlkörper erfolgt mit Schrauben M3 x 16 mm, Sprengring und Beilagscheibe. Die Schrauben gefühlvoll andrehen um den MosFet nicht zu beschädigen.

Die Anschlussbeine sind abzuwinkeln und werden von oben auf die Lötaugen gelötet. So kann man die MosFets später auch ohne Ausbau der Hauptplatine leicht auswechseln.



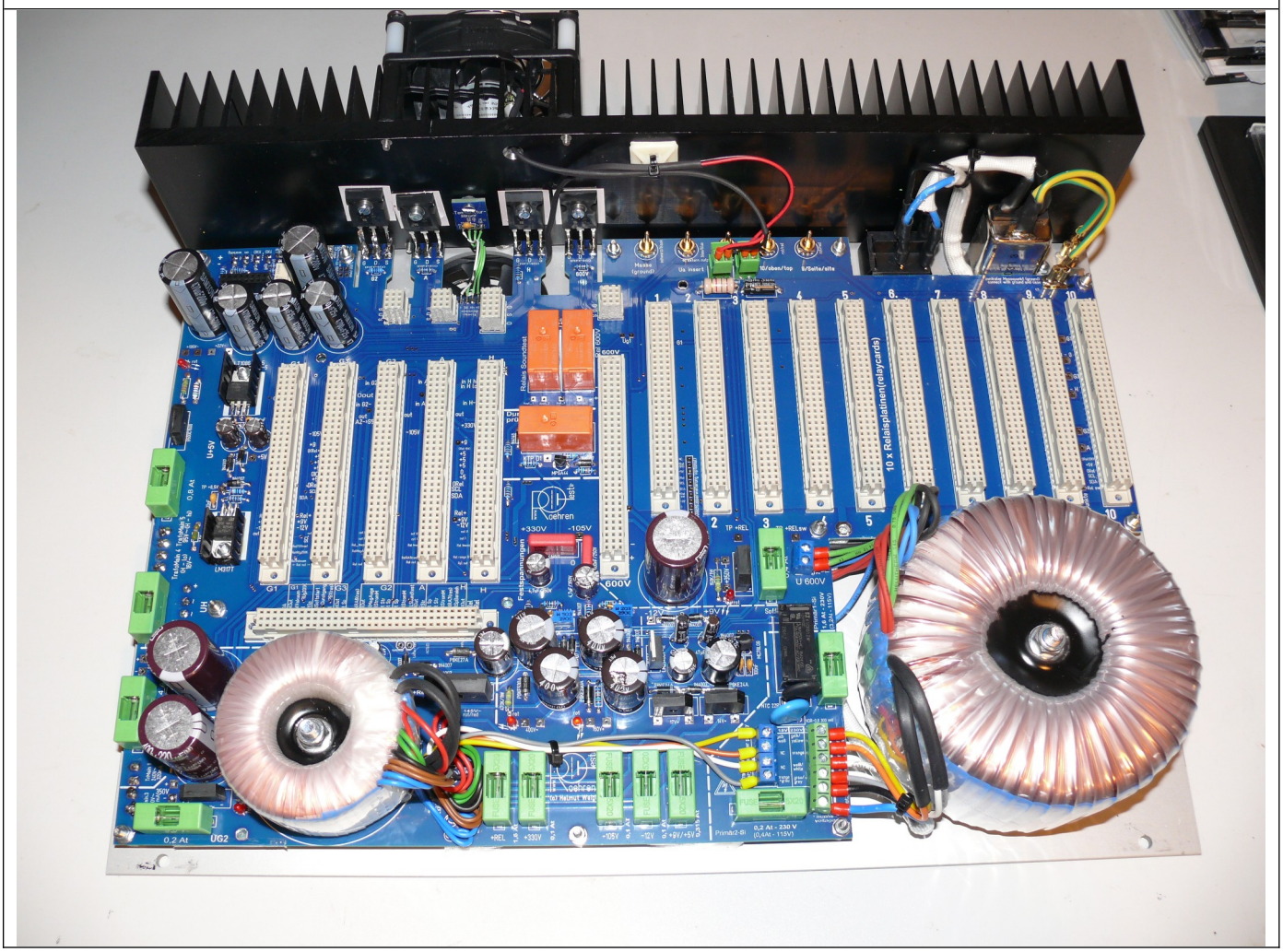
Erdung: **Gehäuse, Frontplatte** und der **zentrale Masseanschluss der Hauptplatine,** sind mit dem **Schutzleiter/Erde** zu verbinden. Aus Sicherheitsgründen ist die Erdverbindung mit separaten Leitungen anzuschließen**. Für die Kontaktierung des Schutzleiters an der Frontplatte muss eine separate Schraube verwendet werden.**

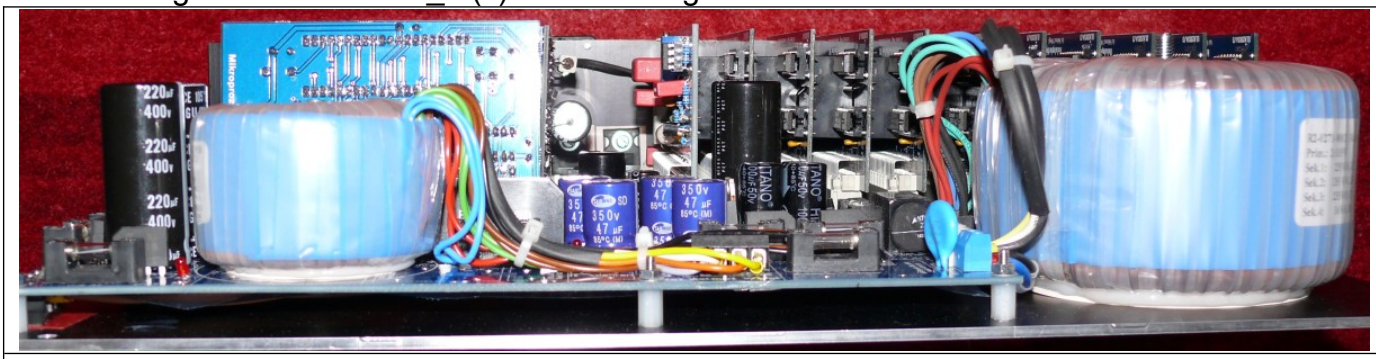


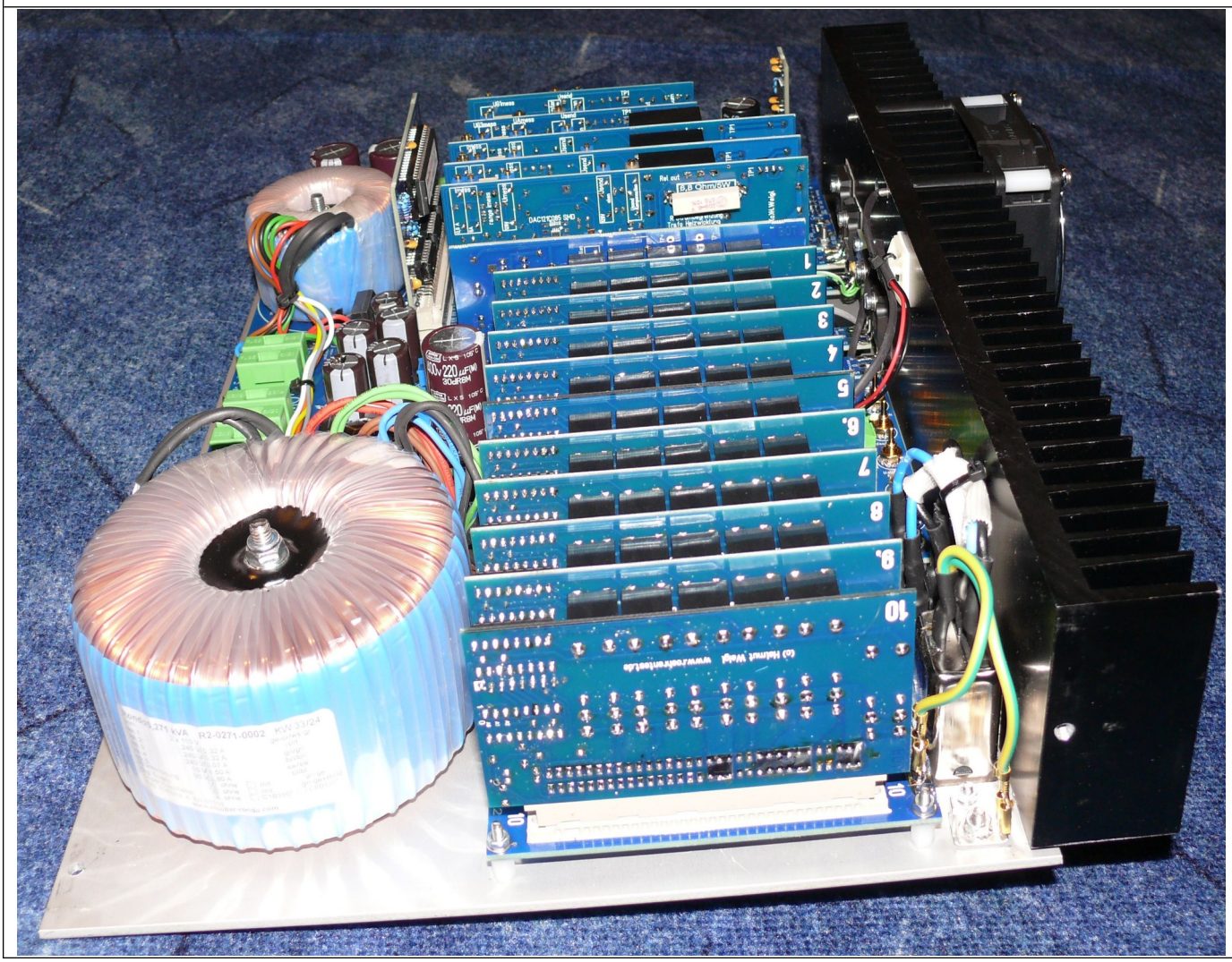
Die Hauptplatine sieht einen 6,3mm Flachsteckverbinder für den Schutzleiter/Erd-Anschluss vor.

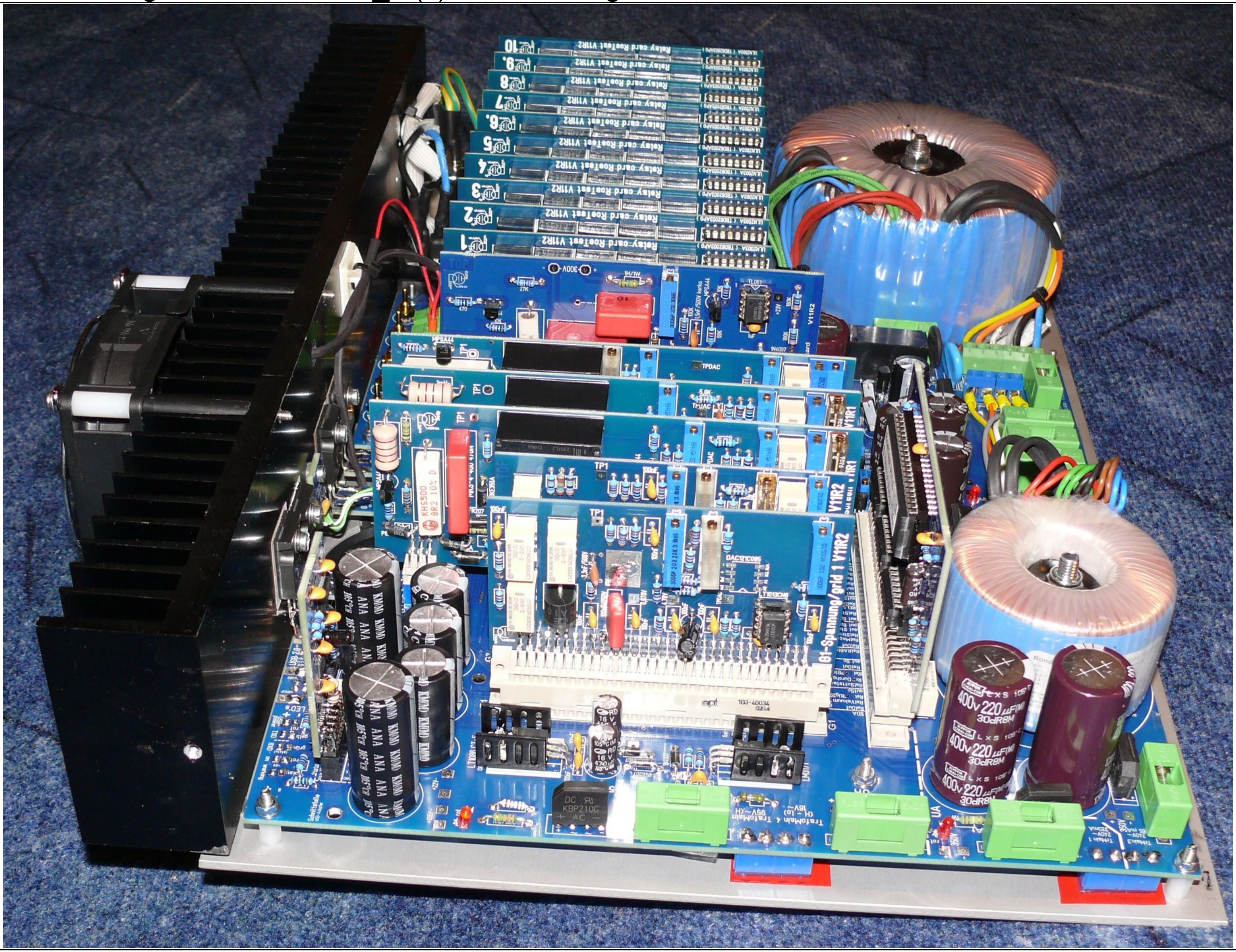
Ein Netzfilter (anstelle einer nur Kaltgerätebuchse) kann nicht schaden.

Ua insert
USB 2.0
Oktal
www.roehrentest.de
Settings:
RoeTest V11
www.Roehren Test.de
V11
professional - tube - testing - system
© Helmut Weigl


10 x Relaisplatinen(relaycards)
600V
U 600V





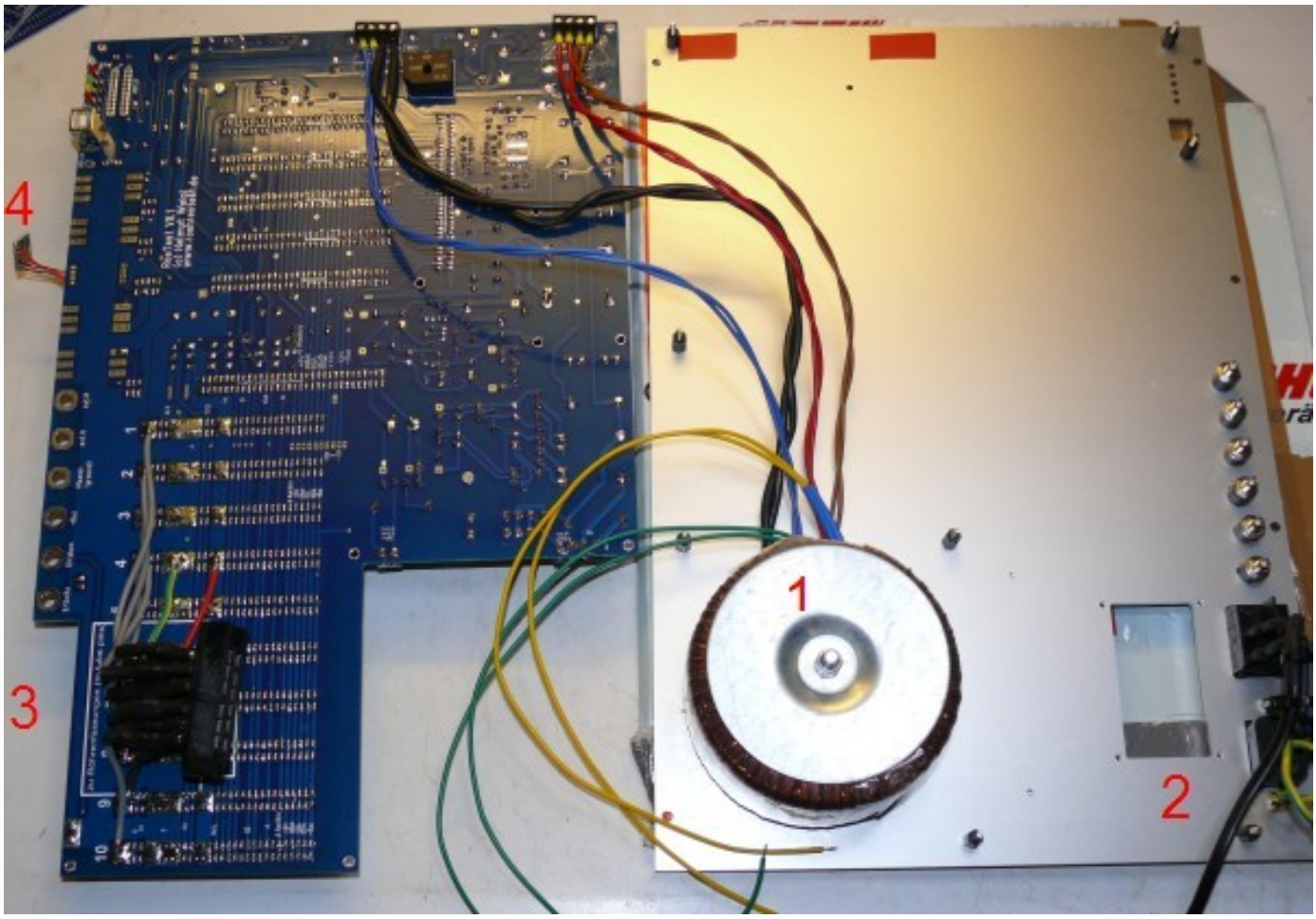


Die fertige Einheit kann man dann in ein passendes Gehäuse einsetzen, z.B. ein Stahlblech-Tischgehäuse:

Verdrahtung:

Die Restverdrahtung ist schnell erledigt. Auf gute Isolation und ausreichende Querschnitte der Leitungen ist zu achten.

1. Von Netzfilter über Netzschalter zur
2. Haupttrafo an Hauptplatine anklemmen (Anschlussdrähte verdrillen)
3. Kabel von der Hauptplatine zum Fassungsboxanschluss (Litze 1,5 mm²). Die Kabel sind auf der bottom site der Hauptplatine anzulöten. Am **Fassungsboxanschluss** habe ich Dämpfungsglieder für die 10 Röhrenstiftzuführungen eingebaut. Diese bestehen aus einer Ferrit-HF-Drossel mit parallelem Widerstand 100 Ohm (hier nur induktionsarme Schichtwiderstände verwenden). Die Dämpfungsglieder werden mit Schrumpfschlauch isoliert.
4. Leiterplatte Temperatursensor
5. Erdanschluss von Netzanschlussbuchse zur Frontplatte. Die Verbindung zur Frontplatte muss mit einer separaten Schraube erfolgen. Bitte auch die Eloxalschicht an dieser Stelle abkratzen.
6. Erdanschluss zur Hauptplatine (6,3 mm Flachstecker)
7. Erdanschluss alle Metallteile des Gehäuses



(Hinweise: Altes Foto, der aktuelle Haupttrafo ist ohne Blechscheibe zu befestigen!)

Achtung – kurze Leitungen:

Alle Leitungen (zum Fassungsboxanschluss, zu den MosFet's) sind so kurz als möglich auszuführen. Je länger die Leitungen, desto größer ist die Gefahr, dass Probleme mit Schwingneigung bei bestimmten Röhren bestehen.

In meinen Geräten sind es nur wenige cm von der Rückseite der Hauptplatine zum Fassungsboxanschluß. Die MosFet's sind direkt an die Hauptplatine angelötet. Auch innerhalb der Fassungsbox ergeben sich kürzeste Leitungsführungen (wenn nur eine Fassung pro Fassungsbox eingebaut wird). Mit dieser Aufbauweise habe ich selbst bei sehr steilen Röhren keine Schwingprobleme.

Sicherungstabelle:

In meinem Gerät habe ich folgende Sicherungswerte (alle träge) verwendet:

Primär 1 (Haupttrafo)	1,6 A (bei 230V Netzspannung)	3,2A (bei 115V Netzspannung)
Primär 2 (Hilfstrafo - nur bei Ringkern)	0,2 A (bei 230V Netzspannung)	0,4A (bei 115V Netzspannung)
sekundär:		
Heizung niedriger Spannungsbereich	6,3 A	
Heizung hoher Spannungsbereich	0,8 A	
Anodenstrom	0,4 A	
Spannungserhöhung 600 V	0,4 A	
G2-Strom	0,2 A	
Relais	1,6 A	
+9V/+6,5V/+5V	0,315 A	
-12V	0,1 A	
+330V	0,1 A	
-100V	0,1 A	

Alle Sicherungen befinden sich auf der Hauptplatine.

Auf der Hauptplatine befindet sich ein VDR mit 300V. Wenn Sie das Gerät für eine Netzspannung von 115V bauen sollten Sie einen Typ mit niedriger Spannung (ca. 170V) einsetzen (z.B. Epcos EPC B72214-S17),

Inbetriebnahme:

Bitte vor Inbetriebnahme nochmals alles auf korrekte Verdrahtung prüfen.

Es empfiehlt sich, die Teilschaltungen einzeln in Betrieb zu nehmen und zu testen.
Wichtig: Alle Änderungen bei ausgeschaltetem und vom Netz getrennten Gerät vornehmen (Elkos müssen entladen sein - warten oder entladen)! Auch die Steckkarten dürfen nur bei ausgeschaltetem Gerät und entladenen Kondensatoren entfernt oder eingesteckt werden!

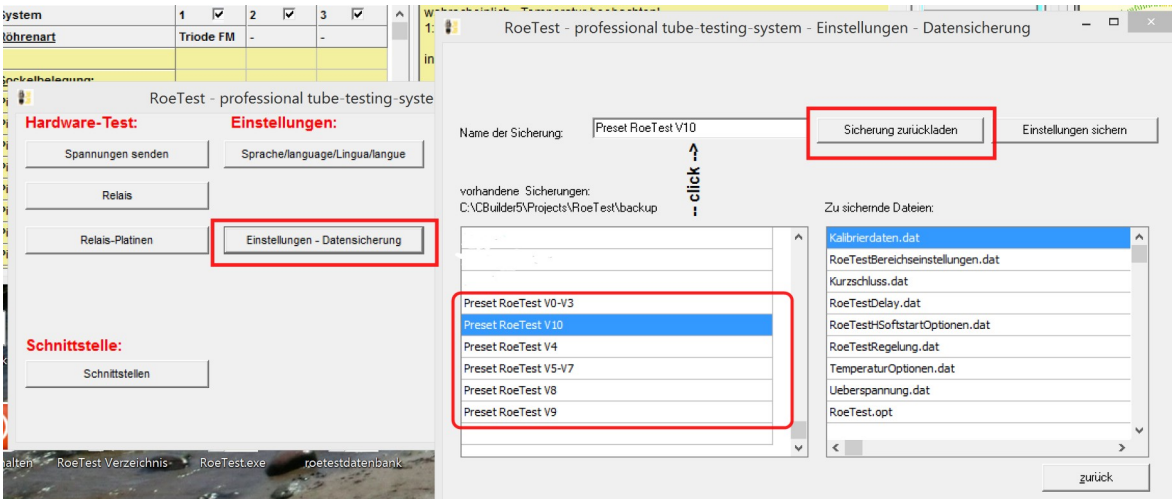
Folgende Vorgehensweise schlage ich vor:

- Die Netzteile der Reihe nach einzeln testen und Spannungen messen (ohne Steckkarten). Insbesondere prüfen, ob die Leerlaufspannungen nicht zu hoch sind (Spannungsfestigkeit der Ladeelkos bei den hohen Spannungen)
- zuerst messen +9, +6,5V, +5V, -12-Volt, +12V Relaisspannung, -105V mit Poti einstellen +330V mit Poti einstellen
- Dann Sekundärsicherungen für Heiz-, Anoden- und G2-Spannung einsetzen und die Spannungen messen (Lötstifte auf Hauptplatine vorsehen - hier können die Elkos bei Bedarf auch entladen werden). Leerlaufspannungen A/G2 und 600V - je ca. 360V.
- für nachstehende Tests die Anoden, G2, Heizspannung abklemmen (Sekundärsicherungen entfernen)
- Mikrocontrolerplatine einsetzen, 5V-Netzspannung und Relaisspannung muss vorhanden sein. Nach dem Einschalten muss die Vorsicht-/Betrieb-LED mehrmals blinken (zeigt, dass Pic startet). Die PC-Software muss jetzt bereits mit dem Pic kommunizieren können (vorher natürlich Treiber installieren, sowie RoeTest mit PC über USB-Kabel verbinden - siehe Bedienungsanleitung). Der Pic sollte reagieren wenn ein Befehl gesendet wird (z.B. Kurzschlusstest - Vorsicht/Betrieb-LED muss reagieren).
- +5V und Relaisspannung ein, PC-Software->Optionen->Durchgangsprüfer-Relais testen
- Relais-Platinen einstecken (incl. PCF8574(A)), Mit PC-Software->Optionen->Pin-Relais-Testen (eine Platine nach der anderen)
- Alle anderen Karten einstecken und Relais testen (PC-Software)
- DAC121C085 auf den Spannungsplatinen (H, A, G1, G2, G3) testen. Mit PC-Software->Optionen->Spannungen senden ansteuern. Mit Schiebereglern der PC-Software müssen am Ausgang der DAC121C085 Spannungen von 0-4,7 V einstellbar sein.
- testen ob die Ausgangsspannungen G1 und G3 funktionieren/regelbar sind (PC-Software, Multimeter an Testpunkte 1 auf den Karten - Hinweis: Abgleich muss noch erfolgen)
- erst jetzt die Anoden, G2- und Heizspannung wieder anklemmen und testen, ob die Ausgangsspannungen der Platinen A, G2, Heizung funktionieren (eine Karte nach der anderen)
- Zuletzt die Karte für die 600V-Spannungserhöhung (Festspannung 300V, die in Serie mit der A-Karte geschaltet wird)

Abgleich:

Zum Abgleich muss das Gerät fertig aufgebaut sein und das Gerät vollständig funktionieren. Nach dem Einschalten erfolgt zuerst ein Grobabgleich aller Potis. Für einen endgültigen Abgleich sind die Einstellungen nach dem Warmlaufen (mind. ½ Stunde bei gleichmäßiger Zimmertemperatur) zu wiederholen. Ein weiterer Abgleich sollte nach einigen Tagen Betriebszeit, sowie in regelmäßigen Abständen erfolgen.

Vor dem Abgleich muss die Software auf die Hardware eingestellt werden. Dies ist durch die Auswahl vordefinierter Presets möglich. Sie finden diese unter Optionen->Einstellungen-Datensicherung.



Die Presets sind nur eine grobe Voreinstellung. Sobald Sie alle Einstellungen gemacht haben, machen Sie eine eigene Datensicherung und verwenden künftig diese.

Die Datensicherung liegt im Verzeichnis

c:\roetest\backup\meineDatenensicherung (oder wie Sie die Sicherung benannt haben)

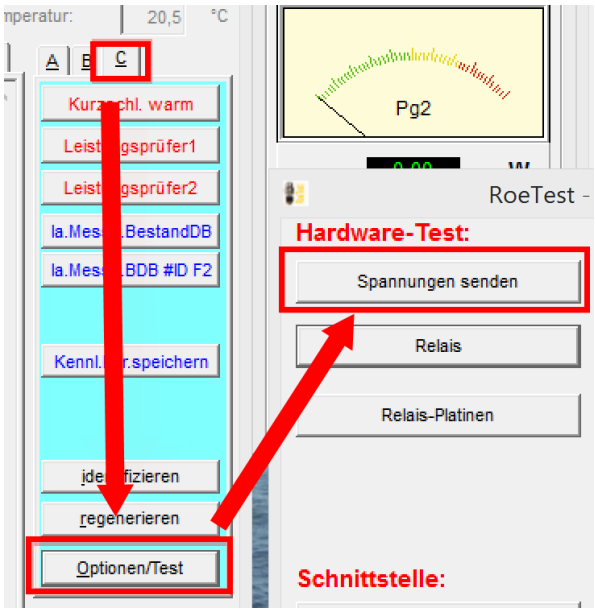
Am besten kopieren Sie dieses Verzeichnis an einen sicheren Ort und bewahren diese auf (z.B. auf einem USB-Stick). Bei Bedarf können Sie die Dateien wieder herstellen, oder auch die Einstellungen und Kalibrierdaten auf einen anderen Computer übertragen.

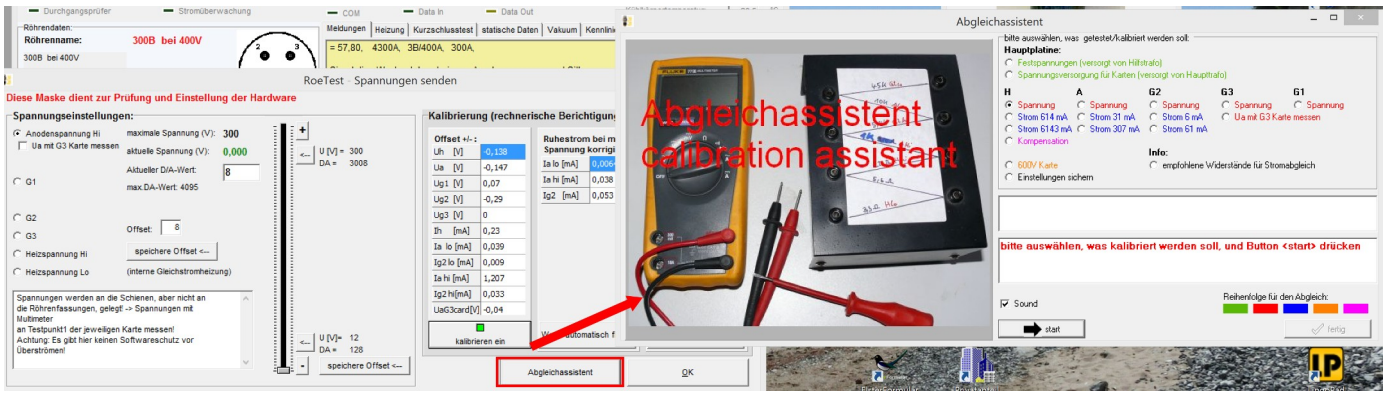
Abgleichassistent

Ab Hardware V9 und Software 10.0.0.0 steht ein Abgleichassistent zur Verfügung. Dieser führt Sie Schritt für Schritt durch den Abgleich. Dort sind auch Bilder mit Messpunkten und Position der Trimmer hinterlegt.

Ab Software 10.2.7.0 wird daneben eine spezielle Abgleichbox unterstützt. Der Abgleich wird dadurch sehr vereinfacht.

Sie finden den Abgleichassistenten wie folgt:





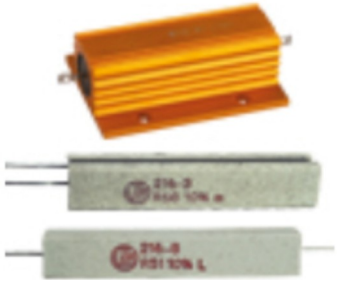
Für den Abgleich benötigen Sie:

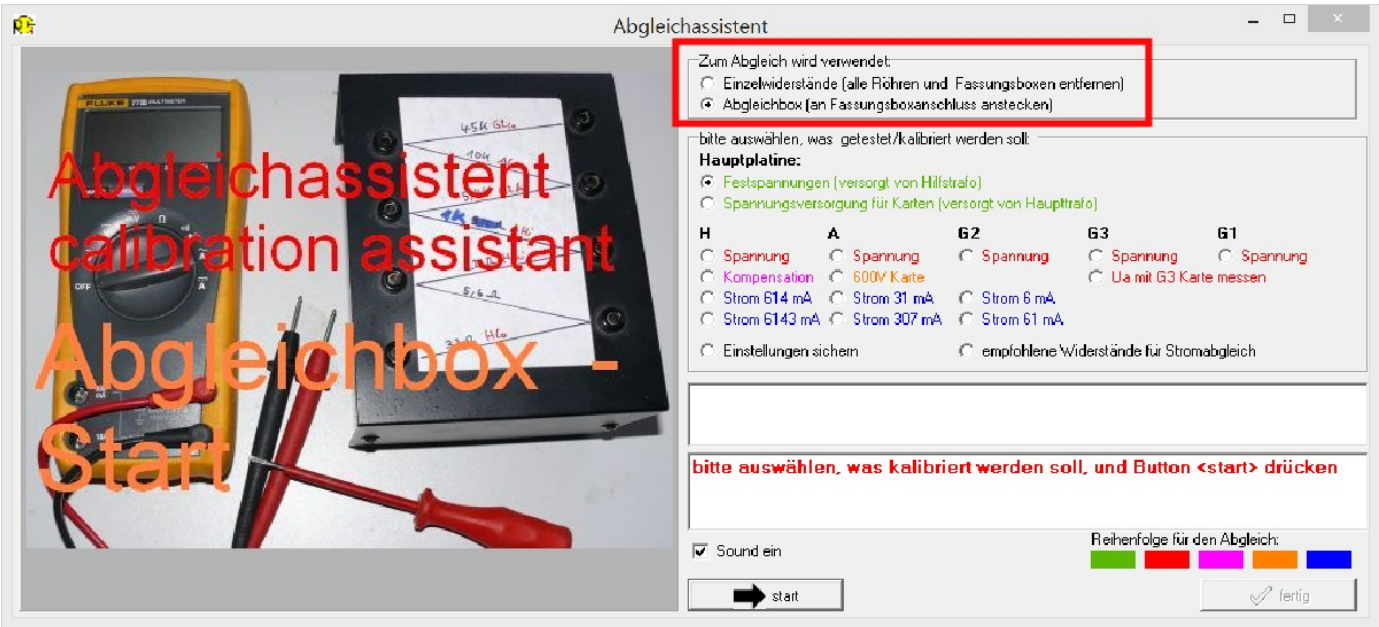
- Multimeter
- Schraubenzieher
- die spezielle Abgleichbox (siehe:Abgleichbox_calibration_box_D_EN.pdf)

oder

- folgende Einzelwiderstände:

Karte card	Bereich range	Kalibrierung bei calibration at [mA]	**ext. Widerstand external Resistor [Ohm]**	P minimum P resistor minimum [W]	**P empfohlen P resistor recommended [W]**	Ua [V]
H	6A	2000	**3,3**	13,2	**25**	6,6
	600 mA	300	**22**	1,98	**5**	6,6
A	300 mA	150	**1000**	22,5	**25**	150
	30 mA	25	**10000**	6,25	**9**	250
G2	60 mA	30	**4700**	7,5	**9**	250
	6 mA	5,5	**47000**	1,375	**5**	250





Gehen Sie wie folgt vor:

Wählen Sie zuerst aus, ob Sie die Abgleichbox verwenden oder Einzelwiderstände, dann den Abgleich in folgender Reihenfolge vornehmen:

1. Festspannungen prüfen/einstellen
2. Spannungseinstellungen auf den Karten
3. Kompensation Heizspannungskarte
4. 600V-Karte
5. Stromeinstellungen auf den Karten

Dazu den entsprechenden Radio-Button markieren und den Button <start> klicken. Folgen Sie den Anweisungen und Bildern des Abgleichassistenten.

Es ist auch ein manueller Abgleich ohne Abgleichassistenten und ohne Abgleichbox möglich, was ich ich auf Grund des Aufwands nicht empfehle (siehe: Abgleich manuell_D.pdf)

Strombegrenzung:

Im RoeTest existieren folgende Strombegrenzungen (Hardware-Strombegrenzung):

	max. abzugebender Dauer-Strom	kurzzeitig zulässiger Strom	Strom-begrenz-ung bei
HeizspannungsbereichLo	5000 mA	6000 mA	ca. 6500mA
Heizspannungsberech Hi	500 mA	600 mA	ca. 670 mA
Anodenstrom	255 mA	300 mA	ca. 350 mA
G2-Strom	51 mA	60 mA	ca. 68 mA

Die Strombegrenzung hängt etwas von den Toleranzen der Halbleiter und Widerstände ab. Die Trafos sollten die Ströme (ca. 1,25 Lastfaktor berücksichtigen) bei Normallast dauerhaft liefern können.

Hardware-Strombegrenzung testen: (Test im manuellen Modus)

Heiz-, Anoden- und G2-Spannung (der Reihe nach testen):
-> Belastbaren Widerstand und Spannungs- und Strommesser an RoeTest (Testpunkt 1 gegen Masse) schalten, Optionen: Spannung so weit hochregeln bis Strombegrenzung anspricht (Vorsicht: Nur kurzzeitig - Überlast!). Bis zum Nennstrom soll die Spannung nicht einbrechen. Erst bei höheren Strömen, soll die Spannung einbrechen, bzw. der Strom nicht weiter steigen. Die Strombegrenzung setzt dabei **allmählich** ein (kein Knick sondern Kurve).

Spannungsregelung der H-, A, G2-Karten testen: (Test im manuellen Modus)

Bei Belastung müssen die Spannungen stabil bleiben (solange die Belastung nicht in die Hardware-Strombegrenzung kommt). Test: Bei Anschluss eines Widerstandes muss die Spannung konstant bleiben. Erst bei Überstrom bricht die Spannung ein.

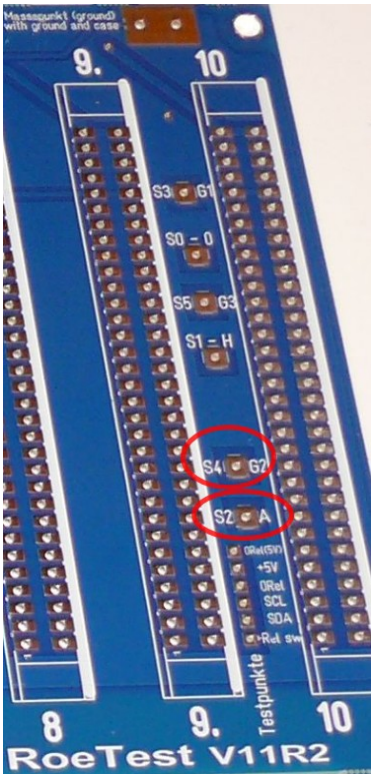
Test Durchgangsprüfer:

Der Durchgangsprüfer wird für verschiedene Tests verwendet (z.B. Heizfadentest, Kurzschlusstest).

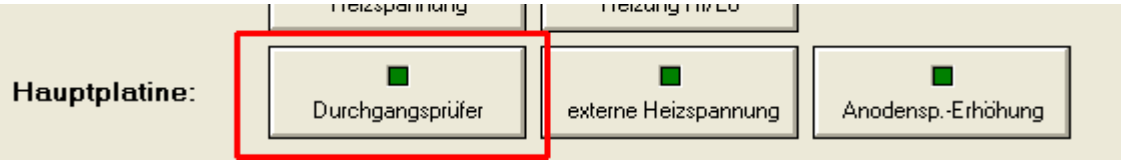
Den Test des Durchgangsprüfers bitte ohne eingesetzte Röhren durchführen! Verwendet werden die Schienen S2 (A) und S4 (G2). Anodenspannung und G2-Spannung liegen beim Kurzschlusstest nicht auf den Schienen.

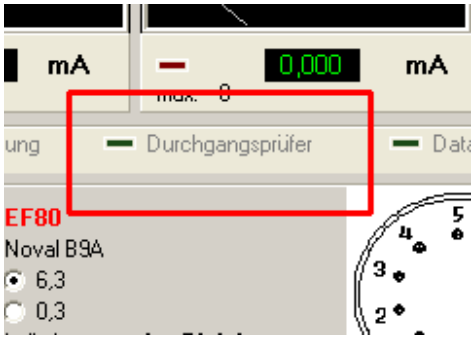
Wenn das Relais für den Durchgangsprüfer eingeschaltet ist (zum Test manuell unter Optionen einschalten), wird die 5V-Spannung über einen Widerstand und Schutzdiode auf die Schiene S4 geschaltet und muss dort messbar sein.

Schließt man die Schienen S2 (A) und S4 (G2) kurz, so wird der MPSA44 durchgeschaltet und das Signal am Pic B7 (Digitalport - ständig auf Eingang geschaltet) ändert sich von Hi auf Lo. In der Messsoftware muss die LED für den Durchgangsprüfer dies anzeigen (LED Durchgangsprüfer). Um die Schienen kurzzuschließen kann man einfach eine Relais-Karte ziehen und die Schienen an den Steckkontakten mit einem Draht überbrücken (Achtung nur zum Test des Durchgangsprüfers, dann gleich wieder entfernen). Die Schienen sind auch an den Messpunkten zwischen Relaiskarte 9 und 10 zugänglich:



<u>Achtung:</u> Funktioniert der Durchgangsprüfer trotz richtiger Beschaltung nicht zuverlässig, könnte dies an irgendwelchen Spannungen ohne Massebezugspunkt liegen. A, G2- H- und 600V-Karte müssen beim Test eingesteckt sein (oder die Sekundärsicherungen für diese Spannungen entfernt sein). Ist die Anodenspannungserhöhung auf 600V eingebaut, muss auch diese Spannung einen Massebezugspunkt haben (über Kondensator 0,47µF/630V).





Funktioniert alles, kann das erste mal eine Röhre eingesetzt und gemessen werden.

Schlusswort:

Wer das Gerät erfolgreich aufbaut, wird für die Mühen mit einem Röhrenmessgerät belohnt, das Seinesgleichen sucht. Rechnet man die Arbeitszeit nicht mit ein, sind die Kosten sogar meist geringer als beim Kauf eines gut erhaltenen historischen Gerätes. Die Möglichkeiten des RoeTest sind jedoch um ein vielfaches umfangreicher, einfacher und komfortabler und genauer.

Ich wünsche viel Erfolg beim Nachbau und Spaß beim Röhrenmessen.

Helmut Weigl

Weitere Unterlagen:

Folgende Unterlagen gibt es bei mir auf CD-Rom:

- vollständige Schaltpläne, Bestückungspläne
- Bauteiledatenbank
- weitere hochauflösende Fotos
- PC-Software (Messsoftware, Treiber, Datenbank)
- zahlreiche Texte und Anleitungen, u. a. diese Bauanleitung

Der Pic-Mikrocontroler ist nur fertig programmiert bei mir erhältlich.

Trafos, Leiterplatten und spezielle Elektronikbauteile können ebenfalls bei mir angefragt werden (soweit vorrätig).

Weitere Infos und Softwareupdates gibt es in unregelmäßigen Abständen auf meiner Internetseite

www.roehrentest.de