

**RoeTest Nachbau
von Frank Theis 2014
Bericht vom 17.01.2015**



Steckbrief:

Hardware:	Version 7.2 + Spannungsupgrade V8.0
Firmware:	Version 7.2
Software:	Version 7.8.0.0
Erstellung:	10-2014 bis 01-2015
Fertigstellung:	17.01.2015
Arbeitszeit:	160h
Material:	1.200€
Design:	19"-Tischgerät mit Frontadaptern

Hintergrund:

Vor 40 Jahren habe ich angefangen, mich anhand der damaligen Röhrentechnik mit Elektronik zu befassen. In den Siebzigern hat dann die Halbleitertechnik die Röhren abgelöst und auch mein Elektronikalltag hatte immer weniger mit Röhren zu tun. Heute gibt es jede nur vorstellbare Elektronik gerade auch im Audibereich nur noch digital, perfekt und charakterlos uniform. Langsam vermisste ich den nicht perfekten aber so lebendigen Klang der guten alten Röhrentechnik und möchte den Bau von Röhrenverstärkern zu meinem Hobby machen.

Und dafür fehlt mir ein Gerät, das mir die präzise Charakterisierung und das Matchen bevorzugt von Audioröhren auf hohem Niveau erlaubt. Klassische Röhrenprüfgeräte sind dafür kaum geeignet. So habe ich weltweit recherchiert, was wohl das derzeit beste Röhrenmessgerät sein mag und bin – oh Wunder – in der eigenen Region auf Helmut Weigl und sein inzwischen weltweit berühmtes RoeTest gestoßen. Das Gerät, seine pfiffige Konzeption, die Nachbaumöglichkeit und das tolle Preis-Leistungsverhältnis haben mich sofort begeistert und so habe ich ein solches Gerät gebaut.

In diesem Bericht beschreibe ich meine Nachbau-Erfahrung für Andere, weil mich gerade die vielen tollen Nachbauberichte anderer inspiriert und wahrnehmbar unterstützt haben.

Mein Idealgerät:

Für mich und mein Elektronik-Labor erschien mir ein 19“-Gerät mit Anstecken der Fassungsboxen von vorne die beste Lösung. Koffergeräte mit Bedienung von oben scheinen mir eher für häufigen Transport wichtig, der bei mir nicht anfällt. Also habe ich entschieden, das Gerät aufbauend auf der aktuellen Elektronik Version 7.2 in einem 19“-Träger zu realisieren.

Der Bausatz Elektronik:

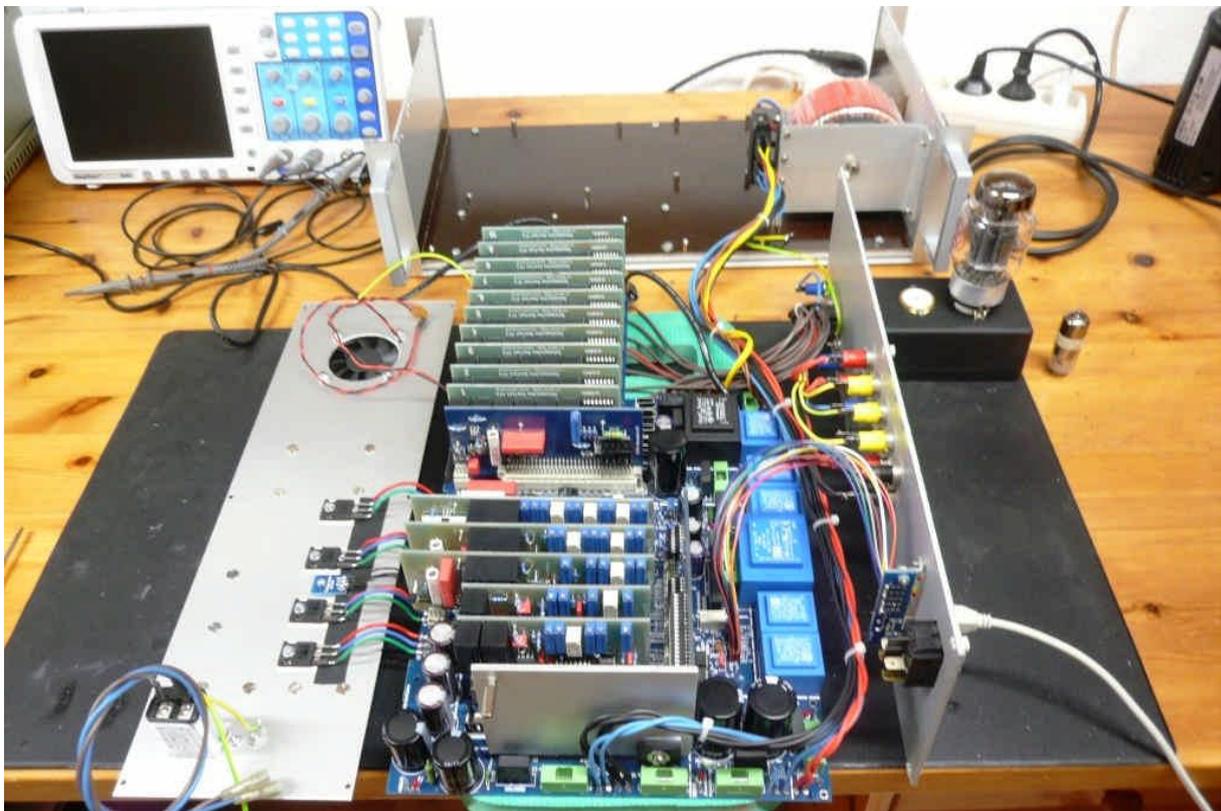
Bei Helmut Weigl kann ein toller kompletter Satz aus Leiterplatten, Transformator, Mikrokontroller und Software preiswert erworben werden, zusätzlich auch einige schwer beschaffbare Bauelemente. Den gesamten Rest der Teile habe ich bei Reichelt unter Nutzung der Bauelemente-Datenbank mit der Reichelt-Import-Funktion bestellt. Prompt sind etliche Positionen verloren gegangen, die ich in einem 2. Anlauf nachbestellen musste.

Bei Reichelt habe ich zusätzlich das sehr preiswerte 19“-Tischgehäuse GEH SG 1-19 (gietec 84TE Breite, 3HE, 24cm Tiefe) mit zusätzlicher Frontplatte und etwas 19“ Montagematerial gekauft (insgesamt ca. 100€). Dieses Gehäuse als Bausatz ist sehr einfach gemacht aber durchaus brauchbar. Es sind auch bereits gute Lüftungsmöglichkeiten in Boden und Deckel schon vorhanden.

Dann kam das, was richtig Spaß macht, die Bestückung der Leiterplatten. In 25h habe ich extrem sorgfältig alle Leiterplatten bestückt. Das geht richtig gut, weil die Leiterplatten prima mit den Bauteilwerten beschriftet sind. Bei einigen Bauelementen ist das Rastermaß nicht ganz perfekt dem Bauteil angepasst, aber die Bauteile lassen sich trotzdem noch gut bestücken. Etwas vermisst habe ich eine Bauteilnummerierung z.B. R1 um die Teile im Schaltplan wieder finden zu können. Dafür braucht es hier ohne Bauteilkennung immer etwas Zeit für die Rückverfolgung der Leitungen.

Anschließend habe ich - ungeduldig wie ich bin - schon mal den ersten Testlauf ohne Ringkerntrafo und ohne Spannungskarten aber mit der Mikrokontrollerkarte und den Relaiskarten gestartet. Und siehe da, dieses Gerät läuft tatsächlich auf Anhieb völlig problemlos an, Kommunikation mit PC klappt sofort perfekt und die ersten Testfunktionen (Relais schalten) funktionieren prima. Ohne Fehlersuche hatte ich das so nicht erwartet, aber die sorgfältige Bestückung auf tollen Leiterplatten lohnt sich.

Ab hier habe ich dann den gesamten Mechanik Aufbau erarbeitet und dann jeweils stückweise die Elektronik weiter zusammengesetzt und in Betrieb genommen. Auch dabei hat tatsächlich das gesamte Gerät jeweils sofort und ohne jede Fehlersuche perfekt funktioniert. Hier ein Bild zu den ersten Tests des weiter gereiften Gerätes:



Nur die Aufrüstung auf die erweiterten Spannungsbereiche „Version 8“ hatte ich bei der ersten Bestückung übersehen und dann in einem 2. Schritt als Umbestückung noch nachgezogen, auch hier lief alles völlig problemlos.

Der Elektronik-Bausatz hat in der aktuellen Version einen enorm hohen Reifegrad und exzellente Nachbaubarkeit erreicht. Von mir bekommt der Elektronik-Bausatz das Prädikat „Profi-Klasse“, absolut perfekt. In den letzten 30 Jahren habe ich mich so manches Mal zu Bausätzen hinreißen lassen aber dabei nie so gute Erfahrungen gemacht wie bei RoeTest. Es muss Helmut Weigl unendlich viele Arbeitsstunden und Optimierungsschritte gekostet haben, um diesen Reifegrad zu ermöglichen.

Die 19" Mechanik und ihre Besonderheiten:

Hauptplatine Anpassen

Der 19" Aufbau ist grundsätzlich gut möglich, weil die Hauptplatine von der Breite her mit 4mm Reserve gut in ein 19"-Gehäuse mit 84TE Breite hinein passt. Spannender ist da schon die Tiefe des 19"-Trägers. Die Hauptplatine hat im Originalzustand ca. 254mm Tiefe und nicht mehr wie in der Anleitung beschrieben 230mm. In meinem preiswerten 19" Gehäuse von gietec mit nur 240mm Tiefe außen verbleiben im Gehäuse nur 235mm nutzbare Tiefe.

Daher musste ich die Hauptleiterplatte um ca. 19mm in der Tiefe kürzen. Das funktioniert ganz gut, weil auf diesen letzten 19mm Tiefe die USB-Schnittstelle und die bei mir nicht benötigten Bananenbuchsen für die zusätzlichen Signale Seite/Top/Externe Heizung/Relais sitzen. Mit einem Fliesentrenner als Tischgerät gelingt das Kürzen der Leiterplatte sehr präzise wie auf einer Kreissäge (siehe Bild oben von der bereits gekürzten Hauptplatine).

Die USB-Schnittstelle wird bei mir losgelöst von der Hauptplatine über einen kleinen Kabelbaum nahe dem Mikrokontroller angeschlossen (das ist da schon perfekt dafür vorbereitet über eine dort im Layout vorhandene Anschlussbuchse). Zusätzlich habe ich die nun nicht mehr genutzten Signale zur alten Position des USB-Steckers aufgetrennt um diese Stichleitungen zu vermeiden (kann die USB-Signale beeinträchtigen, die sind sehr schnell). Das geht auch prima, weil genau diese Leitungen nur auf der Oberseite direkt an den Durchkontaktierungen mit einem einfachen Bohrer durch Ansenken getrennt werden können. Die Signale der Bananenbuchsen greife ich einfach auf der Lötseite direkt mit Leitungen ab.

Also 19mm weniger Tiefe sind machbar (ca. 5h Arbeitsaufwand bei sorgfältiger Arbeitsweise).

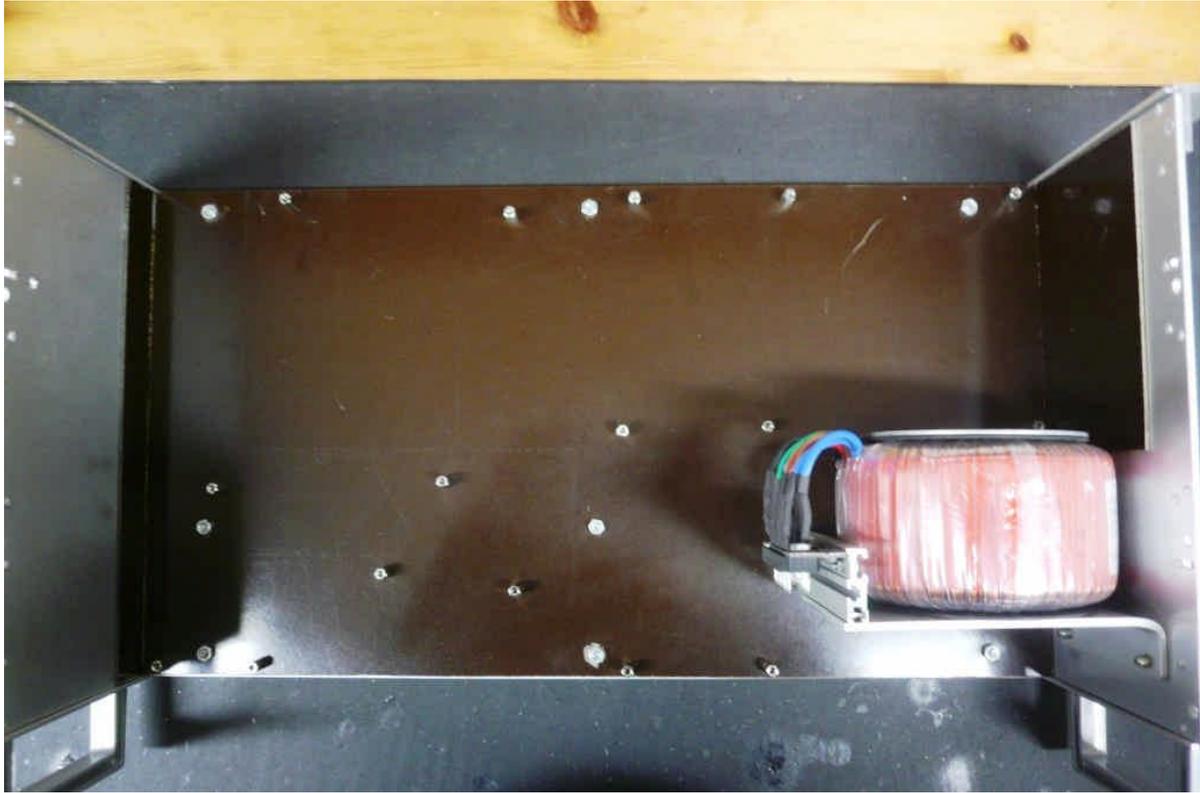
Chassis bauen und Trafo senkrecht stellen:

Als Träger für die Hauptplatine habe ich eine 3mm starke Aluplatte zugeschnitten, unten in das 19" Gehäuse integriert und anschließend mit Pertinax flächig und an kritischen Kontaktflächen isoliert. Besonders an den Seiten der Hauptplatine und im Bereich der letzten Relaiskarte wird eine Isolation des 19" Trägers dringend benötigt.

Die 10mm Bolzen (Sechskant, Buchse-Buchse 3mm) für das Aufschrauben der Hauptplatine werden direkt auf der Chassis angebracht. Das lässt unter der Hauptplatine genug Platz für Leitungen.

Zusätzlich ist der Platz im 19"-Gehäuse bei nur 240mm Tiefe so knapp, dass der Ringkern-Transformator stehend eingebracht werden muss. Hierfür habe ich einen schweren Winkel gebogen, der den Trafo aufnimmt und mit dem 19" Rahmen verschraubt ist.

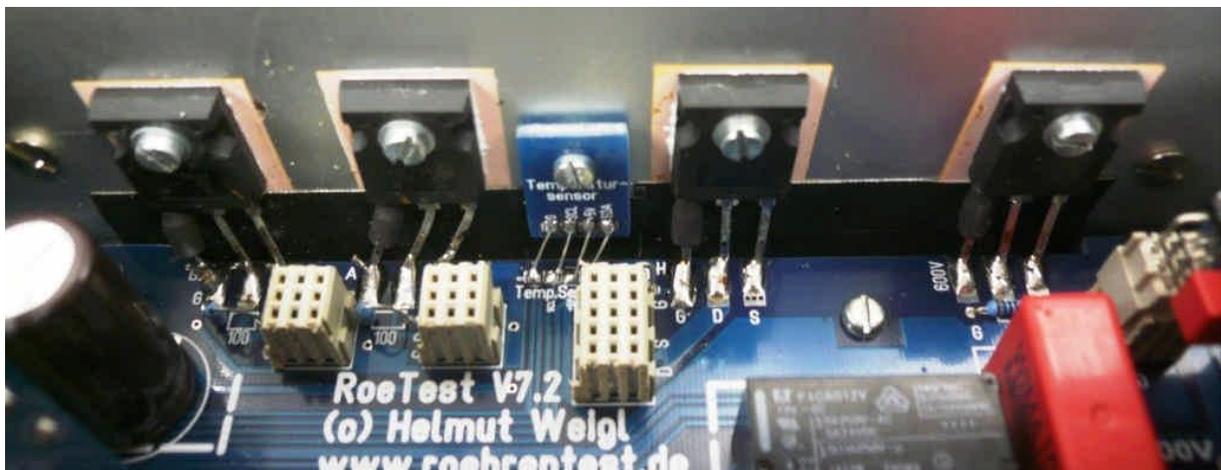
Wenn diese Basisarbeiten geschafft sind, sieht das Ganze nach ca. 25 weiteren Arbeitsstunden (ohne professionelle Maschinen zur mechanischen Bearbeitung) dann wie folgt aus:



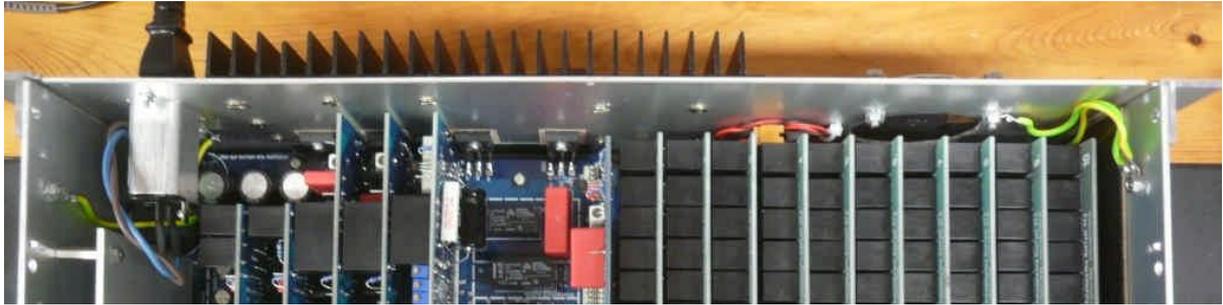
Kühlkörper Heizgleichrichter / Rückwandkühlung:

Da die Chassis hier nicht geeignet ist, um den Heizgleichrichter zu kühlen, hat dieser bei mir eine zusätzliche Alu-Platte als stehenden Kühlkörper bekommen, der mit einem Bolzen an den 19" Träger angebunden ist.

Grundsätzlich muss im 19" Träger auch die Kühlung der Längsregler Transistoren über die Rückwand erfolgen. In meinem 1. Anlauf habe ich die Transistoren senkrecht aufgestellt und zwischen den Längsreglerkarten an die Rückwand geschraubt, mitsamt dem Temperaturfühler. Hier ist durch die sehr knappe Tiefe des Gehäuses extrem wenig Platz, eine ganz knifflige Engstelle:



Auf die Rückwand habe ich dann von außen einen flachen Aluminium-Kühlkörper mit ca. 1K/W aufgesetzt:



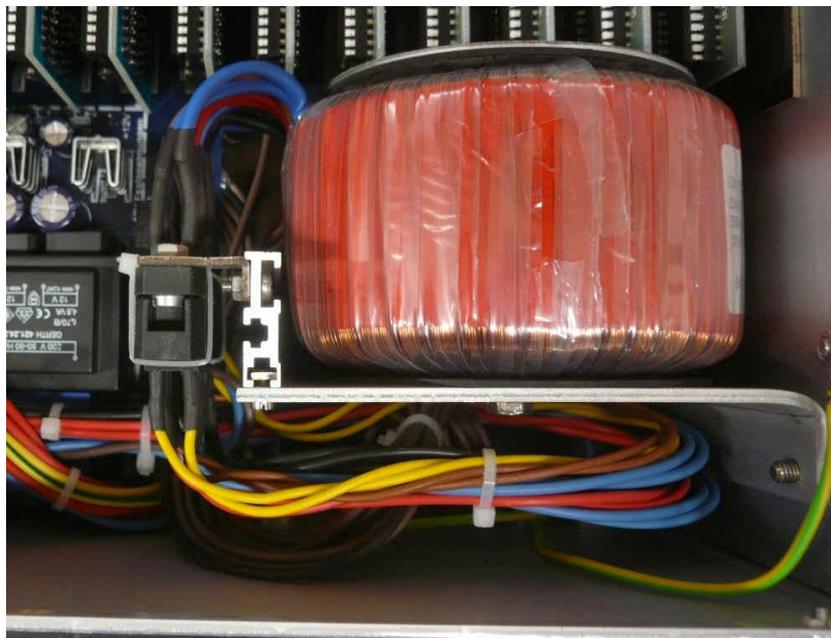
Neben dem Kühlkörper ist der Lüfter angebracht, der Luft aus dem Gehäuse entnimmt und nach außen abführt, sobald der Temperatursensor die eingestellte Temperaturschwelle erreicht.

Kabelbäume im Gerät:

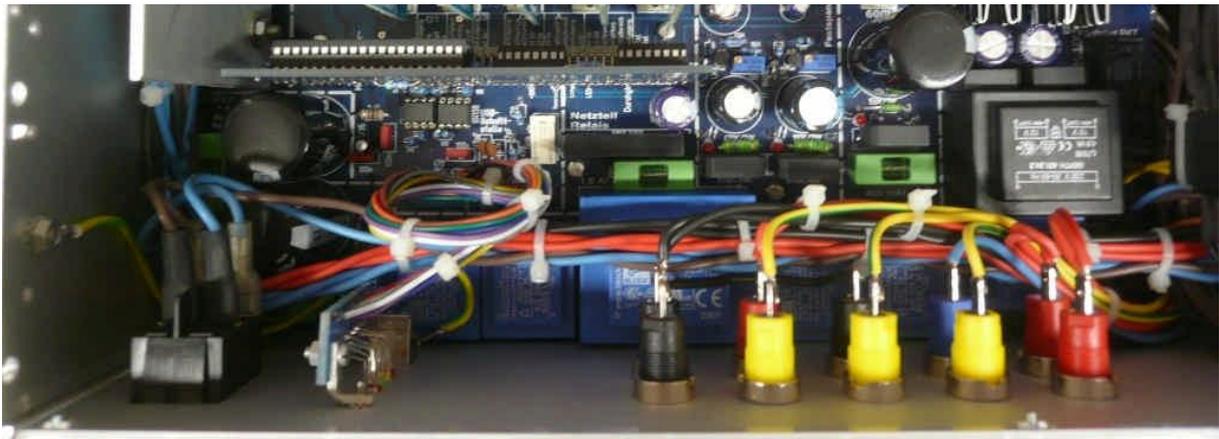
Der 19" Aufbau verlangt einige Kabelbäume, um die gewünschten Signale im Gerät und an die Rück- und Frontplatte zu verteilen:

- USB-Schnittstelle 10-polig Kleinsignale Front
- Transformator 12-polig + Netzverdrahtung 4-polig Leistung 1mm² intern
- Fassungsboxanschluß 10-polig + Erdung Leistung 1mm² Front
- Experimentierbuchsen für alle Spannungen 8-polig 1mm²/2mm² Heizung + GND Front

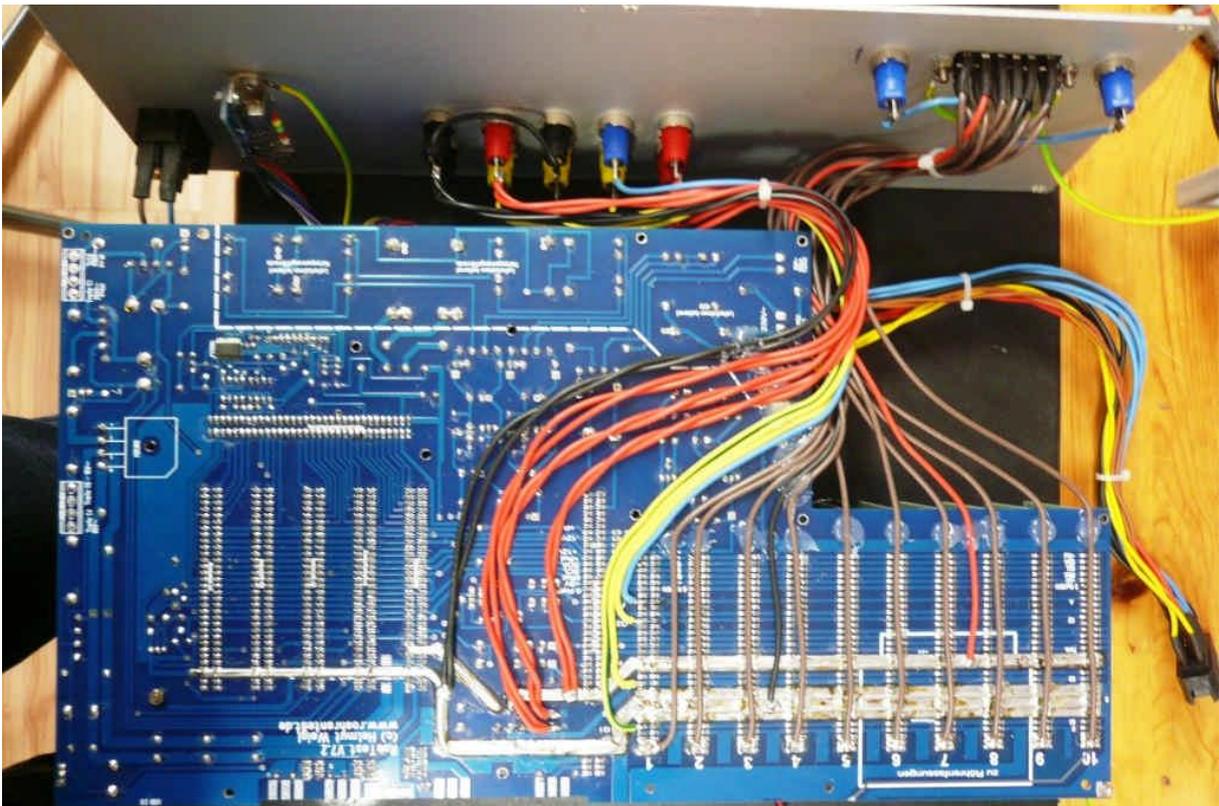
Bei mir habe ich den Transformator mit den 12-poligen Steckern/Buchsen abgesetzt, um wie oben gezeigt die gesamte Elektronik auch außerhalb des 19" Trägers betreiben zu können, z.B. für Wartungs- und Reparaturzwecke. Bei mir sind auch alle Trafoleitungen an der Hauptplatine verlötet und nicht auf Anschlussklemmen geführt, weil diese mechanisch und elektrisch zu knapp ausfallen.



Die USB-Signale und die Experimentierbuchsen sehen wie folgt aus:



Von der Unterseite gesehen werden die Röhrensiknale wie folgt abgegriffen, mit Heißkleber fixiert und an die Frontplatte verteilt:



Der Aufwand für die Erstellung und Einbringung der Kabelbäume lag bei insgesamt fast 35h Arbeitszeit. An dieser Stelle spürt man wie auch bei der oben beschriebenen Mechanik deutlich erhöhte Nachbaurufwände im Vergleich zum Originaldesign mit der Frontplatte als Chassis.

Entwicklung der Frontplatte:

Da mein Gerät ja nun nicht die bereits perfekt vorbereitete Chassis-Frontplatte von RoeTest einsetzen kann, habe ich mich entschieden, sie selbst herzustellen (ohne Schaeffler). Dazu habe ich vor einiger Zeit Tipps im Internet gefunden, wie so etwas für Einzelstücke gut gelingen kann. Die Leute beschreiben im Internet folgendes:

- Frontplattendesign am PC entwickeln, z.B. mit Zeichnen im Word
- Bei Frontplatten > DIN A4 Designs in mehrere Blätter aufteilen
- Mit Tintenstrahldrucker Designs auf gutes/dickes Papier drucken
- Ausgedruckten Seiten mit einfachem Laminator heiß beidseitig laminieren (80µ-Folie)
- Lamine auf Frontplatte zuschneiden
- Trennkanten zwischen Teilen durch übereinander legen und Schnitt mit Tapetenmesser
- Frontplatte mechanisch bearbeiten
- Lamine z.B. mit UHU Alleskleber sorgfältig auf die Frontplatte aufkleben
- Durchbrüche mit Tapetenmesser sorgfältig ausschneiden
- Kleine Durchbrücke evtl. als Block gemeinsam ausschneiden (hier LEDs)
- Frontelemente bestücken
- Fertig ist die tolle Frontplatte, bei Bedarf auch mit prima Bildchen drauf

Genau so habe ich es gemacht, geht richtig prima, viel besser als mit den sündhaft teuren Spezialfolien, die sich kaum verarbeiten lassen, einfach eine tolle Sache. Hat etwa 10h gedauert. Den Stundenlohn gegen eine fremd maschinell gefertigte Frontplatte darf man nicht rechnen, aber in meinem Fall hat es sich gelohnt. Denn ich habe den gesamten Prozess 2x durchlaufen dürfen, weil ich im ersten Entwurf Herrn Weigl mit „Weigel“ falsch beschrieben hatte ... also nochmal 5h.

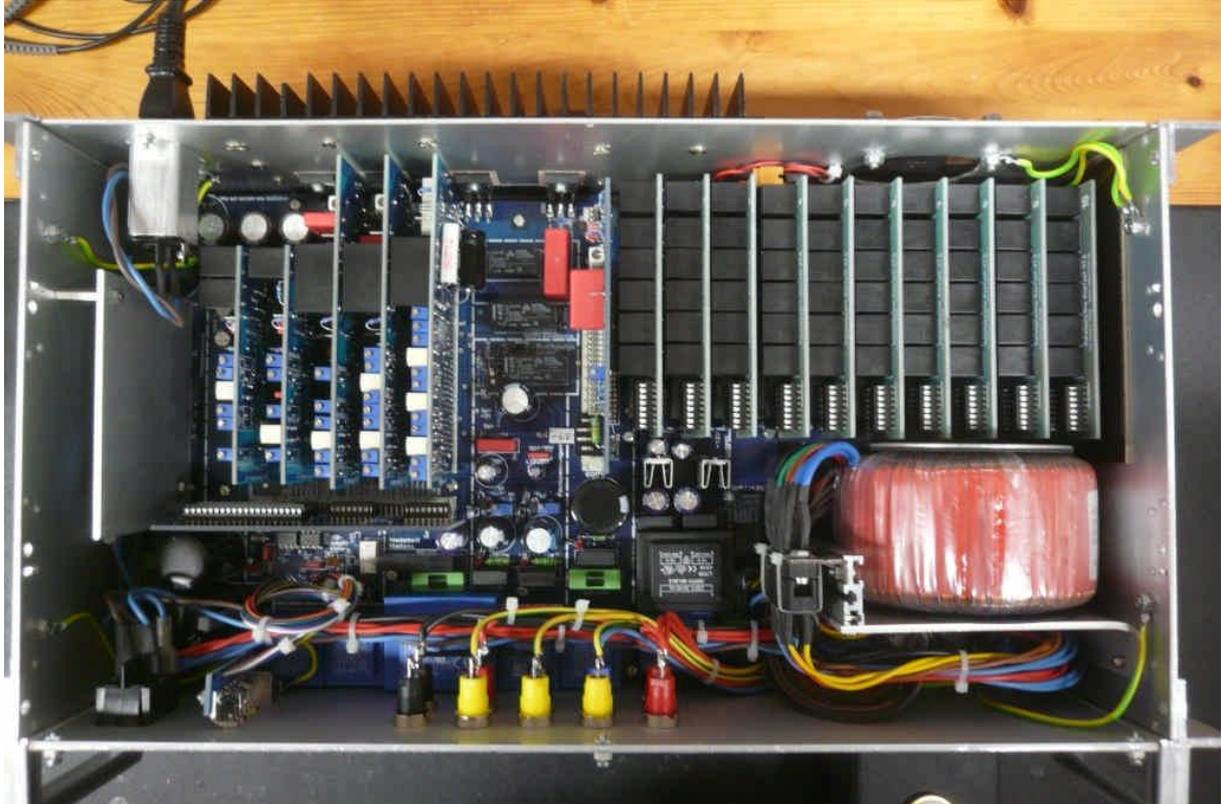
Die entstandene zweite Frontplatte aus dem PC in der Ansicht etwas detaillierter (mit KT88-Röhre als integriertes Bildchen, eine meiner heimlichen Lieblingsröhren):



Gut zu erkennen auch der zusätzliche Block mit den Spannungsbuchsen für die Röhrenexperimente, das funktioniert mit diesem Gerät extrem gut, auch weil alles toll überwacht und geschützt ausgegeben wird mit zusätzlicher Messfunktion am PC, wie ein Röhrennetzteil mit extremem Luxus.

Die 19“ Lösung 1. Schritt:

Nach Abschluss aller Vorarbeiten kann das Gerät nun komplett integriert werden und sieht insgesamt so aus, nachdem ich mit Kabelbindern für die nötige Ordnung gesorgt habe:



Abgleich und Testbetrieb mit Röhren:

Der Abgleich des Gerätes wirkt auf den ersten Blick in die Beschreibung etwas verwirrend. Die dahinter stehende Logik ist zwar erklärt, aber am Einfachsten findet man sich dadurch in die Sache hinein, indem man es schlicht und einfach tut. Dann wird die Logik schnell klar. Geht ganz leicht!

Bei mir hat der erste Abgleich ca. 6h gedauert, weil ich erstmal die passenden Lasten für den Stromabgleich aufbauen musste. Das hatte ich etwas unterschätzt. Insgesamt klappte alles perfekt bis auf einen Trimmer der G1-Karte, den ich von 1k auf 2k erhöhen musste, um im kleinen Spannungsbereich auf volle Ausgangsspannung abgleichen zu können (oben).

Der Abgleich funktioniert sehr präzise und stabil, auch nach mehreren Stunden Betrieb und mehreren Tagen Ruhezustand war der Abgleich noch immer korrekt und wie im Original ausgeführt, sehr beruhigend und das hat sich auch bis heute so bestätigt.

Anschließend konnte ich nach den bisher nur grob durchgeführten Röhrenvortests noch am 31.12.2014 die ersten sauberen Prüfläufe starten. Folgende Röhren habe ich durchgetestet:

EF80/ECC82/ECC83/KT88/KT90/KT120/KT150

RoeTest und Temperatur:

Bis zur Leistungspentode KT120 lief das RoeTest völlig problemlos, aber es erwärmte sich doch wahrnehmbar. Ab der KT150 erhöhte sich die Temperatur des Systems so stark, dass die Software auch nach Erhöhung der Temperaturgrenzen sehr oft abgeschaltet hat. Dauerbetrieb war unmöglich.

Die KT150 hat max. 70W Anodenverlustleistung und läuft typisch bei 400V V_a mit 180mA I_a , 6,3V V_h mit 2A I_h Heizstrom, 225V V_{g2} mit 10mA I_{g2} . Im RoeTest fallen dabei grob gerechnet mindestens folgende Verlustleistungen an:

- Anode 350V-100V = $250V \times 0,18A = 45W$
- 600V Spannungserhöhung 350V-300V = $50V \times 0,18A = 9W$
- Heizung 18,5V-6,3V = $12,2V \times 2A = 24,4W$
- Gitter 2 350V-225V = $125V \times 0,01A = 1,25W$

Im Dauerbetrieb der KT150 lief die Kühlkörpertemperatur auf mehr als kritische 70°C hoch. Eine vorsichtige Abschätzung der Halbleitertemperatur zeigt:

- Rth Halbleiter => Gehäuse 0,45K/W
- Rth Gehäuse => Kühlfläche 0,24K/W
- Rth Kühlfläche => Kapton/Kühlkörper 0,15K/W
- Rth Gesamt Halbleiter => Kühlkörper $0,45+0,24+0,15 = 0,84K/W$
- Bei in Spitze 60W Verlustleistung => 50,4K Temperatur Halbleiter über Kühlkörper mit 70°C
- Halbleiter in Spitze also bei mehr 120,4°C

Nach Rücksprache mit Helmut Weigl zeigte er mir seine Temperaturprofile, die alle deutlich unter 50°C am Kühlkörper lagen. Hier wurde im Original die sehr flächige 5-6mm starke Alu-Front und zusätzlich noch ein Kühlkörper für die neuen Designs mit nur 0,45K/W verwendet. Diese Original-Dimensionierung kann deutlich höhere Leistungen verarbeiten als meine Konzeption.

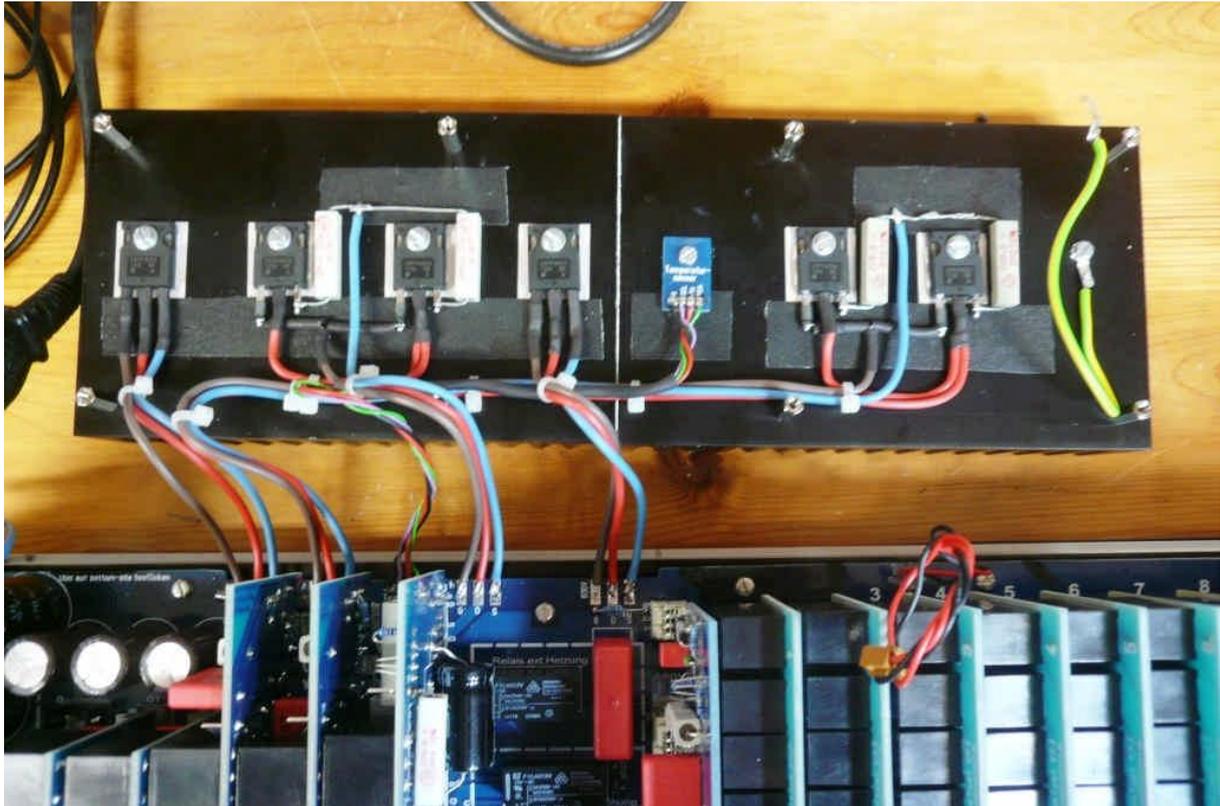
Da mir das Testen von Leistungsröhren auch im Dauerbetrieb sehr am Herzen liegt (nur so sind echte stationäre Werte mit thermisch eingeschwungener großer Röhre möglich) habe ich beschlossen Helmut's Rat für einen größeren Kühlkörper anzunehmen und die Rückwand des Systems zu erneuern.

Wichtig war mir dabei, auch für noch stärkere Röhren bis zu den maximal erreichbaren Grenzwerten des RoeTest ohne thermische Grenze arbeiten zu können. Weil die Transistoren im Heiz- und Anodenkreis je nach Arbeitspunkt der Röhren im Extremfall bis zu 100W Verlustleistung übernehmen müssen und damit bis zu $100W \times 0,84K/W = 84K$ über Kühlkörpertemperatur geraten habe ich mich dazu entschieden, für Heizung und Anode die Verlustleistung auf jeweils 2 parallele Transistoren zu verteilen. Dadurch wird die optimale Ausnutzung des Kühlkörpers wirksam unterstützt.

Die Parallelschaltung von 2 Mosfets in einem Regelkreis führt aber nur dann zu einer etwa hälftigen Leistungsteilung und stabilem Betrieb, wenn folgende Tricks genutzt werden:

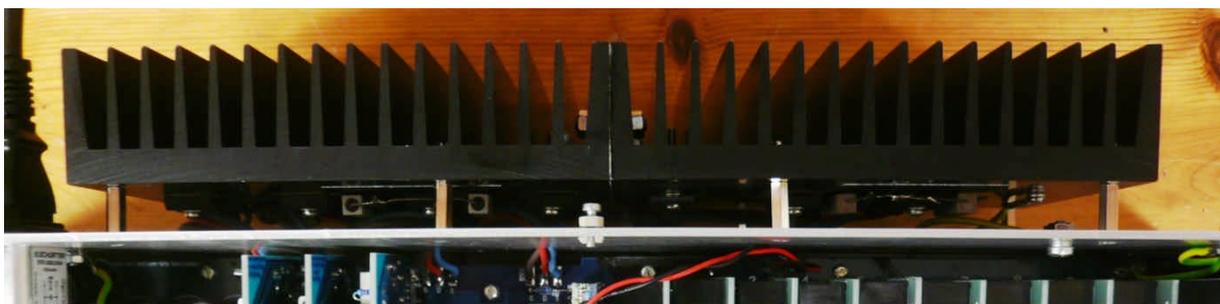
- Die Gates nicht direkt sondern über 470R Widerstände koppeln
 - sonst besteht das Risiko der Schwingneigung für die Transistorkombination
- Die Transistoren möglichst für gleiche Schwellspannung Vgs selektieren
 - Unterschiede Vgs Schwelle möglichst < 20-40mV
- Die Sourcen über Symmetrierwiderstände ausgleichen
 - gleicht verbleibende Unterschiede der Vgs Spannungen aus

Und so sieht der neue Kühlkörper mit 2 parallelen Blöcken (verbunden über schwere Bolzen) zu je 0,9K/W dann aus, der nicht mehr am Gehäuse sondern hinter dem Gehäuse sitzen soll:



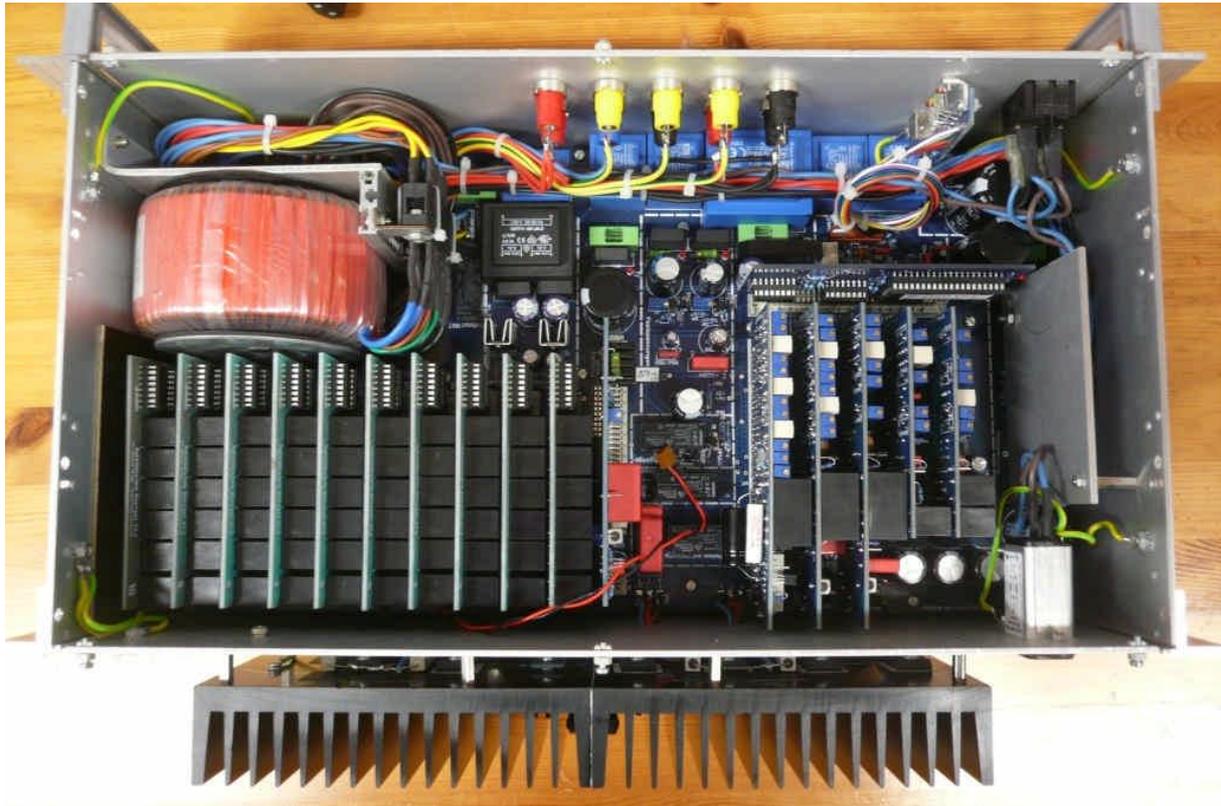
Von links nach rechts sind angeordnet: G2, Heiz1, Heiz2, 600V, T-Fühler, Anode1, Anode2

Hierbei haben die Heiztransoren 0,22R Widerstände in Ihren Source-Anschlüssen, die Anodentransistoren 2,2R Widerstände. Alle Gates sind über 470R an die Treiberanschlüsse verbunden. Der Anodenkreis verlängert sich auf fast 25cm Länge, bleibt aber absolut stabil im Regelverhalten. Die Transistoren konnten auf Vgs-Unterschiede von weniger als 10mV selektiert werden. Die Leistungsverteilung ist mit +/-4% im Heizkreis und +/-3% im Anodenkreis sehr gut.



Die 19“ Lösung 2. Schritt:

Mit dem kompletten Umbau der Rückwand wurde auch der Lüfter jetzt in den Gehäuse-Deckel verlagert, wo er direkt die Abwärme der Reglerkarten aus dem Gehäuse abführt (mir war anfangs nicht klar, dass die Leistungswiderstände hier auch gut Abwärme liefern). Insgesamt sieht das Gerät von innen nun so aus:



Das Gerät wurde komplett neu abgeglichen, wobei sich durch den Umbau die Kalibrierung nur minimal verändert hatte. Zusätzlich wurden bei Testmessungen mit ausgewählten Röhren alle Gitterspannungen, die Anodenspannung und der Heizkreis mit dem Oszilloskop überprüft und alle Signale sehen perfekt, schwingfrei und sauber aus.

Bei der Prüfung der Signale an den Röhrensockeln bei abgeschalteter Relaismatrix, also frei schwebenden Röhren-Pins zeigen sich kleine Störspannungen von bis zu 300mV Netzbrumm, die aus einer sehr hochohmigen Einkopplung des Netztrafos in die unmittelbar benachbart vorbei geführten Signale zum Fassungsboxanschluss stammen. Sobald eine Prüfung beginnt und die Regler die Signale dann aktiv treiben verschwindet das Störsignal bis auf 2-3mV fast vollständig und ist damit völlig unkritisch. Das zeigt sich auch daran, dass die Messspannungen im Betrieb bis auf das allerletzte Digit absolut stabil stehen und nicht „wackeln“.

Eine KT150 im Dauerbetrieb erwärmt das System auch bei noch deutlich erhöhter Anodenleistung (Grenzdaten bereits überschritten) nach 2h nur noch auf freundliche 52°C. Das Gerät hat nun auch nach oben hin noch deutliche Leistungsreserven.

RoeTest Gesamt:

So sieht das Wunderwerk nun komplett fertig aus mit verkleidetem Gehäuse und Steuer-PC:



RoeTest - professional tube-testing-system

Meßwerte:

H - Spannung

0.00 V

A - Spannung

0.00 V

G2 - Spannung

0.0 V

G1 - Spannung

0.00 -V

H - Strom

0.00 mA

A - Strom

0.000 mA

G2 - Strom

0.000 mA

Spannung

0.0 -V

Version: 7.8.0.0

RoeTest

professional-tube-testing-system

(c) Helmut Weigl

23

32,5 °C

Stromüberwachung
 Durchgangsprüfer
 Data In
 Data Out
 Heizung nachregeln
 Anodenspannung nachregeln
 G2-Spannung nachregeln

Röhrendaten:

Röhrenname: **KT150 Tungsol**

KT150 Tungsol

Heizspannung [V]: 6,3 1,9

Heizstrom [A]: indirekt intern DC

Heizart: indirekt intern DC

Socket: Oktal K8A

System
 1
 2
 3

Röhrenart	1	2	3
Pentode	-	-	-

Socketbelegung:

Pin	1	2	3	4	5	6	7	8
Pin 1	S							
Pin 2	F1							
Pin 3	A							
Pin 4	G2							
Pin 5	G1							
Pin 6								
Pin 7	F2							
Pin 8	K							

6 x 4,5° 2,35pF
 PC ø: 17,5mm (H8A)

Meldungen | Heizung | Kurzschlussstest | statische Daten | Vakuum | Kennlinien | Bemerkung

System	1	2	3
Röhrenart	Pentode		
Sollwert IA [mA]	165		
Messwert IA [mA]	183,45		
= % vom Sollwert	111		
Sollwert IG2 [mA]	15		
Messwert IG2 [mA]	10,637		
= % vom Sollwert	71		
S [mA/V]	13,19		
bei Delta UG1 [V]	1,2		
Messwert IA[mA] bei +1/2 dUG1	191,48		
Messwert IA[mA] bei -1/2 dUG1	175,65		
μ	158,4		
D Anode [%]	0,63		
Messwert IA [mA]	176,28		
bei UA [V]	321,53		
D G2 [%]	13,22		
Messwert IA ImA1	140,03		

In vielen Einzeltests habe ich nun auch versucht, die Reproduzierbarkeit der Messergebnisse zu klären. Wiederholt man den Test genau einer Röhre viele Male, so gibt es tatsächlich nur einen einzigen Faktor, der das Messergebnis beeinflussen kann: die Vorheizzeit. Die Vorheizzeit kann das Messergebnis um leicht 5-10% verändern (alte Röhrenweisheit).

Sobald eine Röhre aber voll ausgeheizt ist und sich thermisch stabilisiert hat (bei KT150 bis zu 30min) liegen die Messergebnisse mehrerer Messungen auf besser als 0,5% beieinander, meist liegen die Ergebnisse in einem +/- 0,2-0,3% Bereich. Das ist außerordentlich gut und übertrifft meine kühnsten Erwartungen deutlich. Selbst Burn-In Effekte der ersten 24 Betriebsstunden haben bei Röhren da schon mehr Einfluss. Klasse technische Performance, gerade auch für optimales Röhren-Matching per Selektion in mehreren Kennlinienpunkten.

Grenzen des RoeTest:

Natürlich hat auch ein Wunderwerk wie das RoeTest technische Grenzen. Ein Limit ist die maximal nutzbare Anodenspannung von gut 600V. Im Audio-Bereich gibt es so einige Leistungsröhren wie die 211 und die 845, die ihre typischen Arbeitspunkte bei Anodenspannungen von ca. 1000V haben. Diese Röhren können mit RoeTest zwar auch vermessen werden, aber nur weit entfernt von ihren typischen Arbeitspunkten. Diese Einschränkung ist aber gut zu verstehen, weil der Umgang mit 1000-1200V technisch sehr hohe Anforderungen an die Isolation im Gerät stellt. Mehrere zusätzliche Reglerkarten wären dann wohl auch noch nötig um auch die Gitterspannungen zu liefern.

Schon das heutige Gerät bleibt da aus finanziellen Gründen unter dem gesetzlich geforderten Niveau für die Isolation und Handhabung von hohen Spannungen. So sind z.B. die Relais, Bananenbuchsen und Fassungsverbinder schon nicht mehr für 600V zugelassen. Die Luft- und Kriechstrecken müssten zum Teil noch deutlich erhöht werden. Der gesamte Aufbau würde sich bei Einhaltung aller aktuellen Vorschriften noch deutlich verteuern und räumlich vergrößern.

Dabei funktioniert das Gerät in der heutigen Form prima und stabil, nur eine gute Erdung aller berührbaren Teile ist wirklich zu empfehlen. Rein technisch wären die gesetzlichen Vorgaben hier zum Teil deutlich übertrieben (siehe Röhrengeräte von vor 50 Jahren, die würden heute sicher keine Zulassung und definitiv kein CE-Zeichen mehr bekommen können, leider).

Gesamtaufwand Bau meines RoeTest 19“:

Für den Bau des Gerätes habe ich insgesamt ca. 1.200€ Materialkosten aufgewendet, auch weil ich zum Teil bereits erarbeitete Teile erneuern musste (thermisches Problem).

Meine Arbeitszeit von insgesamt 160h verteilt sich wie folgt auf die einzelnen Schritte:

- Elektronik Bestückung, Kürzung Leiterplatte, Umbestückung V8: 35h
- Kalibrierung + Lastwiderstände: 9h
- Mechanik Chassis, Rückwand 1+2, Front 1+2, Endmontage: 78h
- Kabelbäume: 35h
- Bericht 3h
- **Gesamtaufwand verteilt auf 3 Monate: 160h**

Persönliches Fazit mein RoeTest 19“:

Was habe ich beim Bau meines RoeTest gelernt?

Die wesentliche Moral von der Geschichte, benutze ein zu kleines Gehäuse nicht!

RoeTest im 19“ Format ist gar kein Problem, nur sollte man unbedingt ein 19“ Gehäuse verwenden, das deutlich mehr als 24cm Tiefe hat, ideal sind 30-35cm Tiefe. Dann spart man sich so manche Tüftelstunde, die ich eigentlich nur dank meines nur 24cm tiefen Billiggehäuses hatte.

RoeTest als Nachbauprojekt:

Wer sich auf einen Nachbau oder ein Bausatzprojekt einlässt, ist fest in der Hand des Erfinders. Und bei Helmut Weigl ist man in den allerbesten Händen. Er hat keine Mühe gescheut (und es dürften verflüchtigt viele seiner Stunden gewesen sein!), ein geniales Gerät für jeden Röhrenfreund zum kleinen Preis bei toller Nachbaubarkeit zu erzielen. Selbst wenn man Fehler einbaut, hilft er einem sofort, unbürokratisch und engagiert. Besser geht es nicht! Das Nachbauprojekt RoeTest ist ein Traum. Wer Röhren liebt, sollte nicht ohne ein RoeTest leben müssen (Grundrecht eines Röhrenfreundes?).

Mir ist jedenfalls in den letzten 30 Jahren kein auch nur annähernd ähnlich befriedigendes Projekt wie dieses begegnet und schon gar nicht im Nachbau von Dingen, die andere erdacht haben.

RoeTest mein Gerät:

Ich durfte mit dem Bau des Gerätes 160 wunderschöne Stunden verbringen und bin vom Ergebnis absolut begeistert (und dabei habe ich mechanische Arbeiten). Alle meine Erwartungen wurden weit übertroffen. Wenn mich heute mein RoeTest abends nach einem sinnfreien Entwicklertag in der Halbleiterwelt leise anklickert und seine präzisen Messungen macht, dann wird der Tag doch noch ein guter Tag. Bestimmt dürfen diesem Projekt eine Menge toller Audio-Verstärker mit Röhren folgen ... deren Röhren im RoeTest selektiert und vermessen wurden.

Ich freue mich auf die nächsten Monate wie ein kleines Kind, das bald die vielen weiteren tollen Möglichkeiten des Gerätes, die noch in der tollen Software stecken, erkunden darf. Das ist mehr als Weihnachten, oder?

Danksagungen:

Danke Helmut, dass Du dieses tolle Gerät erfunden und für andere Menschen nachbaubar gemacht hast, mit sooooo unendlich viel Bemühung. Und Danke, dass es Menschen wie Dich gibt, die aus eigener Bemühung nicht immer nur Geld machen wollen, sondern einfach etwas Tolles in die Welt setzen, einfach so. Selbstverständlich ist das in diesen Tagen heute sicher nicht mehr!

An dieser Stelle möchte ich auch meiner tapferen Partnerin danken, die nun 3 Monate in der Freizeit weitestgehend auf meine Teilnahme an unserem Leben verzichtet hat, damit ich dieses prima Gerät in meinem Bastelkeller verwirklichen durfte. Die Elektronikarten einzustecken hat auch ihr Freude bereitet und es klappte exzellent.