



Bauanleitung zu

RoeTest4
das Computer-Röhrenmessgerät
(c) Helmut Weigl

Stand: 11/2010

Inhalt

Vorwort/Inhalt dieser Bauanleitung:	Seite 3
Haftungsausschluß	Seite 3
Copyright:	Seite 4
RoeTest4 - Änderungen gegenüber dem RoeTest3	Seite 5
Bauteileauswahl:	Seite 6
Allgemeine Funktionsbeschreibung	Seite 6
Schaltungsbeschreibung	Seite 7
Platinenvorlagen:	Seite 13
Aufbau der Platinen:	Seite 14
Gehäuse:	Seite 26
Verdrahtung:	Seite 39
Allgemeine Aufbaumöglichkeiten:	Seite 39
Inbetriebnahme:	Seite 40
Abgleich:	Seite 41

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, sowie die notwendige Werkstattausrüstung besitzen. Der Aufbau kostet nicht nur viel Zeit, sondern auch eine hübsche Summe Geld. Die Höhe der Investitionen hängt sowohl vom günstigen Einkauf der Bauteile, vom Umfang des Ausbaues (siehe RoeTestLight) ab. Allerdings darf der günstige Einkauf nicht zu Lasten der Qualität gehen.

Dies ist keine Bauanleitung im herkömmlichen Sinn. Es werden nur grobe Vorschläge gemacht, wie ein Aufbau erfolgen könnte. Auf grundsätzliche Details wird bewusst nicht eingegangen.

Wegen des großen Umfanges der Schaltpläne, Platinen und sonstigen Unterlagen weisen meine Unterlagen sicherlich einige Fehler oder Unverständlichkeiten auf. Für Rückmeldungen 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 oder auch der Messergebnisse. Ein Nachbau erfolgt auf eigenes Risiko. Auch eine Haftung für Folgeschäden ist ausgeschlossen (z.B. zerstörte Röhren, Bauteile, Brandschäden, Personenschäden auf Grund von Stromschlägen, etc.).

Ich weise hiermit auch auf die Gefahren durch hohe Spannungen hin. Die im Gerät verwendeten und an den Röhrenfassungen nach außen geführten hohen Spannungen können zu körperlichen Schäden, oder zum Tode führen. 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!

Eine 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 nicht.

Copyright:

Copyright Helmut Weigl, Heidestr. 7, 92708 Mantel, email info@roehrentest.de. Ich behalte mir alle Rechte an Soft- und Hardware ausdrücklich vor (Verkauf, verleihen, etc.). Die Software und alle Unterlagen bleiben mein Eigentum. Sie erhalten lediglich ein eigenes Nutzungsrecht.

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 andere Dateien ist nicht gestattet. Eine gewerbliche Nutzung darf nur mit meiner ausdrücklichen Genehmigung erfolgen.

Ich stelle die Original Target-Layouts zur Verfügung. Sie dürfen diese für Ihre eigenen Zwecke anpassen. 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 Platinenhersteller um dort seine eigenen Platinen bestellen zu können.

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

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.kytelabs.de/infobase/charts/roehren/index.html>. Eine Weitergabe der Sockelbilder darf nur nach den, durch Herrn Hamberger, auf seiner Internetseite genannten Bedingungen erfolgen.

RoeTest4 - Änderungen gegenüber dem RoeTest3:

Das RoeTest4 hat dieselben Funktionen wie das RoeTest3. Geändert wurden die Schaltungen zur Spannungserzeugung. Daraus resultierten folgende Neuerungen:

- Neue Schaltung: Elektronische Stabilisierung der 5 Spannungsquellen bei Last. Die Softwarenaachregelung hat kaum mehr etwas zu tun
- einfacherer Abgleich der Spannungsquellen
- die +/- 2,5-V Spannungen entfallen
- Anstelle eines speziellen Hilfstrafos, sind nun normale, billige Standardtrafos verwendbar
- Der Haupttrafo hat weniger Wicklungen
- Die Heizleistung wurde auf maximal 5A (im 12,75V-Bereich) erhöht.
- Die Layouts wurden völlig überarbeitet (weitere Reduzierung der Drahtbrücken)
- USB-Schnittstelle auf der Hauptplatine (nur kleine Anschlußplatine)
- Mein Mustergerät habe ich völlig anders aufgebaut (Hauptplatine in zwei Teilen - kompaktes Demogehäuse mit durchsichtigen Seitenteilen)

Ziel war es die Schaltung zu verbessern und gleichzeitig den Bauteileaufwand und Spezialteile zu reduzieren. Bis auf den Haupttrafo und die Röhrenfassungen werden nur mehr handelsübliche, leicht erhältliche und überwiegend preiswerte Bauteile verwendet. Eine weitere Herausforderung war, daß auf den Spannungsplatinen einige zusätzliche Bauteile untergebracht werden mussten. Insbesondere die Heizspannungsplatine ist etwas gedrängt bestückt. Mit einer feinen Lötspitze und etwas Geduld geht's aber gut. Die Hauptplatine wurde so gestaltet, daß diese entweder in einem Teil (40 x 20 cm) oder in zwei Teilen (2 x 20 x 20 cm) hergestellt werden kann.

Allgemeine Funktionsbeschreibung:

Die Hardware des RoeTest wird über eine USB-Schnittstelle mit einem PC-Verbunden. Im RoeTest empfängt ein Pic-Mikrocontroller 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. Optional kann ein Festspannungsnetzteil zur Erhöhung der Anodenspannung von 300V auf 600 V eingebaut werden (optionale Bestückung auf Hauptplatine).

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, +/-12V, -67V, +330V und +12V für die Relaisversorgung.

Schaltungsbeschreibung:

Festspannungen:

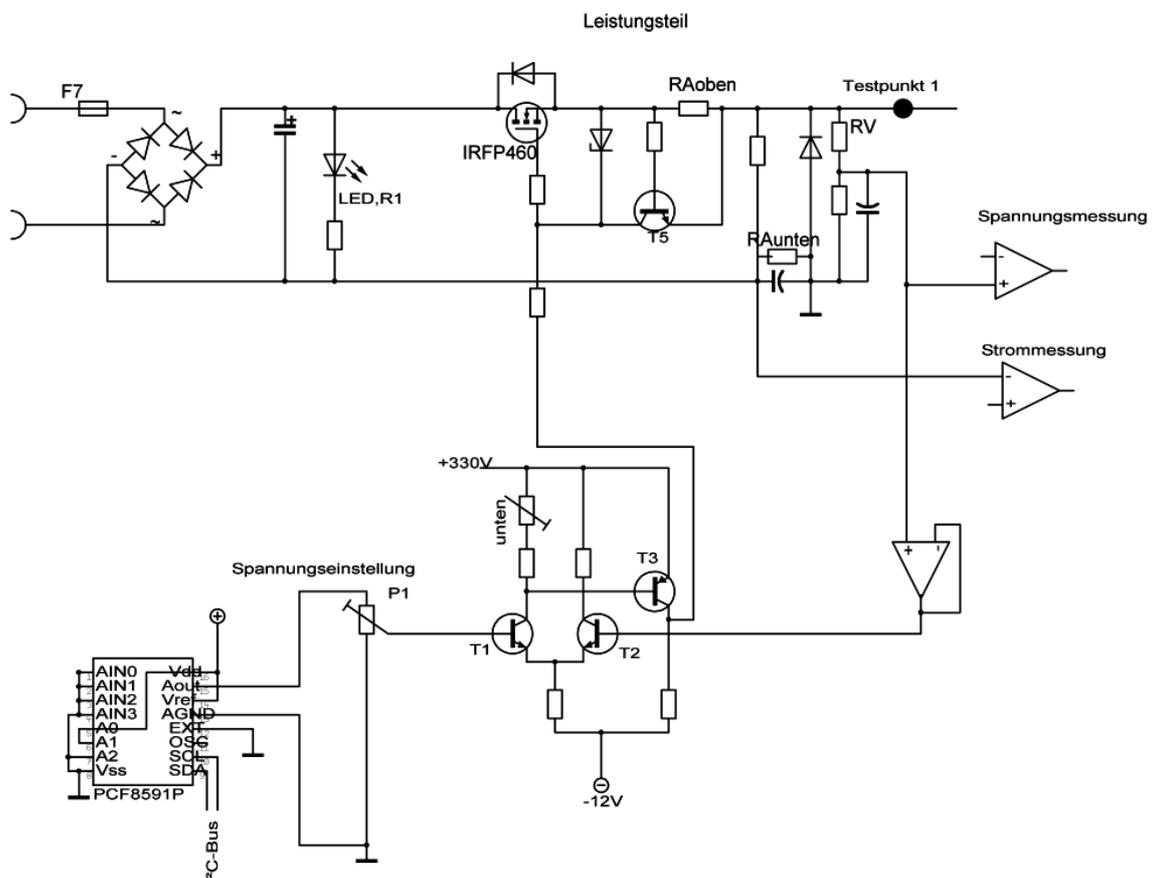
Die Relaisspannung ist unstabilisiert.

An die +5V und die +/-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.

Die Hilfsspannungen +330V und -67V sind mit temperaturkompensierten Zenerdioden, einer Konstantstromquelle, sowie einem Mos-Fet stabilisiert. Nach Aufbau der Schaltung ist zu kontrollieren, daß über die BF244 keine höhere Spannung als 30 V abfällt (optimal wären ca. 20-25V). Eventuell ist mit einem Vorwiderstand die Spannung über den Fet zu reduzieren.

Gesteuerte Spannungsquellen für H, A, G1-G3:

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 0-5V. Diese Spannung wird über einen diskret aufgebauten Hochspannungs-Operationsverstärker (T1-T3) auf bis über 300V verstärkt. Am Schaltungsausgang gibt es den Spannungsteiler um RV. Die dort gemessene Spannung wird über einen OP als Impedanzwandler wieder auf den diskret aufgebauten Hochspannungs-OP zurückgeführt. Dieser vergleicht die Spannungen am + und - Eingang und hält die Ausgangsspannung konstant. Damit das Ganze stabil läuft, waren langwierige Versuche nötig. So sind die Bauteile sorgfältig zu dimensionieren und einige Kondensatoren vorzusehen gewesen. Die reale Schaltung hat deshalb einige zusätzliche Bauteile.

Auch gibt es auf einigen Platinen Relais zur Umschaltung verschiedener Bereiche.

Bei H, A und G2 gibt es einen Leistungsnachbrenner in Form von MOS-Fet's (H und A je zwei Stück, G2 1 Stück), bei G1 und G3 ist dies nicht nötig, da diese (negativen) Spannungen nur leistungslos benötigt werden. Bei den G1- und G3-Spannungen wird nach dem A/D-Wandler die Polarität mit einem OP umgekehrt und der Hochspannungs-OP einfach mit umgekehrter Polarität aufgebaut.

Die Karten H, A und G2 enthalten außerdem eine Strombegrenzungsschaltung (T5). Falls über einen Widerstand mehr als etwa 0,6V abfallen, schaltet T5 ein und regelt die Ausgangsspannung des MOS-Fet's herab, so daß der Strom begrenzt wird (Hardwarestrombegrenzung).

LED-R1: Dient der Entladung der Elkos nach dem Abschalten. An den LED's kann man erkennen, ob noch hohe Spannung an den Elkos anliegt. Wegen der Gefahr von Stromschlägen sollte man am Gerät nur arbeiten, wenn alle Elkos spannungslos sind. Ich habe einige Lötnägel auf der Hauptplatine eingeplant, an denen die Elkos schneller entladen werden können (z.B. über eine Glühlampe).

Folgende Ausführungen siehe Detailschaltpläne:

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 (wie oben beschrieben, wird vom Spannungsteiler gleichzeitig auf den Hochspannungs-OP zurückgeführt).

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 galvanisch 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. Falls notwendig, wurde über Relais eine Bereichsumschaltung realisiert. Damit kann in kleinen Bereichen eine höhere Auflösung realisiert werden (für Spannungsquelle, Spannungsmessung und Strommessung). Im H-Spannungsbereich wird außerdem die Trafowicklung mit 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 1,2M Ω Widerstand auf die Schiene gelegt werden (zur Vakuumprüfung). Die Ansteuerung der Relais erfolgt vom Pic aus entweder direkt über Relaisreiber (auf Mikroprozessorkarte) oder für die Relaiskarten über den I²C-Bus und auf den Relaiskarten enthaltene Relaisreiber.

Ausführung:

Für die 5 Spannungsquellen gibt es je eine Platine. Eine weitere Platine gibt es für den Pic-Mikroprozessor (mit Relais treibern). Weiter gibt es 10 Relaiskarten für die Relaismatrix (mit Relais treibern).

Die Karten werden sämtliche in die Hauptplatine gesteckt, die die Signale zusammenführt. Die Hauptplatine beherbergt folgende weitere Baugruppen:

- Festspannungen
- Sicherung/Gleichrichter, Siebelkos für H, A, G2-Spannung
- Optional ist die Bestückung der Anodenspannungserhöhung auf 600V möglich- incl. Umschaltrelais (siehe separate Anleitung)
- Durchgangsprüfer
- Umschaltrelais für externe Heizspannung (falls überhaupt gewünscht)
- USB-Schnittstelle

Neu ist eine kleine Anschlußplatine. Diese enthält nur die USB-Buchse und einige LED's. Die Anschlußplatine kann (je nach Aufbausituation) entweder huckepack auf die Hauptplatine montiert, oder über ein kurzes(!) Flachbandkabel an der Hauptplatine angeschlossen werden (damit kann der Anschluß an eine beliebige Gehäusestelle gelegt werden).

Für die Hilfs-Trafos habe ich eine Trafoplatine vorgesehen. Ein Trafo kommt auf die Hauptplatine. Der Haupttrafo ist am Chassis zu befestigen.

Bauteileauswahl:

Ich empfehle die Verwendung von hochwertigen Bauteilen. Bei der Verwendung von Restposten ist auf entsprechende Qualität zu achten. Ich habe versucht, weitgehend moderne Standardbauteile zu verwenden.

Auf meiner Internetseite werde ich einige Bezugsquellen nennen.

Eine detaillierte Bauteileliste ist als Excel-Datei verfügbar ("Bauteilliste.xls"). Diese beinhaltet auch Bestellnummern der Fa. Reichelt.

Röhrenfassungen: Hier ist man frei, welche und wie viele man einbauen will.

Trafos:

Für +/- 12-V, Relais- und die Hilfsspannungen werden normale Standardtrafos verwendet.

Für die Erzeugung der -67V-Festspannung reicht ein 2 x 24 V Kleintrafo. Da dieser nur gering belastet wird, reicht die höhere Leerlaufspannung aus.

Ein für die Festspannung +330V erforderlicher Trafo mit sekundär 250V ist nicht handelsüblich. Aus Kostengründen habe ich auf eine Spezialanfertigung verzichtet und statt dessen vier Standardtrafos in Serie geschaltet.

Einziges Spezialbauteil ist der Haupttrafo.

Ich empfehle für den Haupttrafo einen **Ringkerntrafo** zu verwenden. Ringkerntrafos sind kompakter, leichter und, wichtig: Haben kaum Spannungsunterschied zwischen Leerlauf und Vollast!

In der Anlage ist eine Trafotabelle mit den notwendigen Daten beigelegt (Roetest4_Trafos.pdf).

Wichtig ist, daß die Trafowicklungen die in der Tabelle genannten Spannungen bei voller Last halten. Die Leerlaufspannung darf aber nicht zu hoch sein (Spannungsfestigkeit der Elkos). Es können sowohl einzelne Trafos (evtl. leichter im Gehäuse unterzubringen?), als auch ein Trafo mit mehreren Sekundär-Wicklungen verwendet werden.

Wichtig: Vor Gehäuseauswahl bitte prüfen, ob auch alle Teile hineinpassen.



Hauptrafo=Ringkernrafo (nach meiner Spezifikation gefertigt)

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

Fast alle **Trimmwiderstände** sind Mehrgang-Spindeltrimmer.

Platinenvorlagen/Bestückungspläne:

Künftig stelle ich die Original Target-Platinenlayouts zur Verfügung. Eine Kurzinfor dazu gibt es als Tipp auf meiner Internetseite.

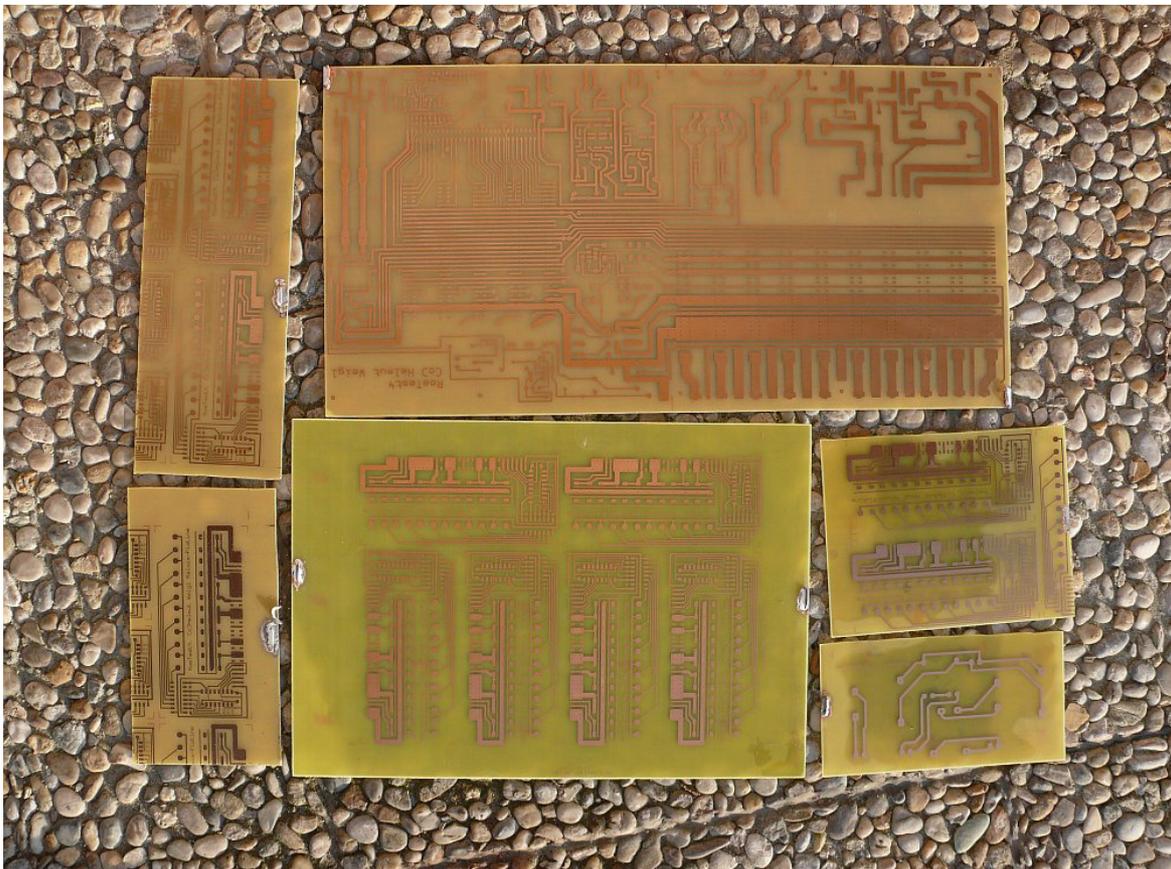
Die Relais-Platinen sind 10 x zu fertigen. Alle anderen Platinen nur einmal.

Zur Platinenfertigung gibt es viele Möglichkeiten. Ich habe unter "Tipps" (Datei TPlatinen.pdf) meine Anleitung veröffentlicht. Wer Probleme mit der Größe der Hauptplatine hat (40 x 20 cm) kann diese auch in **zwei Teilen** fertigen und die Platinen mit wenigen Brücken verbinden (bei meiner Montage mußte ich sowieso zwei Teile fertigen - korrekterweise gesagt habe ich die Hauptplatine als ganzes gefertigt und dann zersägt).

Noch etwas: Die vielen Platinen fertigen zu lassen ist teuer - also ist selberrmachen sinnvoll. jede Menge Platinen:

Verwendung	Stückzahl
Hauptplatine	1 (oder 2 Teile)
Relaisplatinen	10
Mikroprozessorsteuerung	1
Spannungen (A, G2, G3, H, G1)	5
Anschlußplatine	1
Trafoplatine	1

Bild der Platinenherstellung (fertig geätzt, noch nicht zugeschnitten und ungebohrt):



Aufbau der Platinen:

1) Hauptplatine

Layout und Bestückungsplan sind geteilt auf 2 Ausdrücke - einfach zusammenkleben.

Die Platine wird 400 x 200 mm groß. Diese große Platine ist genauso einfach wie eine kleine Platine herzustellen. Man benötigt lediglich größere Entwicklungs- und Ätzwannen. Eine weitere Möglichkeit: Die Hauptplatine kann in zwei Teilen (2 x 200 x 200 mm) gefertigt werden. Damit passen auch handelsübliche Belichtungs- und Ätzgeräte.

Die VG-Steckleisten unbedingt in der richtigen Richtung einlöten (schwarze Linien sind Steckplatinen auf dem Bestückungsplan)!

Netzteilkos (330 μ F/385V): Hier gibt es viele unterschiedliche Ausführungen (2 Beine, 4 Beine, etc.). Die Leiterbahnen wurden extra breit gemacht, damit bei Bedarf verschiedene Bauformen eingesetzt werden können. Notfalls können für die Anodenspannung statt 2 x 330 μ F auch 3 x 220 μ F eingesetzt werden. Lediglich die Löcher müssen dann anders gebohrt werden (sofern Bauteildurchmesser noch geeignet ist).

Auf der Hauptplatine sind einige Drahtbrücken vorgesehen. Details siehe Bestückungsplan.

Bitte für Versorgungsspannungen ausreichende Querschnitte nehmen (vor allem Heizspannung und Masseleitungen). Für hohe Spannungen auf ausreichende Isolierung der Verbindungen achten. Für sonst. Verbindung reichen dünne Drähte. Die Drahtverbindung von G1 soll abgeschirmt verlegt werden.

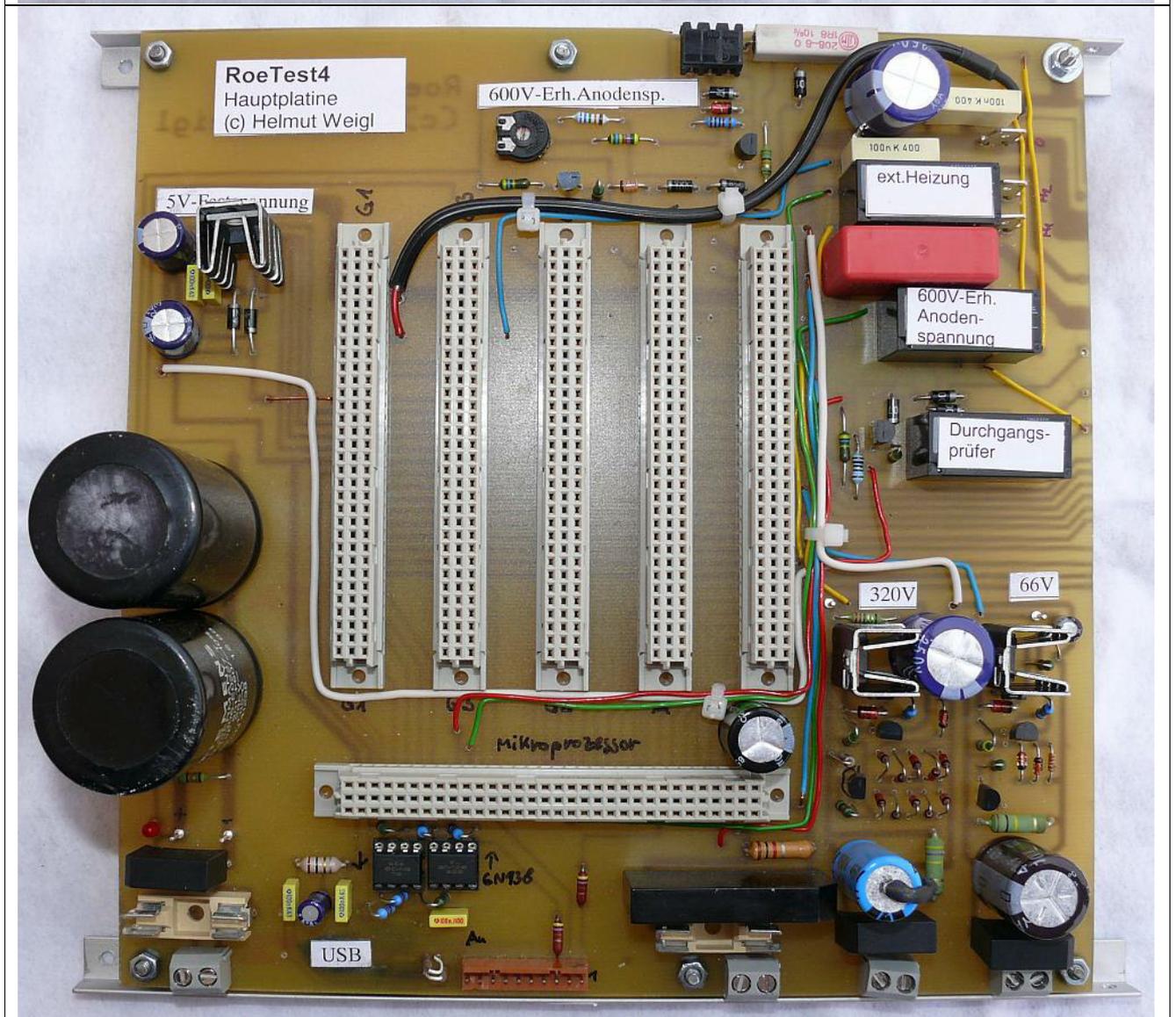
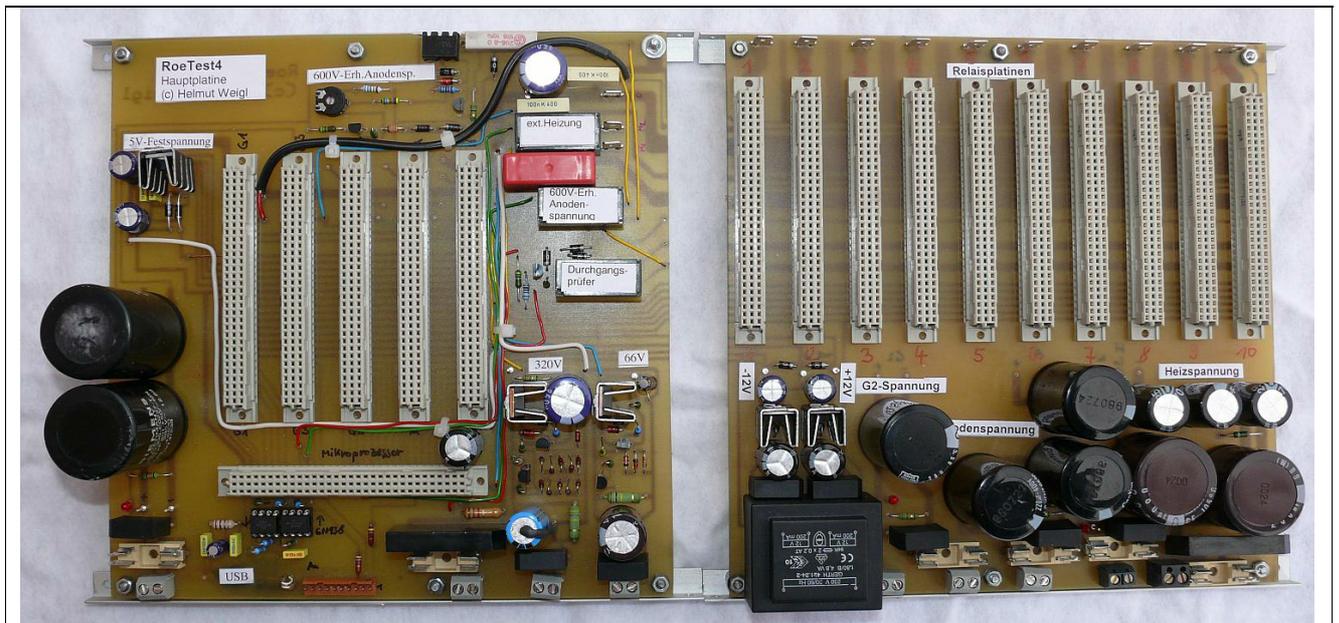
Auf der Hauptplatine sollten einige Leiterbahnen isoliert werden:

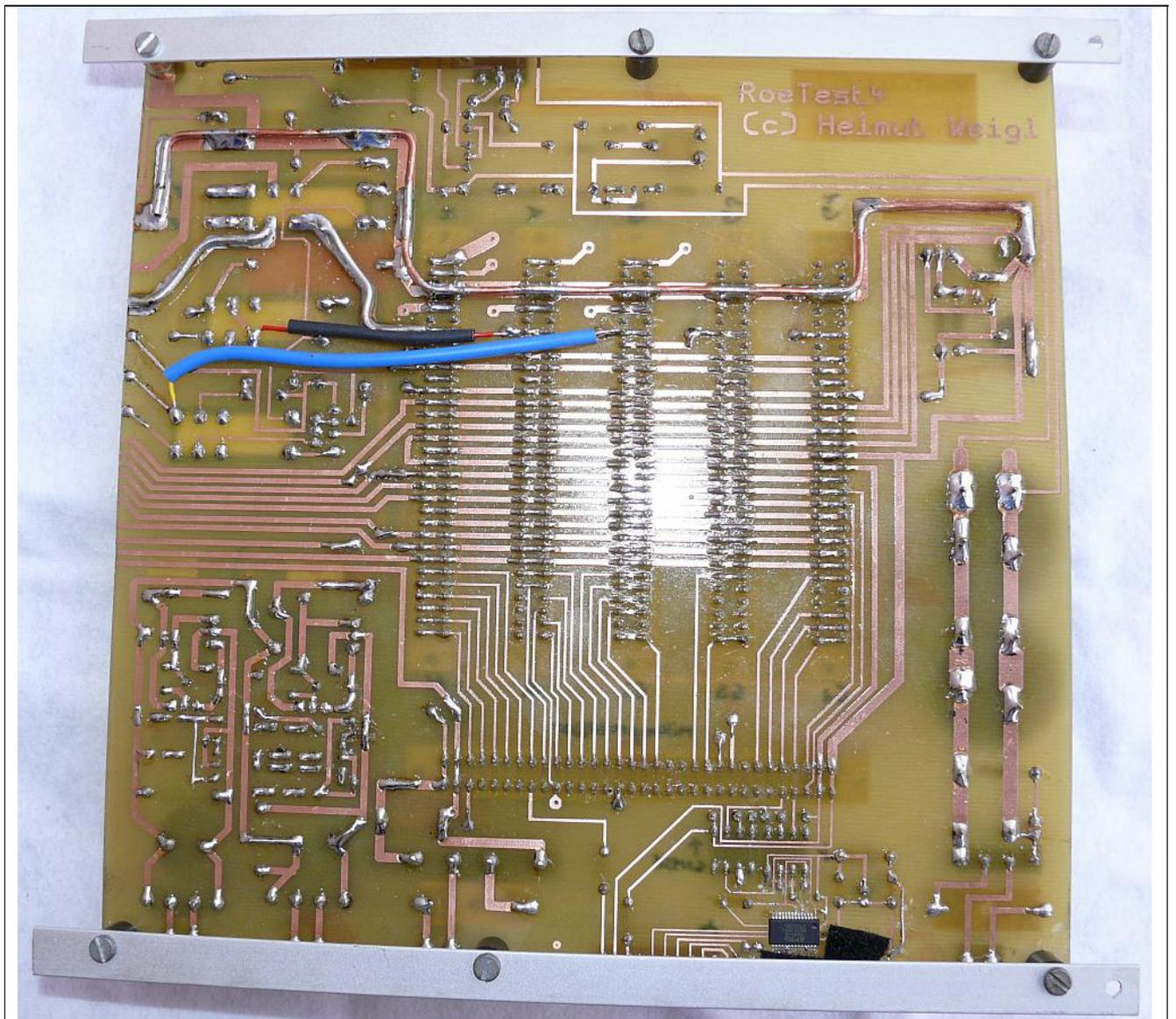
- netzspannungsführende Leitungen
 - die Schienen für G2- und Anodenspannungen
- (Berührungsschutz und Schutz vor Spannungsüberschlägen). Ich habe dafür einfach Heißkleber verwendet.

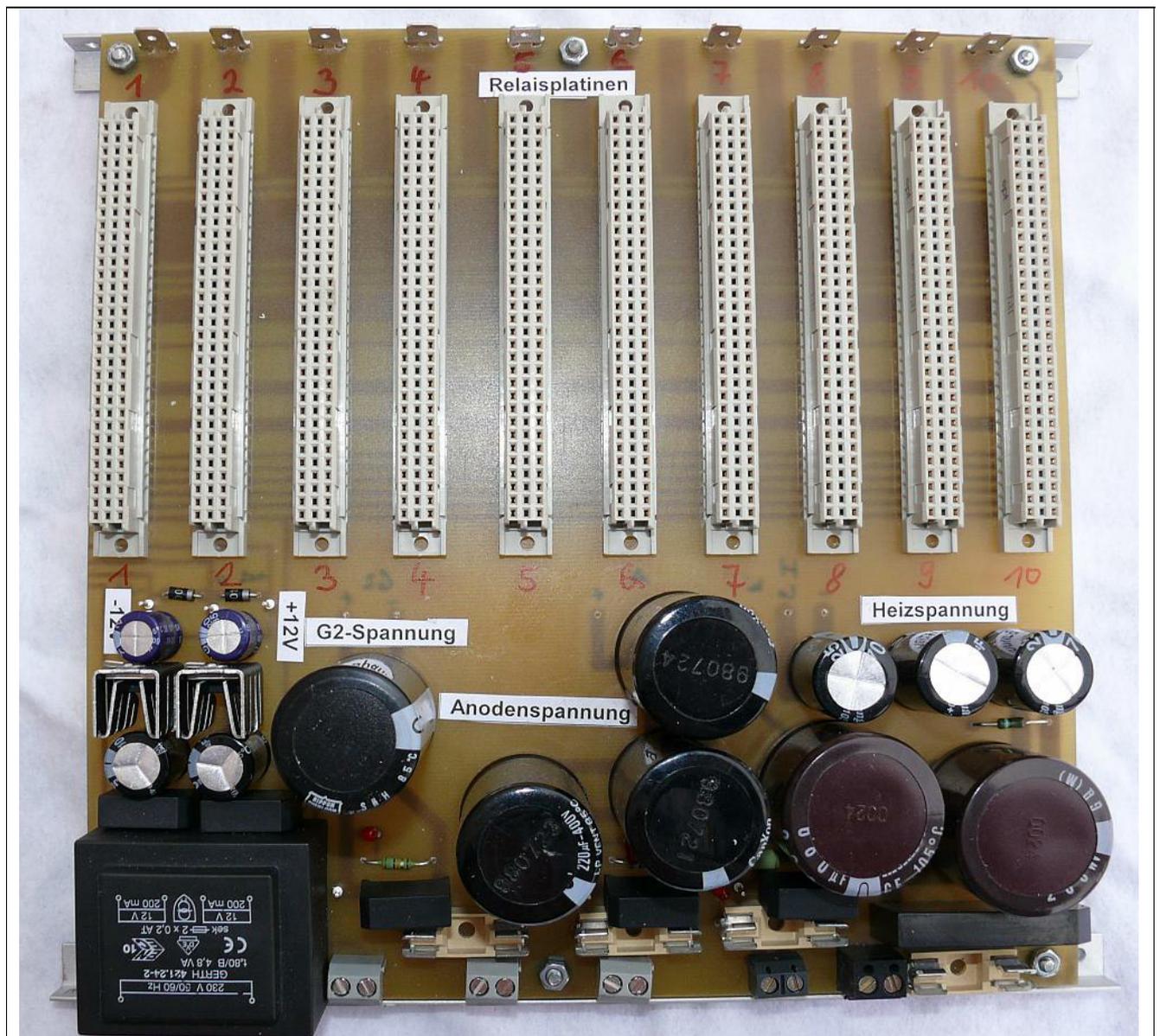
Verstärkung von Leiterbahnen:

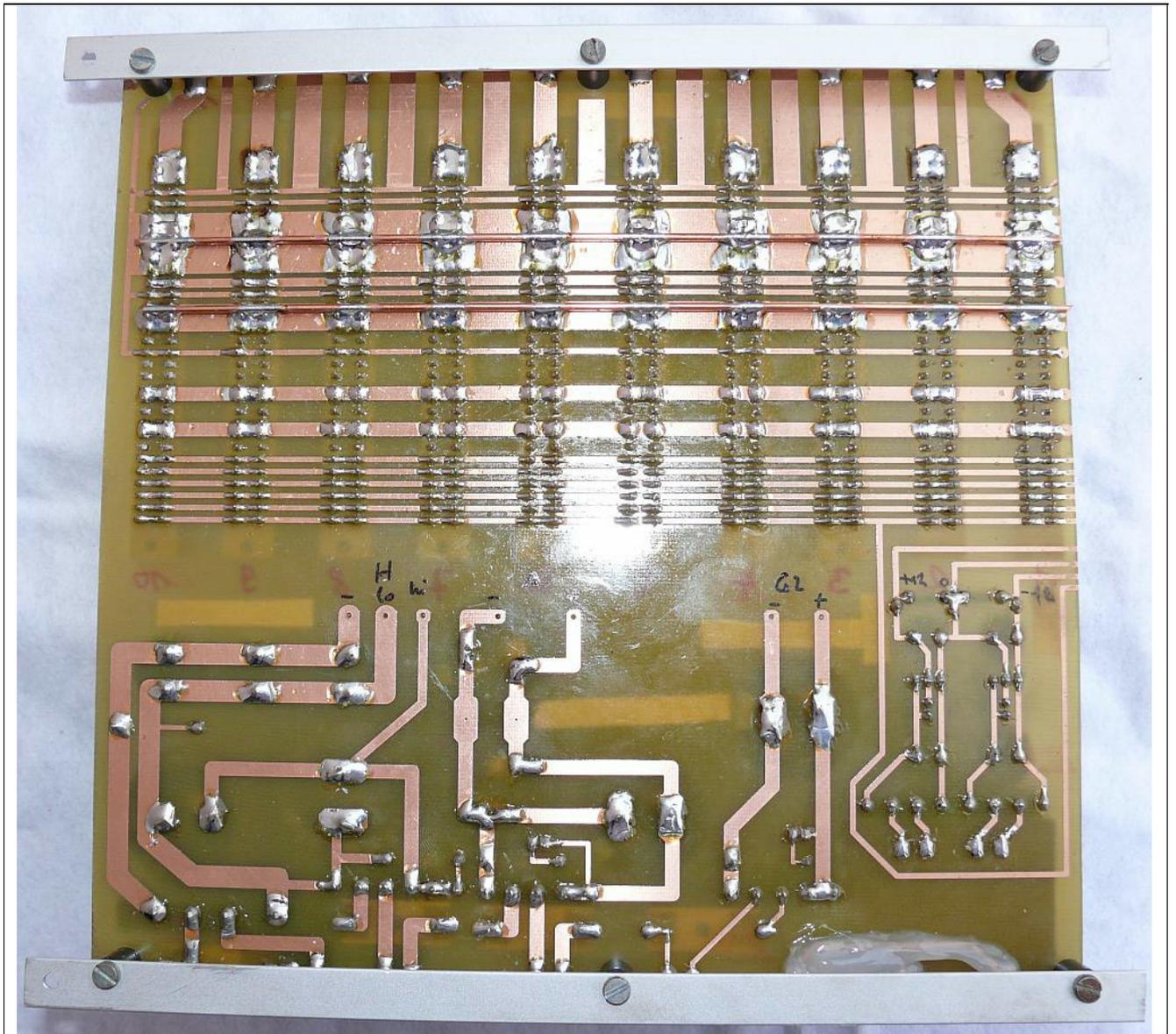
- Masseleitung
- und Heizschiene

sind durch einen aufgelöteten Draht von 2,5 mm² zu verstärken, um den Spannungsabfall möglichst klein zu halten.









Hauptplatine

Nachtrag: Die Fotos zeigen noch die größeren Elkos, die ich durch kleinere Kapazitätswerte ersetzt habe. Außerdem ist auf Teil2 der Hauptplatine jetzt die Softstartschaltung (Relais und NTC) ergänzt worden (siehe aktuelle Schalt- und Bestückungspläne).

Schnittstelle:

Für das RoeTest4 ist eine USB-Schnittstelle vorgesehen (RS232 oder Midi sind nicht mehr möglich). Diese befindet sich jetzt **auf der Hauptplatine**. Für USB-Buchse und LED's ist eine kleine **Anschlußplatine** vorgesehen, die an eine beliebige Stelle im Gehäuse eingebaut werden kann.

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 (z.B. Windows XP ab SP2).

Der Aufbau ist wegen des winzigen USB-RS232-Umsetzer-IC's **FT232RL** etwas knifflig. Dieses IC ist nur als SMD-Bauteil erhältlich. Das IC ist auf der Lötseite einzulöten. Dafür

benötigt man eine sehr feine Lötspitze, und eine ruhige Hand (ich benötige außerdem eine Lupe).

Anschlüsse an Platine erst mit sehr wenig Zinn verzinnen. Dann IC mit einem Finger aufsetzen und eine Ecke anlöten .. anschließend die gegenüberliegende Ecke anlöten und zum Schluss die restlichen Beinchen (die Platine weist nur für relevante Beinchen Lötunkte auf - die restlichen werden gar nicht verlötet). Für alle Fälle sollte man eine Entlötsauglitze bereithalten um überschüssiges Zinn wieder entfernen zu können.

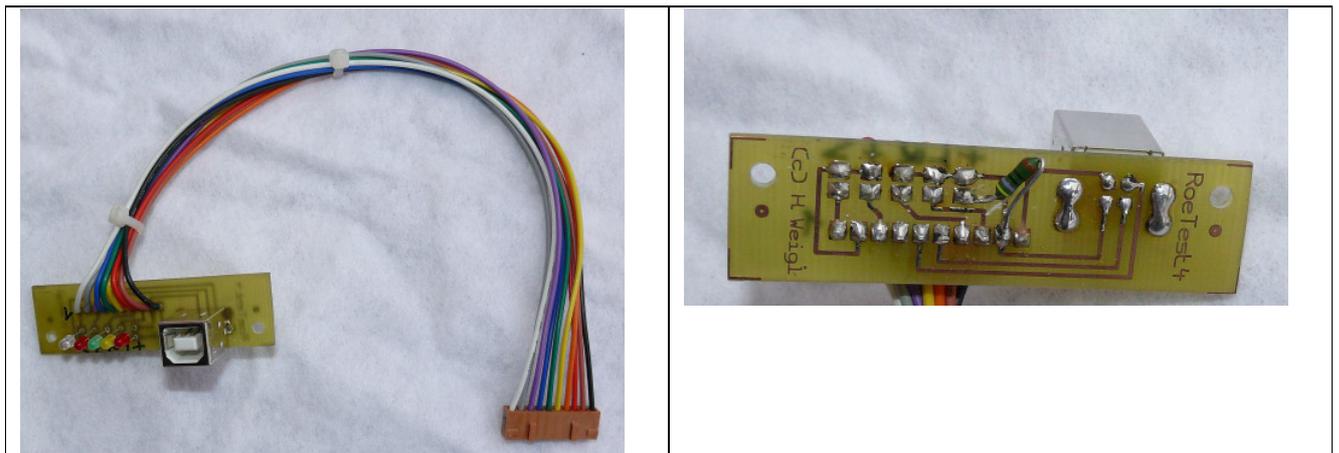
Windows benötigt für die USB-Schnittstelle einen Treiber. Aktuelle Treiber gibt es auf der FTDI-Website. Einen Treiber füge ich auch auf der CD bei. Vor Anschluss der Schnittstelle sollte der Treiber bereits entzippt bereitgehalten werden. Nach Anschluss der USB-Schnittstelle meldet sich die Schnittstelle als neues Gerät und verlangt den Treiber. Bitte den Speicherort angeben. Die Schnittstelle meldet sich nach erfolgter Treiberinstallation als serielle Schnittstelle.

2) Anschlußplatine:

Die Anschlussplatine hat 5 LED's:

- Stromversorgung Schnittstelle aus PC
- Daten senden
- Daten empfangen
- ein (Betriebsanzeige)
- Vorsicht (hohe Spannungen oder in Betrieb)

Die Anschlußplatine ist mit einem kurzen Flachbandkabel mit der Hauptplatine zu verbinden. Je nach Gehäusesituation ist es evtl. sinnvoll, Steckverbinder zu verwenden. Die USB-Buchse gibt es als stehende oder liegende Ausführung. Wählen sie die Buchse passend nach Ihrem Gehäuse.

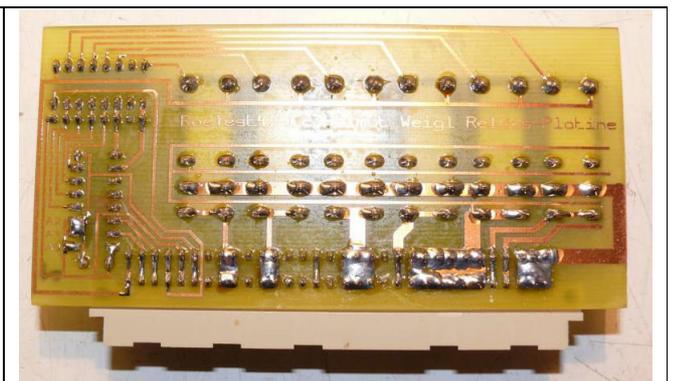
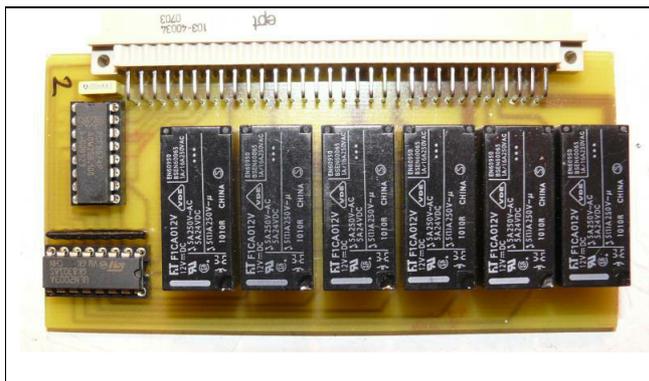


3) Relais-Platinen

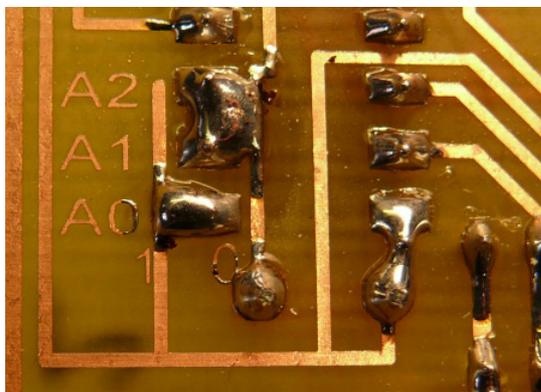
- 10 x aufzubauen (je Röhrenpin/-Stift)

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

Röhrenpin Nr.	IC-Type	I ² C-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	PCF8574A	112	0	0	0
10	PCF8574A	114	1	0	0

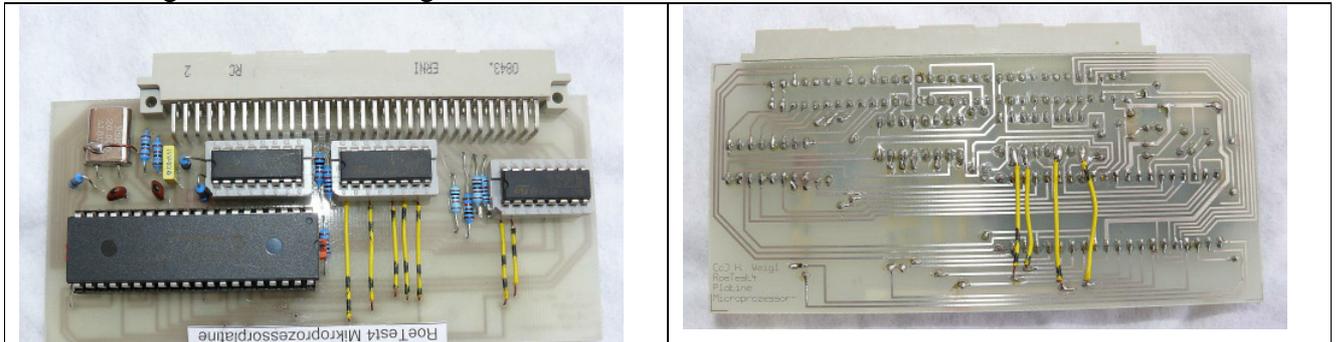


Relaisplatine: Auf Rückseiten sind zur Adressierung der PCF8574 die Lötbrücken gemäß Tabelle zu setzen



4) Platine Mikroprozessorsteuerung

Die einseitige Platine hat einige Drahtbrücken.



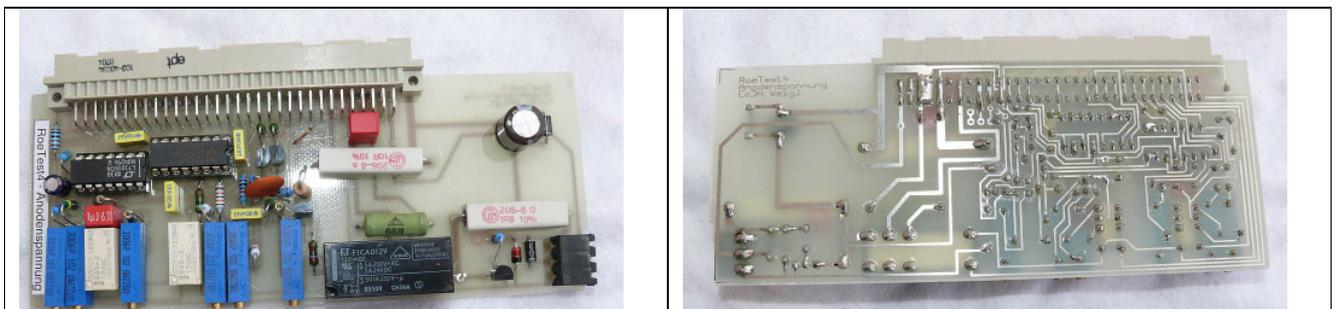
In der neuesten Version ist auf der Rückseite noch ein 4,7K-Widerstand einzulöten (auf Foto noch nicht enthalten).

5) Platine Heizspannung

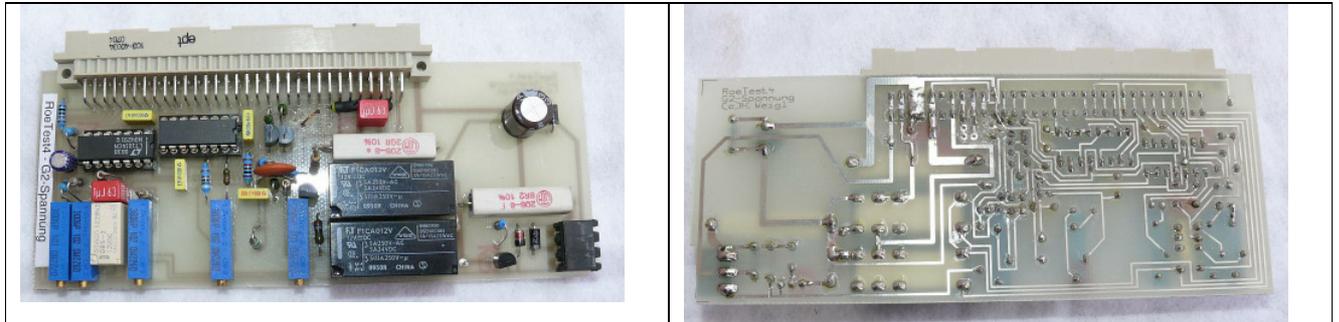


Der Messwiderstand RVunten setzt sich zusammen aus zwei übereinandergelöteten 0,47 Ohm/5W-Widerständen (parallel = 0,24 Ohm/10Watt insgesamt). Die Lötbrücke auf der Platinenrückseite nicht vergessen! Auf der Lötseite ist außerdem der für die Röhrenidentifizierung/Widerstandsmessung benötigte 6,8-Ohm/5W-Widerstand einzulöten.

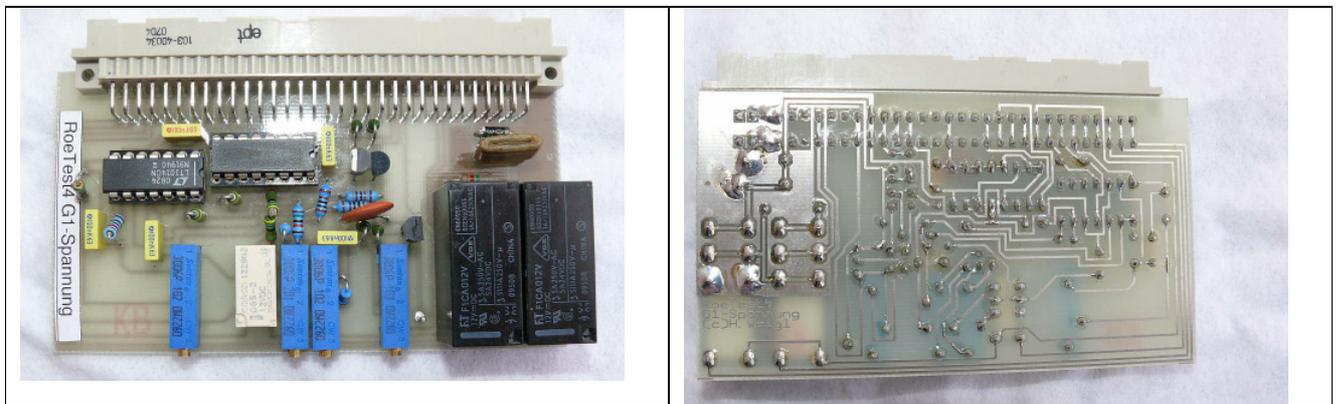
6) Platine Anodenspannung



7) Platine G2-Spannung

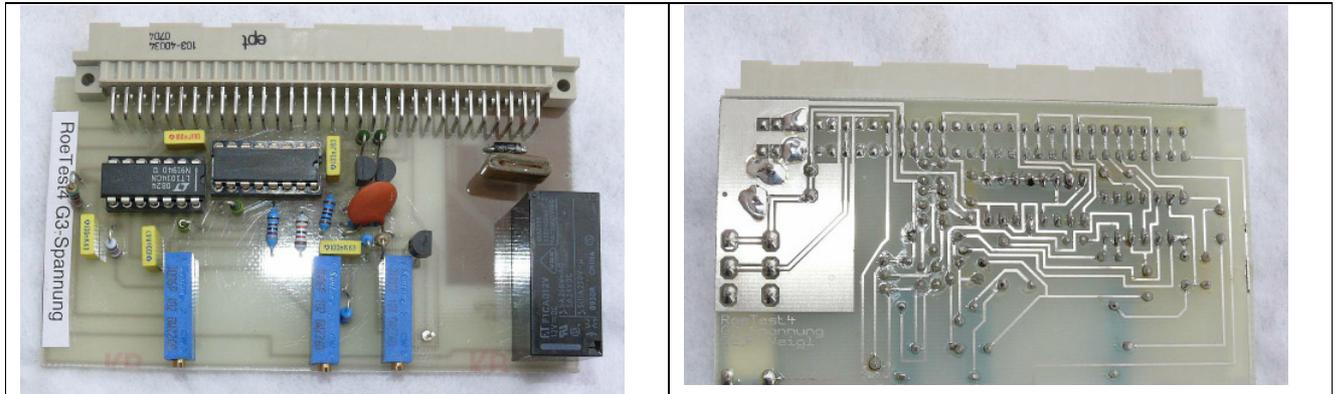


8) Platine G1-Spannung

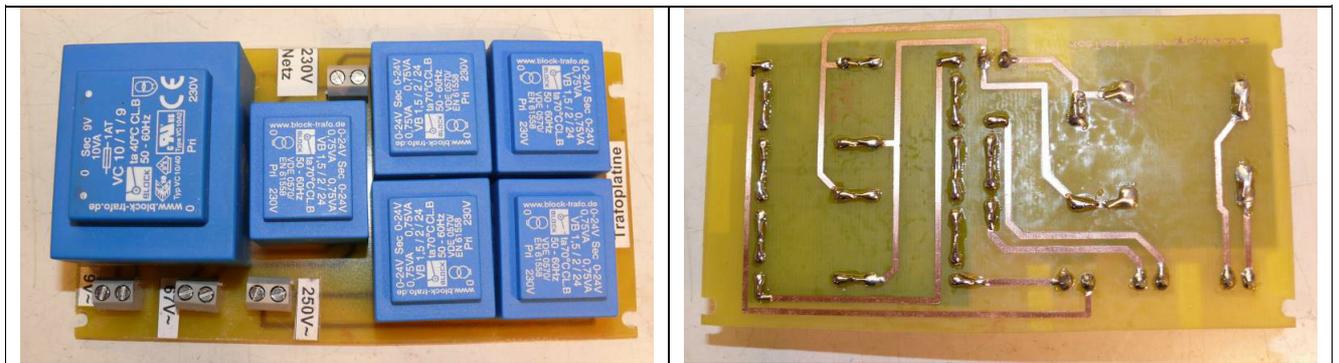


Ganz wichtig: Steckkarten und Hauptplatine unbedingt genau kennzeichnen und auf keinen Fall vertauschen, da das Gerät ansonsten beschädigt wird! Im laufenden Betrieb dürfen keine Steckkarten entfernt oder eingesteckt werden!

9) Platine G3-Spannung



10) Trafoplatine



Die Rückseite der Trafoplatine habe ich nachträglich mit Heißkleber isoliert.

Aufbau:

Allgemeine Aufbaumöglichkeiten:

a) Einbau beliebig vieler Röhrenfassungen

Vorteile:

- kein Wechsel von Adapterfassungen nötig

Nachteil:

Je mehr Fassungen eingebaut werden und je mehr Verdrahtung vorhanden ist, desto größer ist die Gefahr von Schwingneigung in bestimmten Situationen.

*Beispielaufbau anhand des **RoeTest 2:***



b) Einbau gar keiner Röhrenfassung, sondern nur einer Adapterfassung oder einer Steckverbindung, in die Adapter mit einzelnen Röhrenfassungen gesteckt werden können

Vorteile:

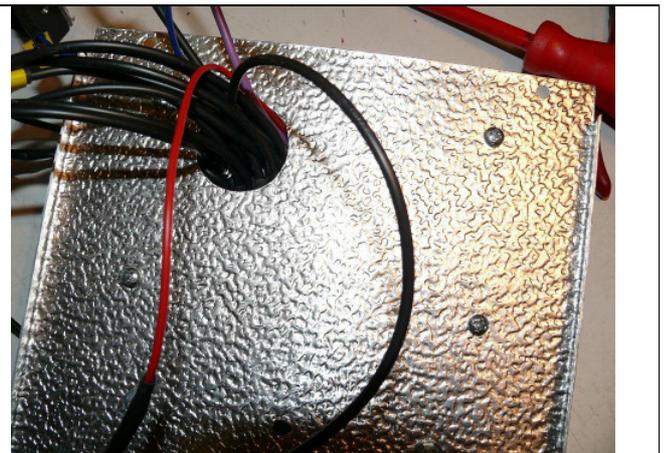
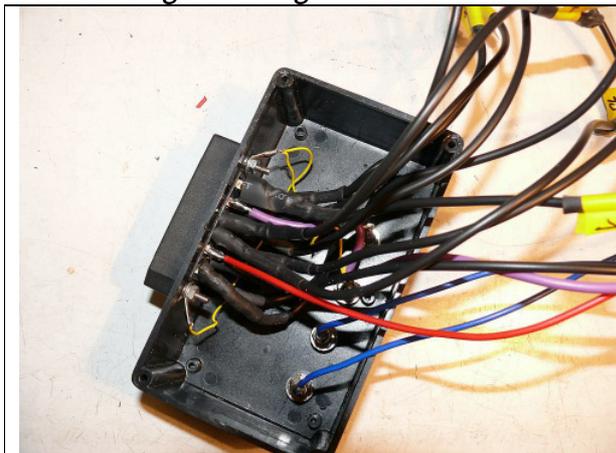
- Gefahr der Schwingneigung kleiner
- Flexible Erweiterung möglich

Für das RoeTest4 habe ich diesmal die Option b gewählt. Es ist einfach, beliebige Fassungsboxen anzustecken. Verwendet wurde eine 12-polige Steckverbindung. Neben den 10 Anschlüssen für die Röhrenstifte wurde die Masse und die Heizspannung an der Steckverbindung herausgeführt.

Empfehlung:

- robuste Steckerbindung wählen
- auf ausreichenden Drahtquerschnitt achten
- auf ausreichende Isolation achten
- möglichst kurze Verbindungen wählen
- Feritperlen im RoeTest vor Steckerverbinder und in Fassungsboxen direkt vor Röhrenfassungen
- Alle herausstehenden Metall-Schrauben sind mit Masse zu verbinden (Berührungsschutz)

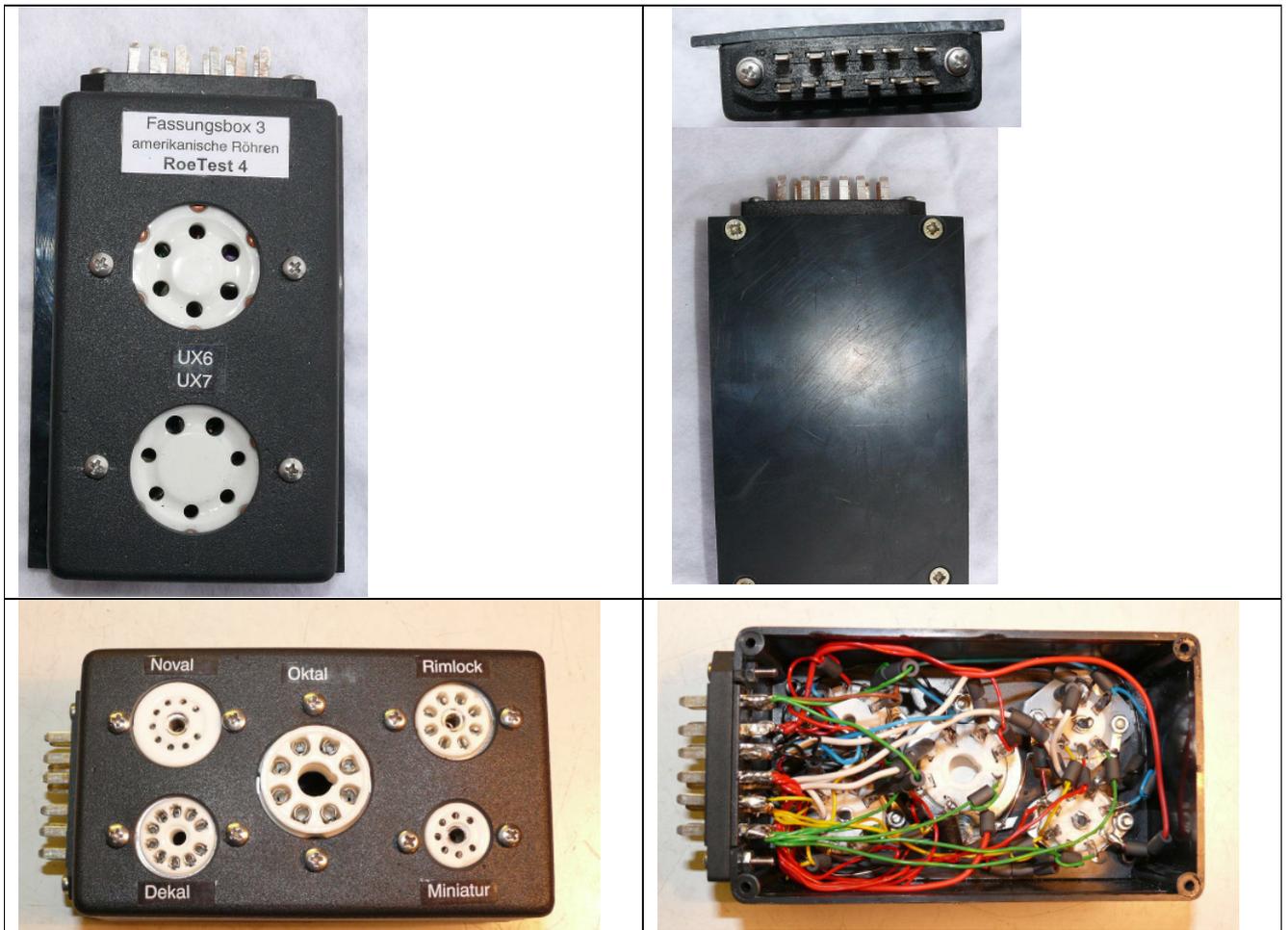
Steckverbindung mit Fassungsboxhalter RoeTest4: (die 10 Verbindungen zu den Röhrenstiften haben direkt am Steckkontakt jeweils 3 Feritperlen, die mit Schrumpfschlauch überzogen sind). Bananenbuchsen für Stift 9 und 10 (werden auch für Seiten- und Obenanschlüsse von Röhren verwendet), Masse und ext. Heizzuführungsbuchsen wurden separat an Bananenbuchsen herausgeführt. Steckverbinder und Bananenbuchsen werden in ein Plastikgehäuse eingebaut und dieses oben auf das Gehäuse geschraubt. Der Fassungsboxhalter besteht aus Plastik und Alu und hat zwei Führungsschienen, in welche die Fassungsboxen geschoben werden können.





Beispiel Fassungsboxen RoeTest4:

Die preiswerten Plastikgehäuse erhalten einen neuen Boden, der etwas breiter als das Gehäuse ist. Die Fassungsbox kann damit in die Führungsschienen des Fassungsboxhalters geschoben werden.





weitere Infos zu den Fassungsboxen siehe auf meiner Internetseite unter Tipps

Gehäuse:

Beim Aufbau ist man weitgehend frei. Ich gebe folgende Tipps:

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

- leichte Zugänglichkeit für alle Bauteile, insbesondere der Trimmer, Karten, Testpunkte auf den Karten
- Belüftung
- Kühlkörper für Leistungsmosfets außen/oben (Wärme im Inneren des RoeTest vermeiden)
- keine Löcher, durch die Bauteile im Inneren des Geräts berührt werden können (Vorsicht hohe Spannungen!)
- alle nach außen geführten Metallteile müssen geerdet sein!

Zur Kühlung der Mosfets ist ein externer Kühlkörper erforderlich. Die Mosfets sind isoliert auf dem Kühlkörper zu befestigen. Der Kühlkörper ist - wie das Gehäuse und der Schaltungsnullpunkt (Hauptplatine) mit der Erde der Netzzuführung zu verbinden). Die Verbindung der Mosfet-Anschlüsse zur Hauptplatine/Spannungsplatinen erfolgt mit kurzen Drahtverbindungen (Heizspannung ausreichender Querschnitt).

Auf Berührungsschutz, Zulentlastung, Netzsicherung und sonstige Sicherungsmaßnahmen (entsprechend den Vorschriften eines jeden Landes) ist zu achten.

Man kann sich sowohl an nachstehendem Aufbau orientieren, als auch am RoeTest2/3 oder einen der Fremdnachbauten auf meiner Internetseite, oder natürlich auch seine eigenen Ideen verwirklichen.

Weitere Gehäusevorschläge (preiswert, einfacher als Gehäuseselbstbau):

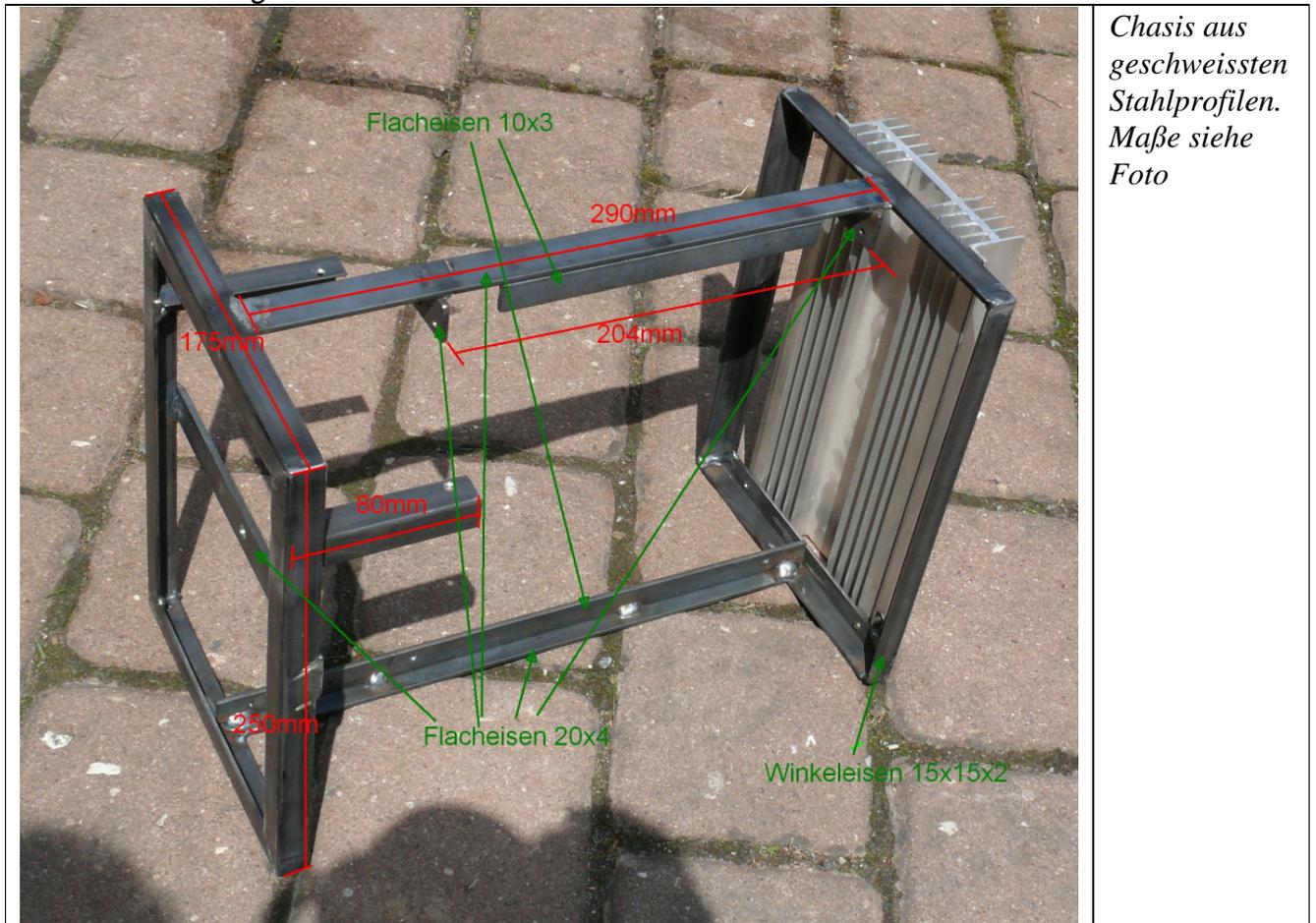
- Alukoffer (siehe RoeTest2)
- altes PC-Gehäuse - diese sind in unterschiedlichsten Ausführungen kostenlos erhältlich

Mein Musteraufbau des RoeTest4:

Diesmal habe ich einen anderen Aufbau gewählt. Die Hauptplatine wurde in zwei Teilen gefertigt. Diese sind mit wenigen (flexiblen) Drahtbrücken verbunden und wurden Rücken an Rücken im Chassis montiert. Dabei wurden die Hauptplatinenteile klappbar befestigt, damit man bei Bedarf auch an die Rückseiten der Hauptplatinen herankommt, ohne das ganze Gerät zerlegen zu müssen (Verkabelung entsprechend ausgelegt).

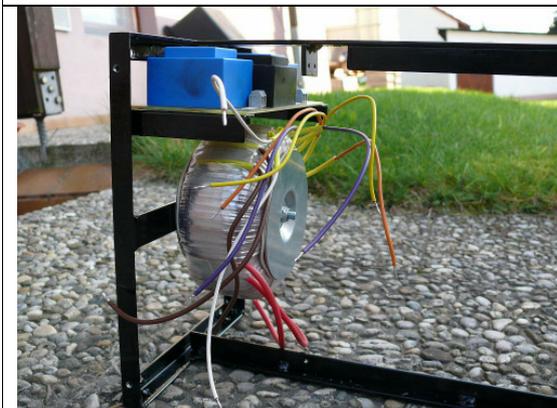
Meine speziellen Anforderungen (für Normalnutzer nicht erforderlich):

Für Demonstrationszwecke habe ich die Gehäuseseiten aus Plexiglas gefertigt. Außerdem kann ich die Seitenteile ohne Werkzeug abnehmen, da ich für Test und Weiterentwicklung ständig an die Hardware ran muß. Der Pic-Mikrocontroller sitzt bei mir in einer Nullkraftfassung, damit ich diesen leicht wechseln kann.

Nachstehend einige Fotos von meinem Aufbau des RoeTest4



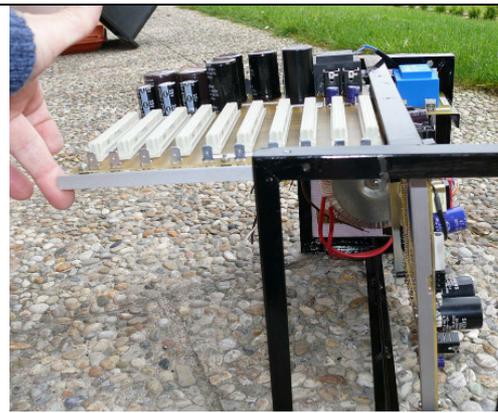
Auf der Frontplatte sind Netzschluß (m. Schalter/ Si-Filter) und Anschlußplatte (LED's und USB- Buchse) angebracht, die Frontplatte ist mit den Griffen (Möbel- beschläge am Chasis befestigt.



Befestigung Haupttrafo und Trafo- platine am Chasis



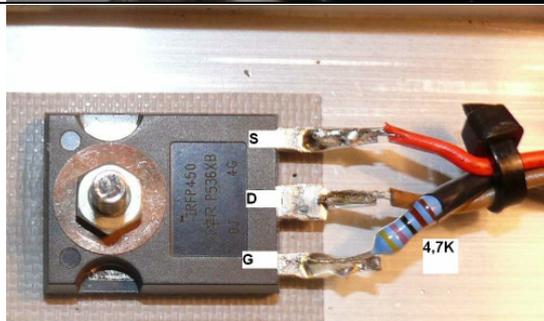
Einbau der Haupt- platine (zwei Teile - Rückseite an Rückseite)



die Teile der Hauptplatine sind klappbar befestigt, so daß man auch an die Rückseite herankommt



Erdung des zentralen Massepunktes auf der Hauptplatine! Der Massepunkt ist mit einem Metallabstandshalter mit der Aluschiene verbunden. Der Erdanschluß der Netzzuführung ist über Kabel mit diesem Massepunkt **und** über ein weiteres Kabel direkt dem Chassis verbunden.

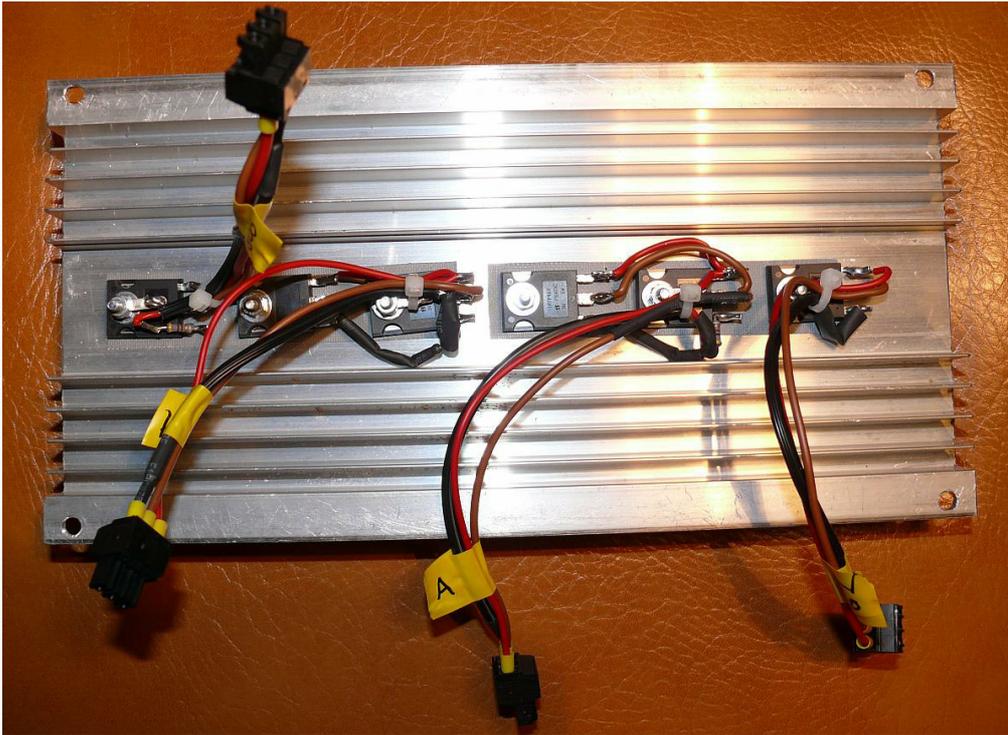


MOS-Fets:
Die MOS-Fet's werden isoliert auf einem Kühlkörper befestigt.

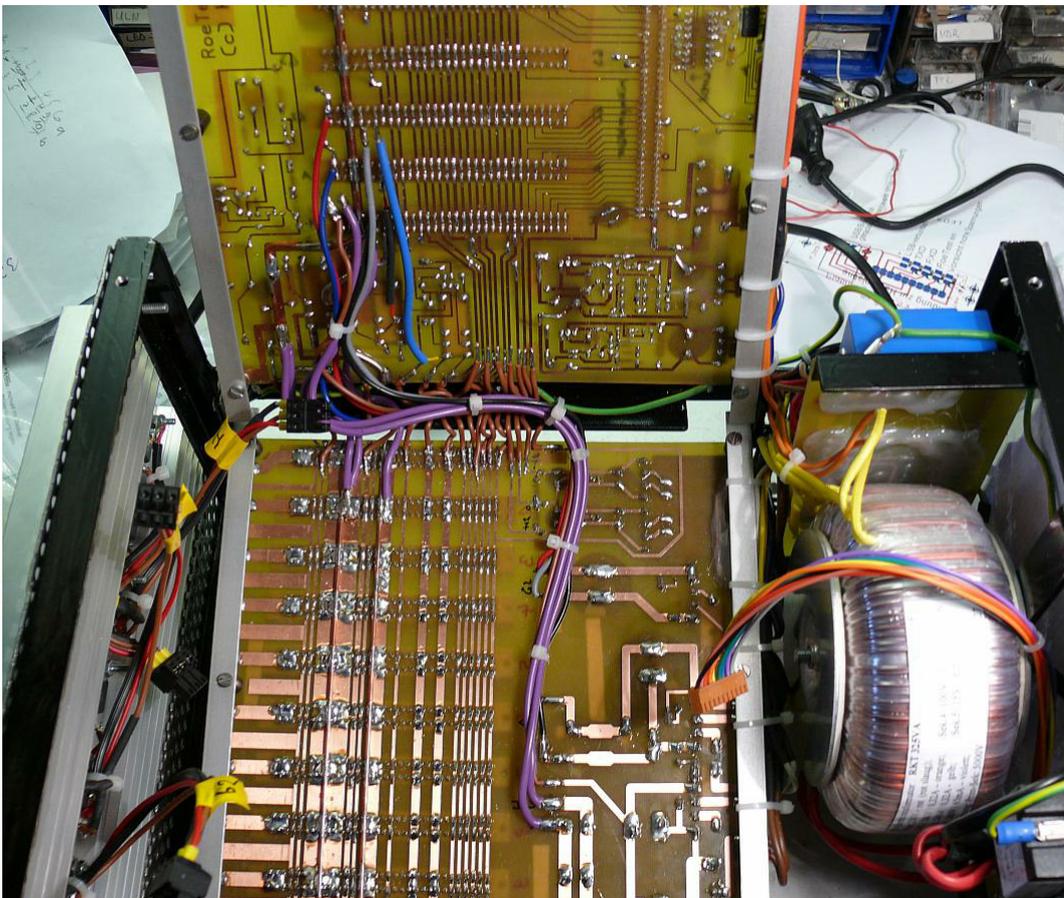
An den Gate-Anschluß ist direkt ein Widerstand von 4,7 KOhm zu löten, daran die Kabelverbindung zur jew. Platine.



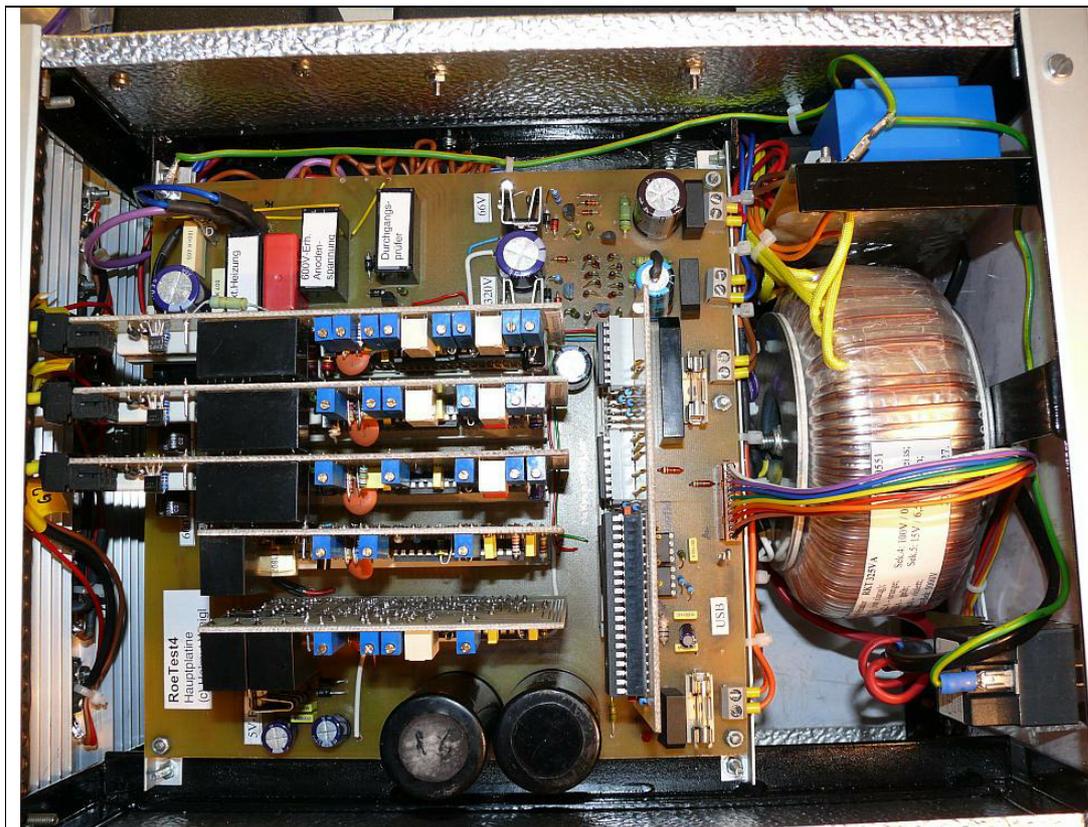
Für Heizspannung und Anodenspannung werden jeweils zwei MosFet's parallelgeschaltet. Source und Drain werden direkt verbunden. Die Gate-Anschlüsse werden über jeweils einen 4,7 K-Widerstand verbunden.



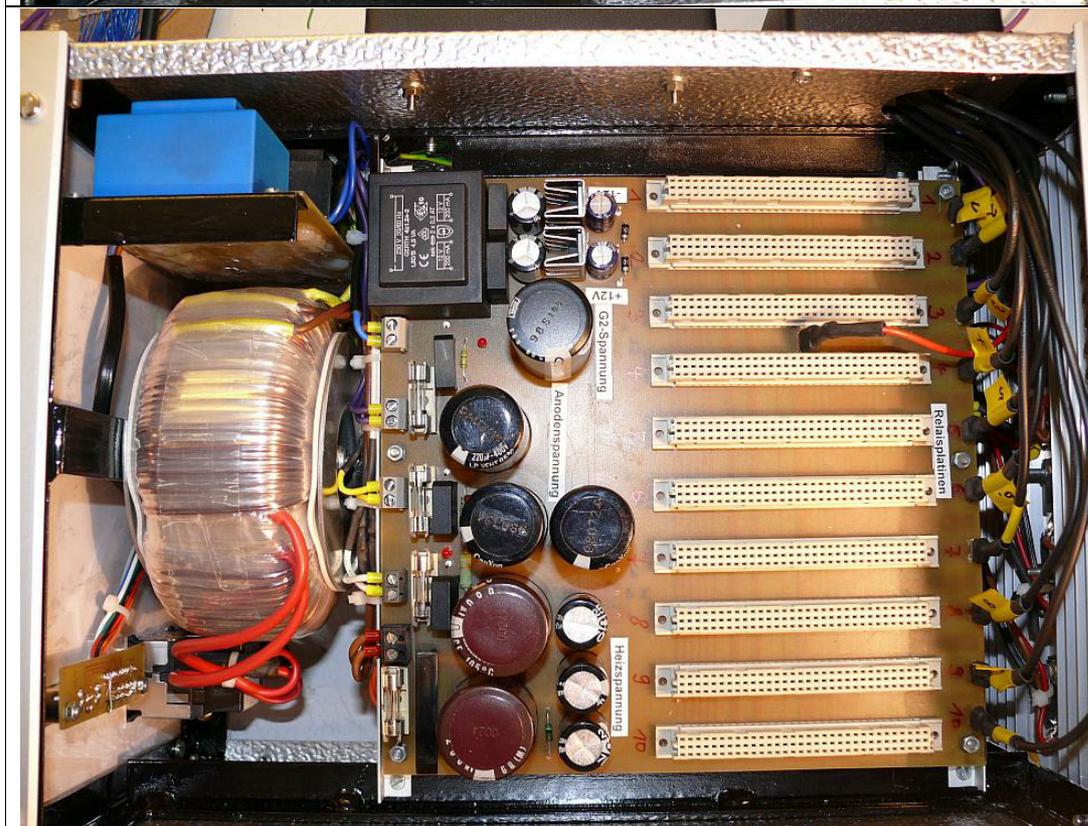
Die Gate-Leitungen zur Platine sind geschirmt. Die Abschirmung wird mit Masse (am Kühlkörper) verbunden.



Verbindung der beiden Hauptplatinenteile über flexible Litzen (wegen klappbarer Befestigung der Hauptplatinenteile)



linke Seite mit
Spanns-
platten und
Mikro-
prozessor-
platine



rechte Seite
ohne Relais-
platten



Zwischen den seitlichen Aluschielen und dem Stahlchassis befindet sich ein Plastikstreifen, so daß sich eine Führungsschiene ergibt, in welche die Seitenteile eingesteckt werden können.



Fertig: Linke und rechte Seite

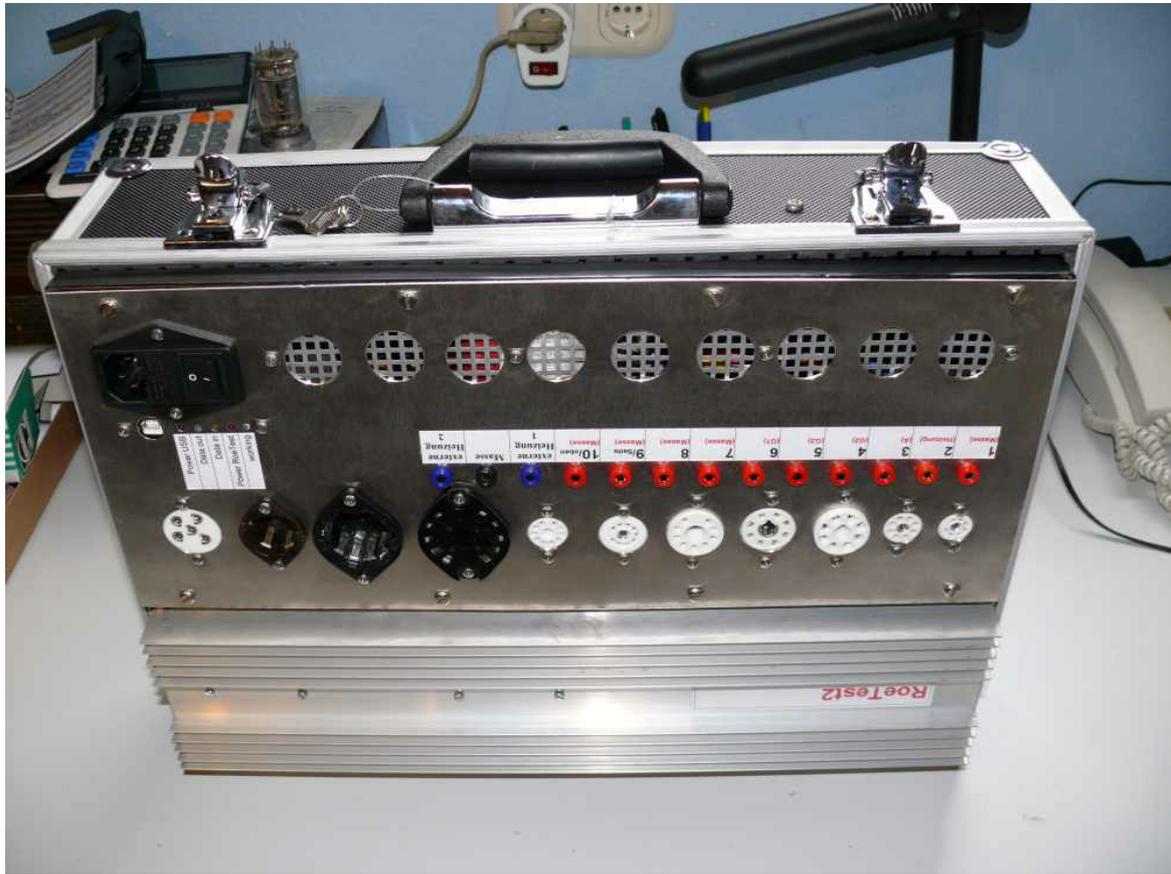


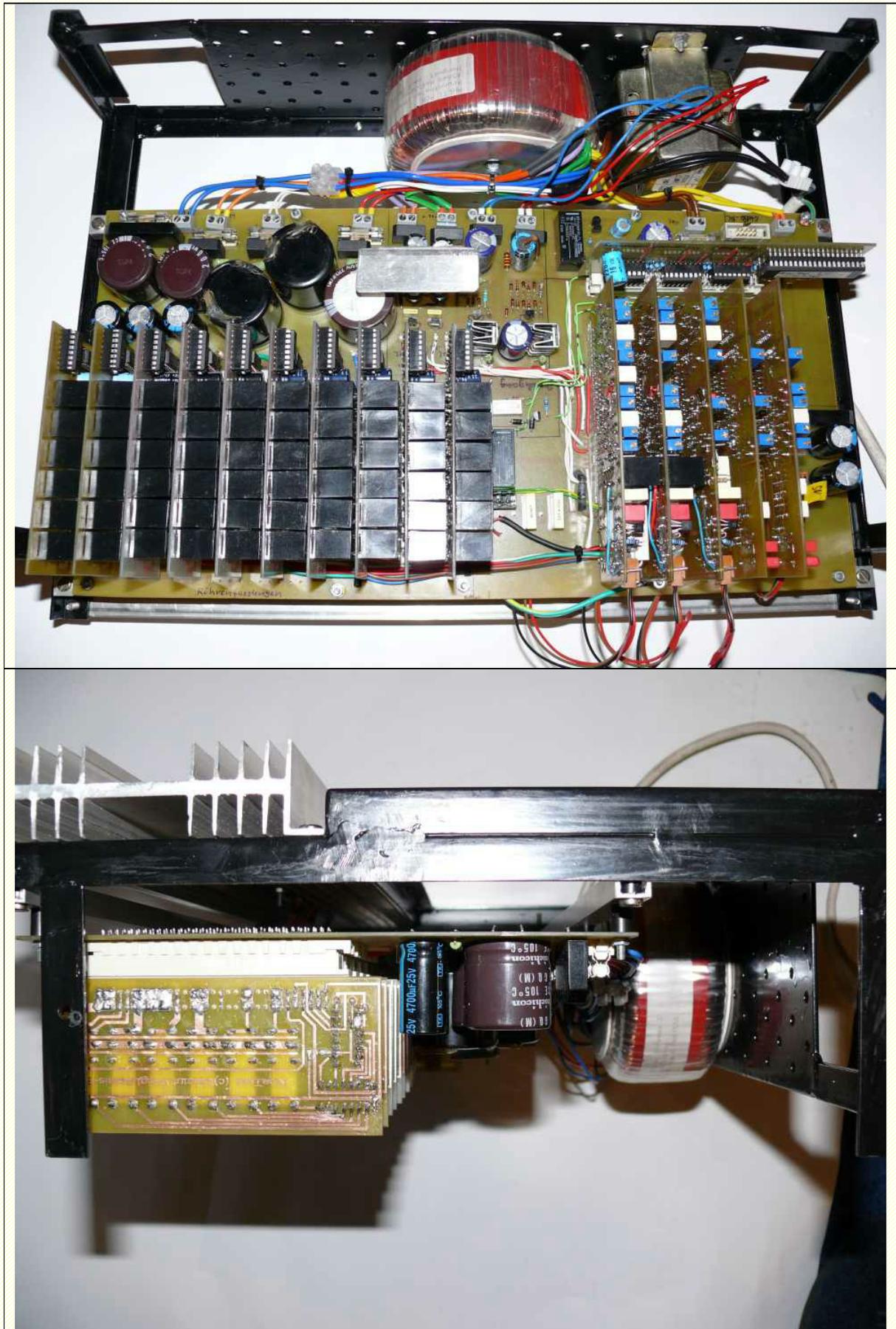
unten und oben

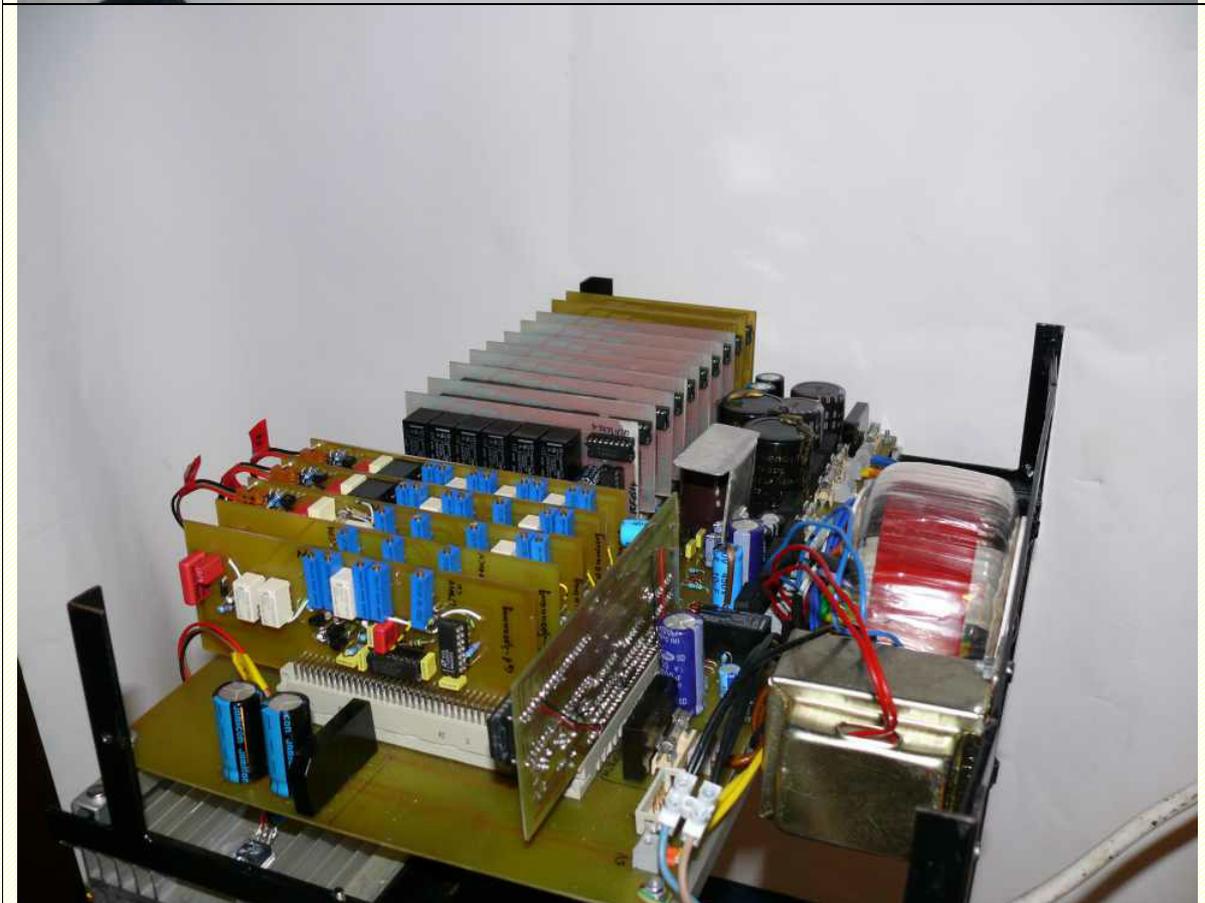
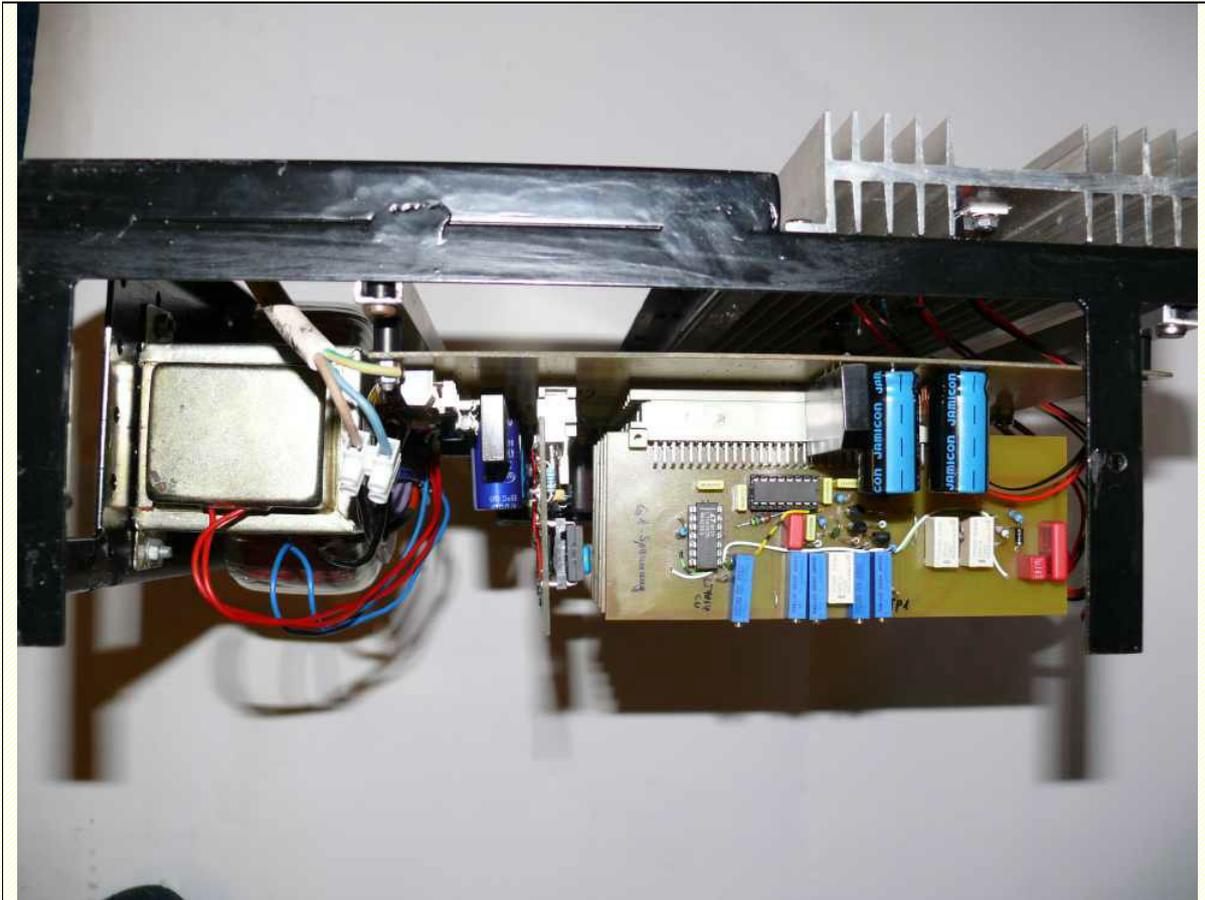


*Gesamt-
ansicht*

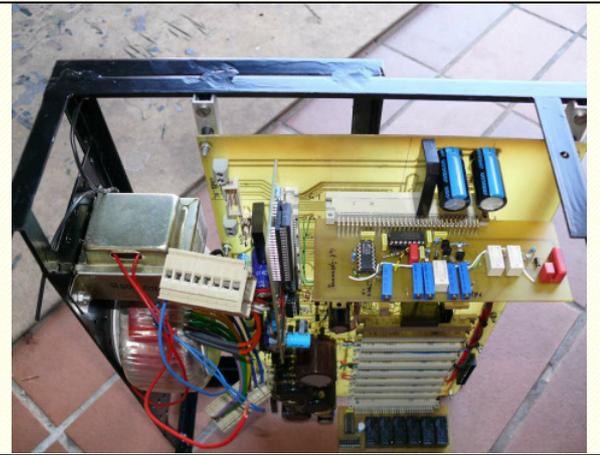
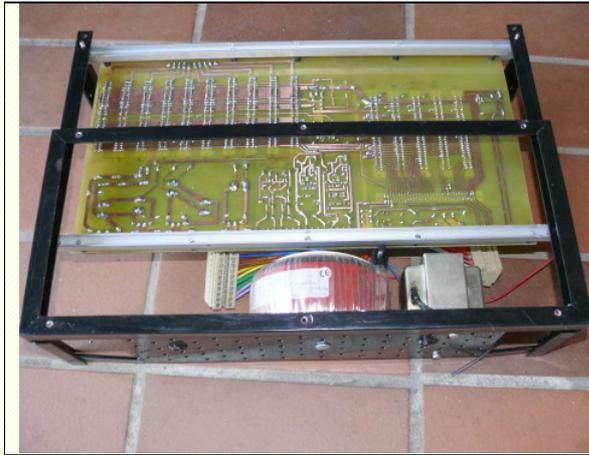
*anderes Beispiel (auch so könnte man das RoeTest4 aufbauen):
Musteraufbau des RoeTest2 - Gehäuse ist ein Alukoffer, Röhrenfassungen fest eingebaut, Stahlchassis:*











Verdrahtung:

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

- Netzfilter vorsehen)
- Primärsicherung/en vorsehen) Kombielement oder einzelne Teile
- Netzschalter)
- Netzleitungen zu den Primäranschlüssen der Transformatoren verdrahten
- Metallgehäuse, Kühlkörper, Chasis und Schaltungsnullpunkt auf der Hauptplatine mit Erde (Netzzuleitung) verbinden.
- Sekundäranschlüsse der Trafos zu den Platinen
- Verbindung zu der Anschlußplatine:
10-poliges Kabel (so kurz wie möglich)!
- Verbindung von der Hauptplatine zu den Röhrenfassungen oder zum Steckkontakt für Fassungsboxen (entweder geschirmte Kabel verwenden oder kurze Leitungen)
- Ich empfehle, sämtliche Zuleitungen zu den Röhrenfassungen mit ein oder mehreren (Ferit-) Dämpfungspierlen zu versehen (direkt an den Röhrenfassungen, zusätzlich habe ich welche am Steckkontakt für die Fassungsboxen vorgesehen).
- Die Nummerierung der Röhren-Stifte muß der Nummerierung der Datei "RoeSockel.dbf" entsprechen (Hinweis: RV12P2000: Röhre von unten, nicht Fassung von unten!)
- Die Leistungs-MOS-Fets (IRFP460) werden isoliert auf einem großen Kühlkörper befestigt. der Kühlkörper ist mit Erde zu verbinden.

Sicherungstabelle:

In den Schaltplänen sind keine Werte für die Sicherungen eingetragen. Primärseitig hängt dies von den verwendeten Trafos ab (Einschaltstrom). Sekundärseitig müssen die Sicherungen so gewählt werden, daß diese bei kurzzeitigen Spitzen nicht auslösen. In meinem Gerät (RoeTest4) habe ich folgende Sicherungswerte (alle träge) verwendet:

primär	1,5 A
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	0,1 A
Relais	1,5 A

Anmerkung: Voraussetzung für die Sicherungswerte: Softstart mit NTC

Inbetriebnahme:

Bitte vor Inbetriebnahme nochmals alles auf korrekte Verdrahtung prüfen. Insbesondere ob auch alle Masseverbindungen korrekt ausgeführt sind (u.a. Drahtverbindungen auf Hauptplatine- Masseverbindung der Relaisspannung, der +/-12-V Festspannung, -67V-Festspannung, +330V-Festspannung).

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:

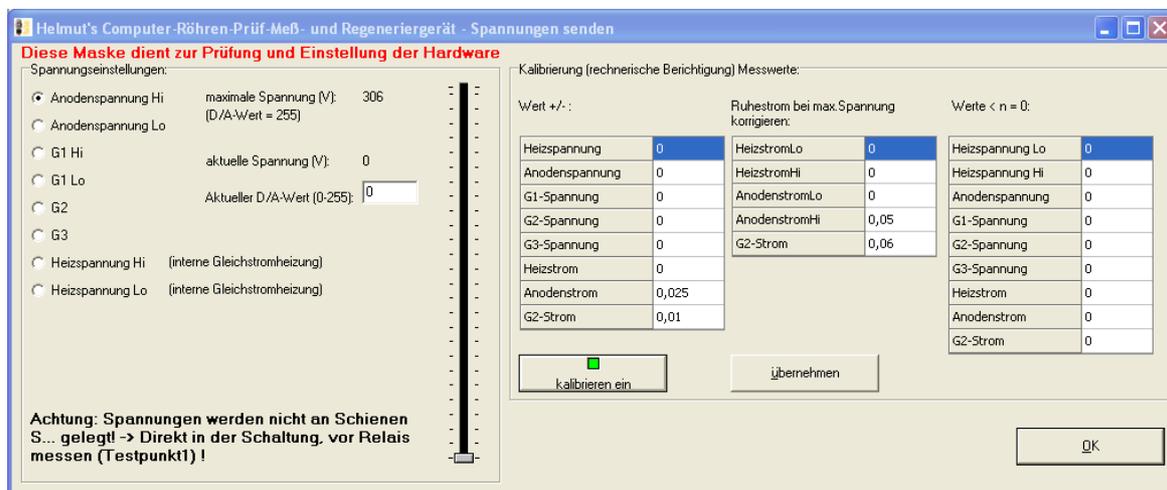
- Die Netzteile der Reihe nach einzeln testen und Spannungen messen (ohne Steckkarten). Insbesondere prüfen, ob die Leerlaufspannungen nicht zu hoch sind (Spannungsfestigkeit der Ladeelkos bei den hohen Spannungen)
- zuerst +12 und -12-Volt, +5V, Relaisspannung, -67V (Leerlaufspannung vor Glättung ca. 90V), +330V (Leerlaufspannung vor Glättung ca. 380, max 400 V).
- Spannungsabfall über sämtliche BF244 kontrollieren (sollte etwa 25V betragen - max. 30V) - eventuell Vorwiderstand anpassen.
- Dann Sekundärsicherungen für Heiz-, Anoden- und G2-Spannung einsetzen und die Spannungen messen (Lötstifte auf Hauptplatine vorsehen - hier können die Elkos bei Bedarf auf entladen werden). Leerlaufspannungen A/G2- ca. 350V.
- für nachstehende Tests die Anoden, G2, Heizspannung abklemmen (Sekundärsicherungen entfernen)
- Mikrocontrollerplatine einsetzen, 5V-Netzspannung anlegen (schwingt Quarz - Oszi?)
- Anschlußplatine an Hauptplatine anschließen und mit PC verbinden. 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 und Schnittstelle in PC-Software einstellen, sowie RoeTest mit PC über USB-Kabel verbinden - siehe Bedienungsanleitung). Der Pic sollte reagieren wenn ein Befehl gesendet wird (z.B. Kurzschlussstest - Vorsicht/Betrieb-LED muß reagieren).
- +5V und Relaisspannung ein, PC-Software Durchgangsprüfer-Relais testen
- Relais-Platinen einstecken (incl. PCF8574(A)), Mit PC-Software Pin-Relais-Testen (eine Platine nach der anderen)
- Alle anderen Karten einstecken und Relais testen (PC-Software)
- PCF8591 auf den Spannungsplatinen testen. Mit PC-Software ansteuern. Mit Schieberegler der PC-Software müssen an den Pin 15 der PCF8591 Spannungen von 0-5 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)

Abgleich:

Zum Abgleich muß das Gerät fertig aufgebaut sein und das Gerät vollständig funktionieren. Nach dem Einschalten erfolgt zuerst ein Grobabweich 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.

Zum Abgleich der Hardware gibt es unter Optionen folgende Maske:



Hier lassen sich die Spannungen der einzelnen Karten per Schieberegler einstellen. Achtung:

- Die Spannungen werden nicht an die Schienen geschaltet (Messinstrumente und Belastungswiderstände sind an Testpunkt 1 der jeweiligen Karte anzuschließen)
- Es gibt hier keine Überstrom-/Kurzschlußabschaltung - bitte MOSFet's nicht überlasten (Nicht erlaubt ist beispielsweise: Volle Anodenspannung von 300V bei Kurzschluß des Ausgangs für längere Zeit. In diesem Falle würde der volle Kurzschlußstrom - w/Strombegrenzung - von ca 350 mA über den MOSFet bei einer Source-Drain-Spannung von ca. 330V = 115 Watt abfallen. Die Leistung würde zwar von den MOSFets für kurze Zeit verkräftet. Allerdings würden diese - trotz des großen Kühlkörpers - sehr, sehr heiß werden.)

Abgleich gesteuerte Netzteile (Spannungsbereiche):

Im folgenden wird der Abgleich für die Anodenspannung beschrieben. Diese Anleitung gilt analog auch für den Abgleich der Heiz-, G1, G2, G3-Spannungen.

Zuerst den Nullpunkt:

Multimeter mit Spannungsbereich bis ca. 400 V anschließen (Testpunkt 1 auf jeweiliger Karte gegen Masse).

Software: Optionen-Spannungen senden, Software-Offsetkompensation aus

Der "Nullpunkt" - Poti "unten" - wird nicht wirklich bei 0 V eingestellt. Gewählt wird der kleine Anodenspannungsbereich (0-51 V) und anschließend die kleinste notwendige Spannung von 6V mit dem Schieberegler der Software eingestellt. Anschließend das Poti auf der Anodenspannungsplatine (in Schaltplänen mit "unten" bezeichnet) so einregeln, daß das Multimeter auch 6V anzeigt. Als nächstes wird der Schieberegler auf 50 V hochgeregelt und das Spannungspoti auf der Platine für den kleinen Bereich eingestellt. Da sich die Potis geringfügig gegenseitig beeinflussen, ist der Abgleich evtl. zu wiederholen.

Anschließend wird in der Software in den großen Bereich gewechselt (0-306V). Einstellung per Schieberegler von 300 V und Einstellung des Potis für den großen Bereich auf der Platine. Das Nullpoti nicht mehr verstellen!

Alle Einstellungen erfolgen ohne Lastwiderstand.

Die Einstellungen erfolgen für die Anoden-, G2-, Heiz-, G1- und G2-Platine auf die gleiche Weise. Nachstehend werden die von mir empfohlenen Abgleichpunkte genannt (in V):

	Nullpunkt ("unten")	kleiner Bereich	großer Bereich
Anodenspannung	6	50	300
G2-Spannung	6		300
Heizspannung	0,6	12,6	120
G1-Spannung	-0,4	-5	-50
G3-Spannung	-0,4		-50

Abgleich 600V-Spannungserhöhung für Anodenspannung (optional, falls aufgebaut): Siehe separate Anleitung für diesen Bereich.

Abgleich Spannungsmessbereiche:

Mit den Trimpotis die Spannungsmessbereiche so einstellen, daß die virtuellen Messinstrumente der PC-Software die gleichen Werte anzeigen wie das Multimeter (dabei Spannung kurz vor oberstem Wert nehmen, z.B. Anodenspannung 300V). Ein Offsetabgleich ist nicht möglich. Dieser kann bei Bedarf (nur im Notfall - wenn kein anderer Fehler ermittelt werden kann) in der Software eingestellt werden. Z.B. Offset +0,1 Volt -> in Softwarekompensation eintragen -0,1 Volt (Optionen/Test->Spannungen senden->Kalibrierung Messinstrumente->unterer Wert (erst mit Button "übernehmen" werden die Werte berücksichtigt).

Feintuning der Heizspannungsmessung

Problem:

Schließt man ein Multimeter an einer Röhrenfassung an und misst (z.B. im manuellen Modus die Heizspannung), so stimmt der Messwert gut mit der Anzeige des RoeTest überein. Wird die Spannung belastet (z.B. Einstecken einer Röhre mit ca. 1 A Heizstrom), kann es sein, daß die Anzeige des Multimeters nicht mehr genau mit der Anzeige des RoeTest übereinstimmt (das RoeTest zeigt z.B. eine geringfügig höhere Spannung als das Multimeter an - abhängig vom entnommenen Strom).

Ursache:

Auch Leiterbahnen, Steckverbinder, Relaiskontakte, Kabel, etc. haben Widerstände. Fließt über diese Widerstände ein Strom, so fällt eine Spannung darüber ab. So auch im RoeTest. Dieser (sehr geringe) Spannungsabfall kann Auswirkungen auf die Messwertanzeige haben. Betroffen ist nur der kleine Heizspannungsbereich (0 - 12,75V), da nur in diesem Bereich mehrere Faktoren zusammenkommen:

- hohe Ströme fließen
- der Messverstärker eine hohe Verstärkung erbringen muß
- eine geringe Mess-Abweichung im Verhältnis zu den geringen Spannungen merkbar ist (bei 300V Anodenspannung würde ein Messfehler von 0,1V vernachlässigbar sein!)

Das Problem des Spannungsabfalles betrifft hauptsächlich die Masseleitung. Obwohl diese als breite Leiterbahnen auf Hauptplatine und Heizspannungsplatine ausgeführt sind (und noch mit 2,5m³ Draht verstärkt werden), erfolgt dennoch ein Spannungsabfall. Dieser Spannungsabfall kann den 0-Punkt des Messverstärkers, bzw. den Fußpunkt des Spannungsteilers für die Spannungsmessung verschieben:

Anodenspannungsbereich 50 V wählen.

Einen entsprechend belastbaren Widerstand ca. 1200 Ohm/75 W und ein Milliampereometer (Multimeter) am Ausgang des Netzteils (nach Strombegrenzungswiderstand, vor Relais - Testpunkt1) gegen Masse anschließen.

Tipp:

In Ermangelung eines solchen Belastungswiderstandes eignet sich auch eine 230V/40Watt Glühlampe.

Mit Schieberegler Spannung so hochregeln, daß ca. 20 mA vom Multimeter angezeigt werden. Nun Trimpoti für kleinen Bereich so einstellen, daß am virtuellem Instrument ebenfalls 20 mA angezeigt werden.

Spannung im 300V-Bereich hochregeln bis 150mA angezeigt werden und Trimpoti für den großen Bereich entsprechend einstellen.

Schieberegler zurück und langsam hochfahren. Bei ca. 25 mA muß das Relais für die Bereichsumschaltung klicken. Beim Zurückregeln schaltet das Relais wieder zurück in den kleinen Bereich (mit etwas Hysterese). Nur durch eine genaue Einstellung der Trimpotis erfolgt ein genauer Übergang von Bereich zu Bereich!

Ein Offsetabgleich ist nicht möglich. Dieser kann bei Bedarf in der Software eingestellt werden. Z.B. Offset +0,02 mA -> in Softwarekompensation eintragen -0,02 mA (Optionen/Test->Spannungen senden->Kalibrierung Messinstrumente->unterer Wert (anschließend unbedingt Button "übernehmen" drücken).

Bei großen Offsetspannungen ist die Ursache zu suchen und diese vorrangig zu beheben (z.B. anderer OP).

Belastungswiderstände wieder entfernen. Wird nun die Spannung voll hochgeregelt, sollte weiterhin als Strom 0,0 mA angezeigt werden. Wird hier ein größerer Strom angezeigt, stimmt vermutlich mit der Masseführung etwas nicht. Der Fehler ist zu suchen. In meinem Musteraufbau wird lediglich beim empfindlichsten Bereich (G2-Strom 0-5mA) ein Fehlerstrom von 0,075 mA angezeigt. Für diesen Fall, gibt es die Möglichkeit den "Ruhestrom bei maximaler Spannung" per Software rechnerisch entfernen zu lassen.

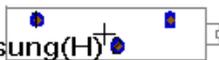
Damit man die zahlreichen Trimpotis nicht verwechselt, habe ich eine Abgleichschablone entworfen. Die Schablone einfach (in entsprechendem Maßstab) ausdrucken.

Abgleichschablone

für H, A, G2, G1, G3-Platinen

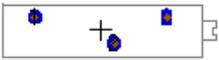
Seite MosFets

Offset Spannung unten 

Kompensation Spannungsmessung(H) 

Spannung großer Bereich 

kleiner Bereich Relais = 0 

Spannungsmessung großer Bereich 

kleiner Bereich Relais = 0 

Strommessung großer Bereich 

kleiner Bereich Relais = 0 

Seite Trafos

Strombegrenzung:

Im RoeTest existieren folgende Strombegrenzungen (Hardware-Strombegrenzung):

	max. abzugebender Strom	Strombegrenzung bei
HeizspannungsbereichLo	ca. 5000 mA (maximal)	ca. 6000mA
Heizspannungsbereich Hi	500 mA	ca. 600 mA
Anodenstrom	255 mA	ca. 350 mA
G2-Strom	51 mA	ca. 68 mA

Da die Strombegrenzung etwas von den Toleranzen der Halbleiter und Widerstände abhängt, sind die Werte für die Strombegrenzungswiderstände eventuell durch Ausprobieren zu optimieren. Die Trafos sollten die Ströme (ca. 1,25 Lastfaktor berücksichtigen) bei Normallast dauerhaft liefern können.

Hardware-Strombegrenzung testen:

Heiz-, Anoden- und G2-Spannung (der Reihe nach testen):

-> Belastbaren Widerstand und Spannungs- und Strommesser an RoeTest (Testpunkt 1 gegen Masse) schalten (z.B. Glühlampe), 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).

Achtung: Für die Strommess- und Strombegrenzungswiderstände sind zwingend **Drahtwiderstände** (5W) zu verwenden (normale Schichtwiderstände sind mir bereits mehrfach ausgefallen - Strom-Spannungsfestigkeit??).

Spannungsregelung der H-, A, G2-Karten testen:

Ab RoeTest 4 gibt es eine elektronische Spannungsregelung. 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.

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.

Achtung: Funktioniert der Durchgangsprüfer trotz richtiger Beschaltung nicht zuverlässig, könnte dies an irgendwelchen Spannungen ohne Massebezugspunkt liegen. A, G2- und H-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). Minus der Relaisversorgung muß auf der Hauptplatine korrekt mit der Masse der Platine verbunden sein.



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 Messmöglichkeiten des RoeTest sind jedoch um ein vielfaches umfangreicher, einfacher und komfortabler.

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
- Platinenvorlagen und Bestückungspläne (target-Dateien)
- weitere Fotos
- PC-Software
- zahlreiche Texte und Anleitungen

Der Pic-Mikrocontroller ist nur fertig programmiert bei mir erhältlich

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

www.roehrentest.de