

Baubericht RoeTest 11 Röhrentester

Der RoeTest ist ein ausgereifter, sehr flexibler und leistungsfähiger Röhrentester, der durch Helmut Weigl erschaffen über viele Jahre hinweg weiterentwickelt wurde. Inzwischen ist die Versionsnummer bei 11 angekommen und das Gerät und die Software dazu werden immer noch fleißig weiterentwickelt. Alle Details dazu findet man auf Helmut's Web-Seite <http://www.roehrentest.de>.

Versierte Bastler können den RoeTest als Bausatz nachbauen. Von meiner Entscheidung für den RoeTest bis zur erfolgreichen Inbetriebnahme war ich 18 Tage lang mit dem Aufbau beschäftigt. An allen Feierabenden und Wochenenden war ich bis über beide Ohren in dem Projekt vertieft. Nach 5 weiteren Tagen war dann auch endlich das Gehäuse fertig. Und so steht er jetzt da und ist bereit für seine ersten Aufgaben:



Auch die Rückseite kann sich sehen lassen:



Die wichtigsten Kennzahlen im Überblick:

- Gewicht: 11 kg (!)
- Abmessungen: 43cm X 33cm x 13,7cm
- Baukosten inkl. nicht abgebildetem Zubehör ca. 1.400-1.500 EUR

Beim RoeTest handelt es sich nicht um einen Komplettbausatz, den man einfach nur noch aufbauen muss! Vielmehr muss (und kann) man an einigen Stellen noch kreativ werden – vor allem wenn es um das Gehäuse oder Zubehör geht. Daher ist jeder RoeTest ein Unikat. Und die zahlreichen Bauberichte im Internet legen nahe, dass man mit dem Bau eines RoeTest die Verpflichtung eingeht, selbst auch einen Bericht zu verfassen, um seine Erfahrungen damit und seine Ideen dazu mit anderen Röhren-Fans zu teilen.

Und so möchte ich in nächster Zeit nun auch vom dem Projekt berichten, das mich die letzte Zeit über so intensiv beschäftigt hat. In den folgenden Beiträgen werde ich den Aufbau Revue passieren lassen. Vielleicht regt mein Bericht ja andere zur Nachahmung an. Es würde mich sehr freuen, wenn die Community rund um den RoeTest weiter wachsen würde.

Vorweg noch meine Zwischenbilanz zum Projekt: Ich bin nach den ersten Tests sehr zufrieden mit dem Gerät und würde mich jederzeit wieder für das Projekt entscheiden. Der Aufbau ist wirklich herausfordernd, für löttechnisch und mechanisch begabte Bastler aber machbar. Sollte man dann doch mal irgendwo feststecken, so hat Helmut die richtigen Tipps parat, so dass man den Fehler schnell findet und beseitigen kann.

Zunächst noch etwas Vorgeschichte:

Warum brauche ich einen Röhrentester?

Der Stein des Anstoßes war die Radiobörse in Kelsterbach: Dort konnte ich zum ersten Mal einen Röhrentester (vielleicht ein Funke W18?) in Betrieb sehen. Und ich fand die zugrundeliegende Idee sofort gut, bei (fast) jeder beliebigen Röhre innerhalb kürzester Zeit und mit wenigen Handgriffen feststellen zu können, ob sie noch ordentlich funktioniert oder ersetzt werden muss.

Röhren haben sich inzwischen beachtlich viele bei mir angesammelt: Neben zahllosen Nixie- und VFD-Röhren, die ich schon lange besitze, kamen in den letzten Jahren vor allem noch diverse Röhren in Radios mit dazu. Und genau da liegt der Hase im Pfeffer: Gelingt mir das Restaurieren der Tefifon-Chassis zwar schon gut, so habe ich um die zugehörigen Radio-Chassis bislang einen großen Bogen gemacht. Ich habe zum Beispiel von Tefi einen Musikschränk Silvana und ein Radio Claudia, die ich sehr gerne in betriebsbereiten Zustand gebracht hätte. Aber mir fehlte bislang noch der Antrieb, mich an die Elektronik der Radio-Chassis zu wagen.

Und genau hier kommt jetzt der Röhrentester ins Spiel: Mit einem Röhrentester kann ich in kurzer Zeit zumindest schon mal die Funktion der Röhren sicherstellen. Die Fehlersuche beschränkt sich damit dann nur noch auf die anderen Teile der Schaltung, für deren Prüfung ich größtenteils schon sehr gut ausgestattet bin. Somit habe ich mit einem Röhrentester dann auch keine Ausrede mehr, mich nicht an die Radios heranzuwagen!

Warum habe ich mich für den RoeTest entschieden?

Die in der Anfangsinvestition günstigste Variante wäre wahrscheinlich, einfach einen alten Röhrentester aus der Blütezeit der Röhrentechnik zu erwerben. Aber obwohl ich diese Geräte sehr faszinierend finde, wäre das nichts für mich: Ich möchte ein zuverlässiges Messgerät, um damit andere Geräte zu restaurieren, und nicht ein historisches Röhrenmessgerät, das selbst zu Projekt wird und immer wieder repariert werden will. Mit welchem Röhrentester teste ich denn dann die Röhren des Röhrentesters? Das ufert doch sofort wieder aus... Nein, ein zuverlässiges Gerät aus der Neuzeit sollte her.

Vom RoeTest hatte ich schon früher gehört und so habe ich mich im Internet und auf Youtube zunächst ausführlicher über das Projekt informiert. Folgende Aspekte sind mir positiv aufgefallen:

- Lange Historie des Gerätes mit kontinuierlicher Verbesserung und aktiver Weiterentwicklung
- Es gibt zahlreiche Nachbauer, so dass das Gerät wohl ganz gut verbreitet ist
- Auch aus dem Bekanntenkreis habe ich Gutes über das Gerät gehört
- Modularer Aufbau: Das vereinfacht den Aufbau, die Fehlersuche und die Weiterentwicklung
- Zentraler Mikrocontroller ist ein PIC von Microchip. Von diesen setze ich jedes Jahr Dutzende in eigenen Projekten ein und kenne mich daher sehr gut damit aus

Das Einzige, was mir nicht so gut gefallen hat, ist dass die Software closed source ist. Sollte das Projekt eingestellt werden (wofür es keine Anzeichen gibt!), so steht man mit der letzten Version der Software für den Windows-PC da. Diese lässt sich sicher nicht endlos lange gut betreiben und natürlich findet dann auch keine Weiterentwicklung mehr statt. Auch der PIC-Mikrocontroller darf nicht draufgehen (ist mir noch nie passiert – aber wer weiß ...), denn dann hat man nicht mal mehr die Firmware, um das Gerät weiter zu betreiben...

Ich verstehe natürlich, warum der Entwickler des RoeTest sich dafür entschieden hat, die Quelltexte und das Binary für den PIC nicht zu veröffentlichen. Er hat das gute Recht sich so zu entscheiden, denn er hat sicher unendlich viel Zeit, Geld und Liebe in die Entwicklung des RoeTest gesteckt und möchte nicht riskieren, dass jemand anderes das Projekt „hijackt“.

Für mich selbst ist dieser Aspekt auch nicht ganz so dramatisch: Außer der geheimen Firmware im PIC sind in der Hardware ausschließlich gut dokumentierte Bauteile enthalten. Die Funktionsweise der Hardware erschließt sich also mit etwas Geduld und Konzentration sehr gut. Und die Kommunikation zum PC läuft über ein RS-232-Protokoll, das durch USB getunnelt wird. Wenn es wirklich mal hart auf hart kommen sollte, könnte man das Gerät also auch reverse-engineerieren und das Projekt Softwareseitig neu hochziehen. Das ist jetzt nichts, was man gerne machen würde, und hoffentlich wird es auch niemals nötig. Trotzdem bleibt für mich damit das Fazit, dass zumindest der Wert der Hardware auch im allerschlimmsten Fall erhalten bliebe.

Insgesamt hat mir das Projekt aber bei genauerer Betrachtung immer besser gefallen. Und als ich dann auch noch gesehen habe, dass ich lange Jahre meines Lebens nur zwei Straßen vom Entwickler des RoeTest entfernt gelebt habe, fühlte ich mich in dem Projekt schon richtig zuhause und bin kurzentschlossen an die Bestellung der Bauteile gegangen.

Bauteilebeschaffung

Die erste Herausforderung ist die Beschaffung der zahlreichen Bauteile. Wie schon erwähnt gibt es hier keinen Komplettbausatz, sondern man bezieht die Teile aus verschiedenen Quellen:

- Die ganzen Spezialbauteile wie Leiterplatten, Ringkerntrafos, Frontplatte, Spezial-ICs, den programmierten PIC, etc. bezieht man direkt bei Helmut Weigl
- Alle Standardbauteile bezieht man von Reichelt

Vor der Bestellung habe ich auch meinen eigenen Fundus durchsucht: Manche ICs, Kondensatoren und Widerstände hatte ich schon da und so konnte ich die Kosten noch ein klein wenig drücken.

Um die Bestellung bei Reichelt zu vereinfachen, gibt es den Warenkorb bereits als CSV-Datei. Das war hilfreich, aber trotzdem nicht ganz so trivial, wie gedacht: Man merkt sehr schnell, dass der CSV-Warenkorb-Import von Reichelt für so umfangreiche Bestellungen nicht ausgelegt ist. So hat es mich dann doch auch etwas Zeit und Nerven gekostet, die Bauteile in Etappen in meinen Warenkorb zu überführen. Aber wo ein Wille ist, ist auch ein Weg!

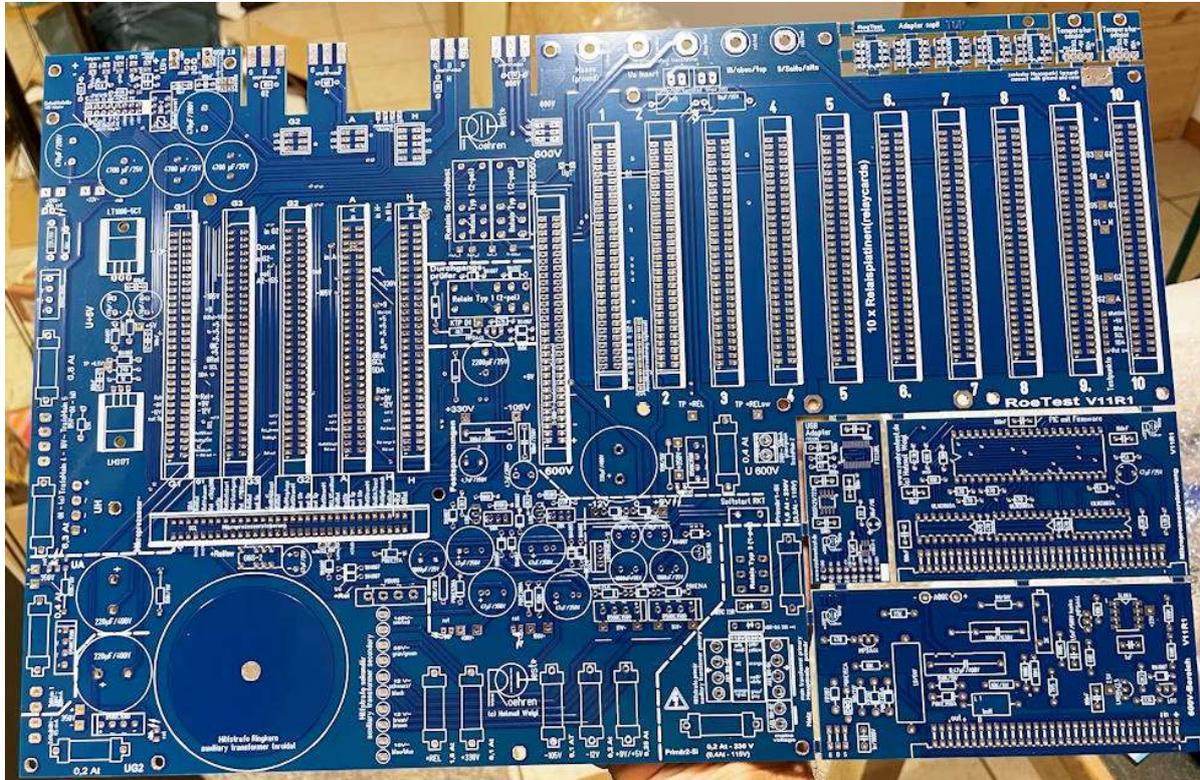
Man muss damit rechnen, dass Reichelt nicht alle Teile dahat. „Frühestens 10.1.2025 wieder verfügbar“ war für mich keine Option. Daher muss man entweder improvisieren, indem man bei Reichelt nach Alternativen sucht, oder zusätzliche Bestellungen bei Ebay oder Aliexpress aufgibt. Der LT1086CT-5 ist da zum Beispiel so ein Problemkind, aber auch der eine oder andere Hochlastwiderstand ist möglicherweise nicht auf Lager. Ich hatte Glück, dass ich recht schnell alle Bauteile gefunden habe und auch alles recht schnell da war.

Die Bauteile von Reichelt kamen als erstes an:



Wie immer mit viel Verpackungsmüll, aber mit den Aufklebern auch gut beschriftet und direkt bereit zum Verbauen.

Dann kam das Material von Helmut. Alles in hervorragender Qualität! Besonders beeindruckend ist das Mainboard:



Hält man diese Leiterplatte in den Händen, dann weiß man ganz genau, was man sich da für ein Projekt angetan hat! Man fühlt sich, als müsste man das Motherboard eines alten PCs bestücken. Und dann fragt sich nochmal, ob das am Ende wohl wirklich fehlerfrei gelingen wird...

Durch den Lötstopplack und den Bestückungsdruck braucht man jedenfalls keine Angst vor dem Projekt haben. Die Erfolgsaussichten sind mit so gutem Material so gut, wie sie überhaupt nur sein können.

Auch für das Auge ist einiges geboten. Hier ein gedruckter Widerstand:



Teile und herrsche!

Der RoeTest besteht aus vielen Bauteilen. Aus sehr vielen Bauteilen. Aus wirklich sehr, sehr vielen. Man sieht den Wald vor lauter Bäumen nicht.

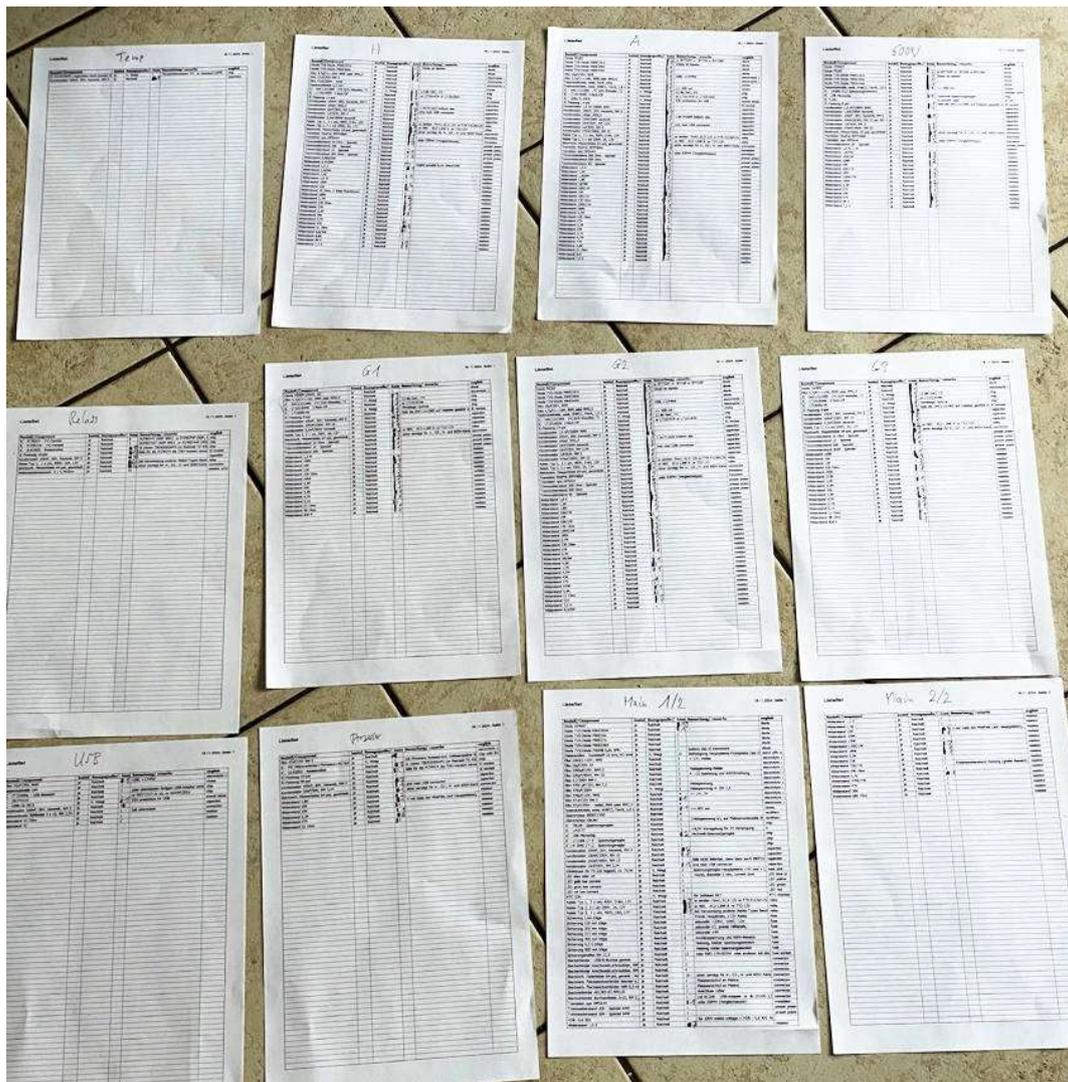
Deshalb ist es wichtig, etwas Ordnung und System reinzubringen. Ich habe daher die Bauteile in Kategorien eingeteilt und in kleinere Kartons sortiert. Hier exemplarisch der Karton für Widerstände und der für Kondensatoren:



Weitere Kategorien waren zum Beispiel "Dioden und Transistoren", "ICs" und "(Elektro-)mechanische Bauteile". Auch die Sicherungen kann man erstmal getrost beiseite sortieren, denn die kommen erst ganz am Ende zum Einsatz.

Diese Aufteilung bringt schon enorm viel. Die Suche nach einem bestimmten Bauteil klappt damit ausreichend flott.

Beim Bestücken der Platinen bin ich dann so vorgegangen, dass ich immer nur an einer Platine arbeite, bis diese fertig ist. Dazu habe ich mir zunächst Bestückungslisten (BOMs) für die verschiedenen Platinen zusammengestellt:



Zum Ausdrucken der Listen habe ich die Software mit der Bauteiledatenbank des RoeTest genutzt. Darin habe ich einfach auf die jeweilige Platine gefiltert, die Bauteileliste dann ausgedruckt und die Anzahl der Bauteile ggf. auf die betreffende Platine reduziert. Das ging einigermaßen schnell und die Listen waren für den Aufbau des RoeTest Gold wert. Vielleicht ginge es mit der Platinensoftware sogar noch einfacher, aber als eingefleischter KiCad-User tue ich mich mit Target 3001! extrem schwer und wollte mich da auch nicht tiefer reingtüfteln ...

Das Bestücken beginnt!

Anhand der jeweiligen Bauteileliste habe ich mir zunächst alle für eine Platine benötigten Bauteile aus dem Fundus zusammen. Hier am Beispiel der USB-Platine, die ich zuerst aufgebaut habe, um ein schnelles Erfolgserlebnis zu haben:

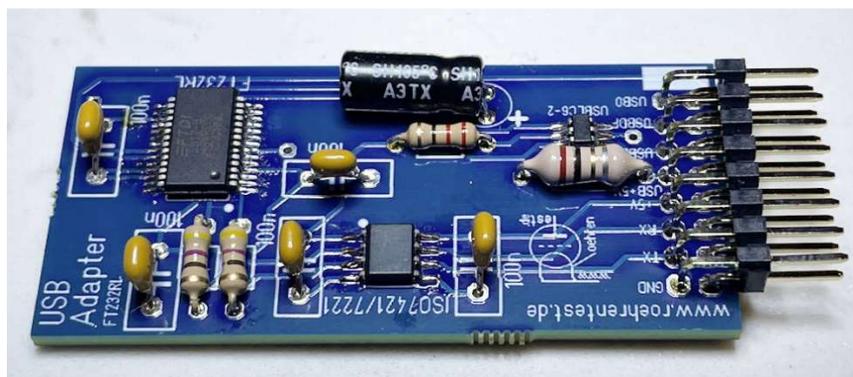


Die Bestückung geht dann anhand des Bestückungsaufdrucks der Platine sowie ggf. nach einem Blick in die Anleitung sowie die bereitgestellten Referenzfotos wie üblich vonstatten. Man beginnt mit etwaigen SMD-Bauteilen und arbeitet sich dann von den niedrigen zu den höheren Bauteilen durch.

Essenziell ist es hier, eine gute Löttausrüstung zu besitzen. Ein leistungsfähiger LötKolben, gutes verbleites Lötzinn, Flussmittel für SMD-Bauteile und im Optimalfall noch ein Stereomikroskop mit Ringlicht sind ideal und erleichtern die Arbeit ungemein:



Die USB-Platine war dann auch schnell erledigt:



Für die Prozessor-Platine fehlte mir zu dem Zeitpunkt noch ein Widerstand. In diesem Fall markiert man einfach das noch fehlende Bauteil in der Bauteileliste und legt die unfertige Platine einfach wieder "ins Lager", bis das fehlende Bauteil geliefert wird:

Liste/list *Prozessor*

Bauteil/Component	bestel	Bezugsquelle/	Anza	Bemerkung/ reman
PC mit Firmware	ja	Reichelt	1	
PC mit Firmware	ja	H. Weigl	1	mit Firmware Roetest-
PC mit Firmware	ja	Reichelt	1	or newer TBD62003A
PC mit Firmware	ja	Reichelt	3	falls für die PCF8574 c
PC mit Firmware	ja	Reichelt	1	
PC mit Firmware	ja	Reichelt	1	
PC mit Firmware	ja	Reichelt	1	
PC mit Firmware	ja	Reichelt	1	one near USB connect
PC mit Firmware	ja	Reichelt	1	einer zersägt für A-, G
Widerstand 1,8K	ja	Reichelt	1	
Widerstand 1,8K	ja	Reichelt	1	
Widerstand 1,8K	ja	Reichelt	4	4 vor Gate der MosFet
Widerstand 1,8K	ja	Reichelt	1	
Widerstand 1,8K	ja	Reichelt	1	
Widerstand 1,8K	ja	Reichelt	1	
Widerstand 1,8K	ja	Reichelt	1	
Widerstand 1,8K	ja	Reichelt	1	

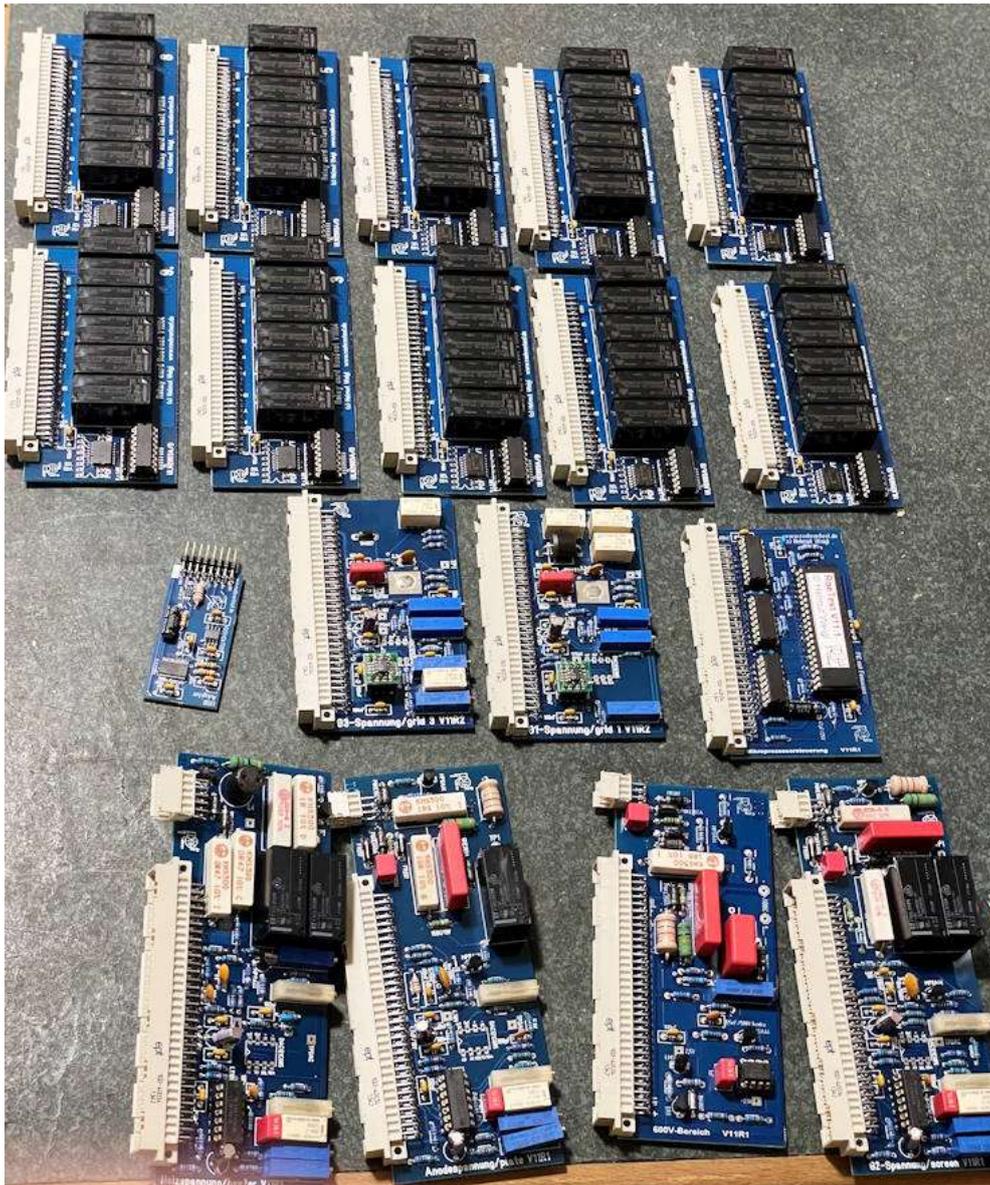
Als nächstes kamen die Relais-Platinen an die Reihe:



Da man 10 Stück davon aufbauen muss, die alle fast identisch sind, habe ich hier einfach an allen Platinen zugleich gearbeitet. Durch die vielen Relais – 60 an der Zahl! – wiegen die Relaisplatinen dann auch insgesamt stattliche 1,2 kg!

Um niedrige Leitungswiderstände zu gewährleisten, habe ich die Kontakte der Messerleisten teilweise auch noch von oben nachgelötet. Das Lötten der Relaisplatinen habe ich als den langwierigsten und langweiligsten Teil des gesamten Aufbaus in Erinnerung. Hat man das aber geschafft, dann hat sich der Bauteilefundus schon ganz gut gelichtet und man hat wieder mehr Überblick über alles.

Nach mehreren Stunden emsiger und gewissenhafter Arbeit sammeln sich allmählich die fertigen Platinen an:



Platz müsste man haben...

Überblick und Ordnung sind für das gesamte Projekt sehr wichtig und extrem hilfreich. Das wurde mir kurz nach Beginn der Arbeiten deutlich bewusst. Und so habe ich meine Lötarbeiten da auch recht bald unterbrochen und mir im Flur einen Tisch komplett freigeräumt und ausschließlich für den RoeTest reserviert:



So einen Luxus sollte man sich für jedes Projekt gönnen! Aber normalerweise habe ich auch gar nicht die Disziplin, bei genau einem einzigen Projekt zu bleiben. Und so stapeln sich grundsätzlich und immer wieder alle möglichen Projekte wild übereinander...

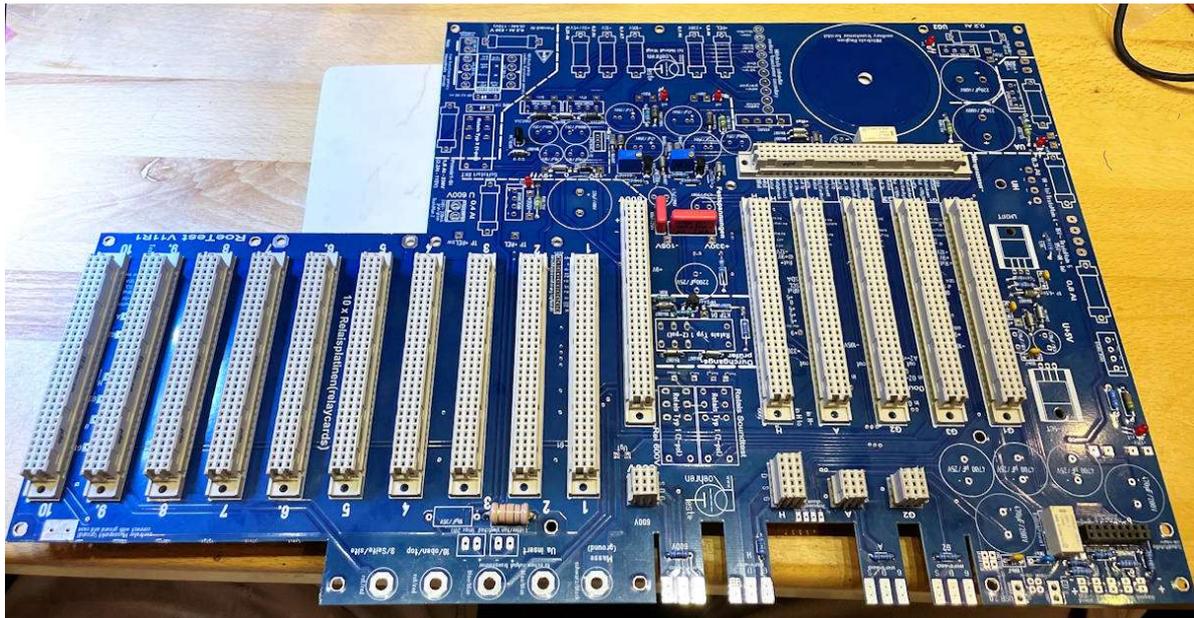
Drum prüfe ...!

Beim Bestücken der Bauteile sollte man sich diese stets genau ansehen und mindestens auch stichprobenartig prüfen. Reichelt hat mir zum Beispiel in einer Tüte mit 10nF-Kondensatoren nicht nur solche mit dem korrekten Aufdruck „103“ geschickt, sondern auch noch welche mit der Aufschrift „104“! Das war mir bei der Sichtkontrolle sofort aufgefallen und so konnte ich eine Fehlbestückung verhindern. Nur gut, dass ich noch ausreichend Hühnerfutter auf Vorrat hatte.

Auch alle Trimmer habe ich vor dem Einlöten auf Funktion getestet und grob auf Mittelstellung gebracht. Fehlerhafte Bauteile waren zum Glück keine dabei, aber auch anderen Bauberichten nach lohnt es sich, auf Nummer Sicher zu gehen.

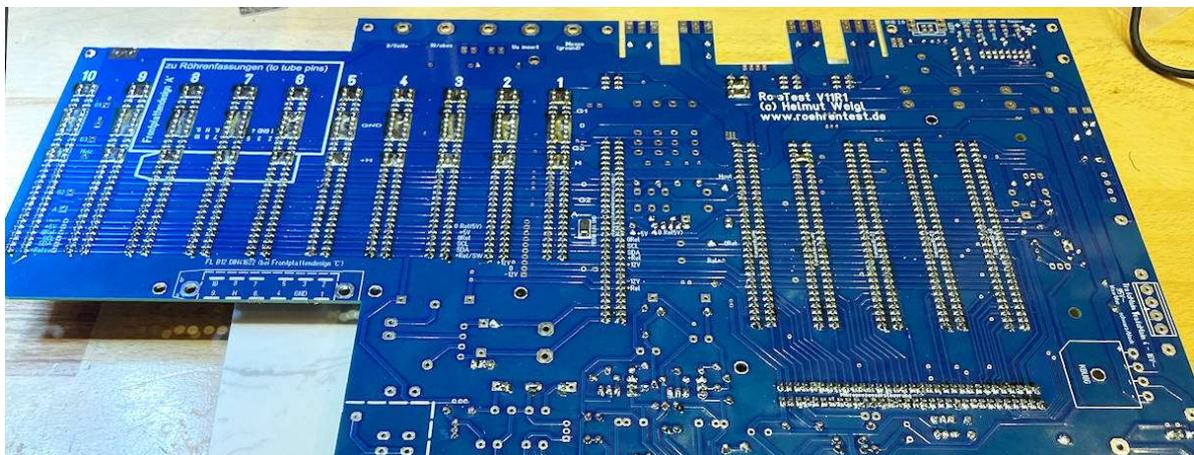
Der Endgegner beim Löten: Das Mainboard ist dran!

Nach den überschaubar großen Platinen für USB, den Mikrocontroller, die Relais und zur Spannungsregelung kommt nun endlich die Hauptplatine an die Reihe:



Die Platine beinhaltet wie bei einem PC-Mainboard den Bus für die "Tochterplatinen". Außerdem sind auf ihr alle Netzteilkomponente für verschiedene Spannungsquellen.

Bei der Bestückung kommt man bereits nach einer überschaubaren Anzahl von niedrigen Komponenten bei den Federleisten für den Bus an. Nach der Erfahrung bei den Tochterplatinen hatte ich vor dem Verlöten der Federleisten großen Respekt: 1116 Lötstellen wollen alleine dafür gelötet werden! Das erfordert Durchhaltevermögen. Und gute Musik im Hintergrund.



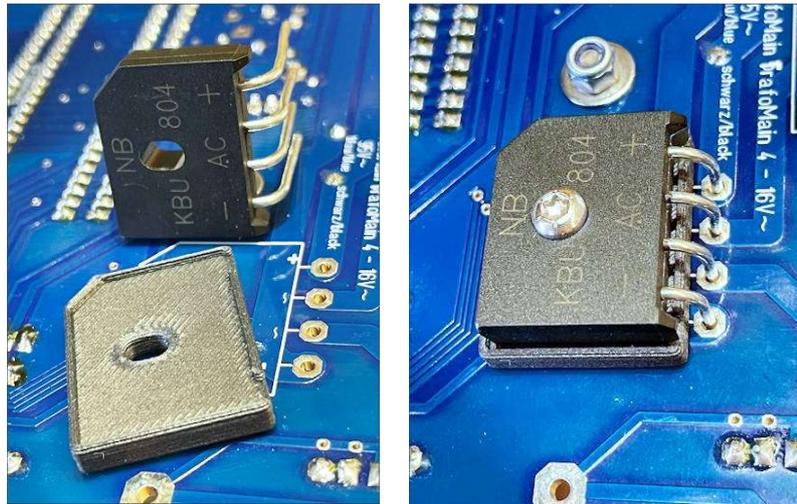
Doch im Gegensatz zu den Messerleisten ging es deutlich besser von der Hand, so dass ich nach 90 Minuten damit durch war. Natürlich darf man dabei nicht hetzen: Eine kalte Lötstelle wäre fatal und kostet viel mehr Zeit als das saubere Verlöten.

Für die Federleisten habe ich übrigens meine Restbestände an klobigem 1mm Lötdraht verarbeitet. Normalerweise arbeite ich nur noch mit dünnerem von 0,75mm oder 0,5mm, weil sich das viel besser verarbeiten lässt.

Die ersten Druckteile kommen zum Einsatz

Der Rest der Bestückungsarbeiten ist weitestgehend unspektakulär. Die Bauteile werden immer größer und die Platine immer unhandlicher.

Bei der Hauptplatine gab es dann endlich auch zwei Stellen, an denen ich mich von 3D-Druck unterstützen lassen konnte. Zunächst ist da auf der Unterseite ein Brückengleichrichter, der am Ende mit der Alu-Frontplatte verschraubt wird. Um den nötigen Abstand von 10mm zwischen Platine und Frontplatte auszufüllen braucht man einen Abstandshalter:



Die Schraube im Bild ist nur vorübergehend provisorisch dran - später ist auf dieser Seite die Frontplatte und die Schraube fixiert das Ganze von der anderen Seite aus.

Der Abstandshalter ist aus temperaturbeständigem PCCF gedruckt. Er hält nach Tempern bis 130°C aus, was mehr als ausreichend ist. Hätte es noch mehr gebraucht, so hätte ich stattdessen 3dkTOP verwendet, mit dem man nochmal 100°C höher kommt. Aber man muss es ja nicht übertreiben.

Einen weiteren Abstandshalter habe ich für die Status-LEDs designt. Denn auch diese müssen die 10mm bis zur Frontplatte überbrücken:



Der Abstandshalter schützt die LEDs auch bei den weiteren Arbeiten vor dem Verbiegen.

Sharing is Caring

Alle 3D-Designs zum RoeTest, deren Nutzung auch für anderen von Interesse sein könnte, lade ich sukzessive in meine RoeTest-Kollektion auf Printables hoch (<https://www.printables.com/@mageb/collections/1915253>). Makes, Likes und sinnvolle Kommentare bei den Designs würden mir übrigens unheimlich viel weiterhelfen!

Fassungsboxen

Bevor es auf der Hauptplatine weitergeht, werfen wir einen kurzen Blick auf das Zubehör, das mit ihr verbunden werden will: Beim RoeTest sind keine Röhrenfassungen direkt in das Gerät eingebaut. Stattdessen verfügt der RoeTest über eine 12 polige Federleiste nach DIN 41622, über die man sogenannte Fassungsboxen anschließt:



Eine Fassungsbox ist somit der Adapter zwischen der zu testenden Röhre und der Federleiste am RoeTest.

Im Original werden zur Herstellung von Fassungsboxen günstige Kunststoffgehäuse genutzt, die man zum Beispiel bei Reichelt kaufen kann. Diese werden dann entsprechend bearbeitet und mit einer Bodenplatte versehen. Ich spare mir hier natürlich die mechanische Bearbeitung, designe die Boxen maßgeschneidert am PC und druckt sie mir. Das Ergebnis wird dadurch etwas kompakter und verfügt sofort über sämtliche Ausschnitte und Bohrungen:



Man muss die Box also nur noch verdrahten. Dabei erdet man auch alle Schrauben und sonstigen Metallteile - lediglich bei den Schrauben zum Verschließen der Box auf der Unterseite spart man sich das:



Wie viele Fassungen man in eine solche Box einbaut bleibt jedem selbst überlassen. Da die Herstellung weiterer Boxen durch den 3D-Druck aber extrem einfach ist und schnell vonstattengeht, werde ich bis auf Weiteres bei einer Fassung pro Box bleiben.

Mir gefällt das System mit den "normierten" Fassungsboxen sehr gut: Man hat maximale Flexibilität, kann jederzeit neue Fassungen hinzufügen und der Kabelsalat hält sich in Grenzen. Einzig der Preis für die Messerleisten ist unangenehm: Das ist bei den meisten Boxen das mit Abstand teuerste Teil.

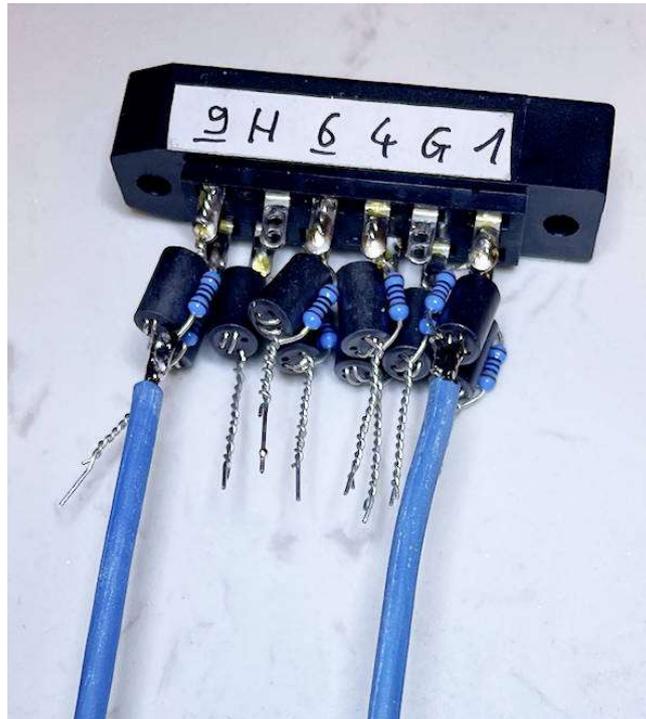
Wer dieses modulare System nicht mag, kann seinen RoeTest natürlich auch so aufbauen, dass auf einer großen Platte alle relevanten Fassungen fest verbaut sind. Das muss man sich dann halt nach eigenen Vorstellungen designen und anfertigen. Ein Vorteil davon wäre, dass man neben dem Gerät nicht noch eine Sammlung an Fassungsboxen unterbringen und/oder transportieren muss. Als Nachteil hat man dann aber die geringere Flexibilität bzgl. Erweiterungen. Und die Zuleitungen sind dadurch auch länger, wodurch man wohl bei manchen Röhren mit Schwingungen zu kämpfen haben könnte ...

Fassungsboxanschluss

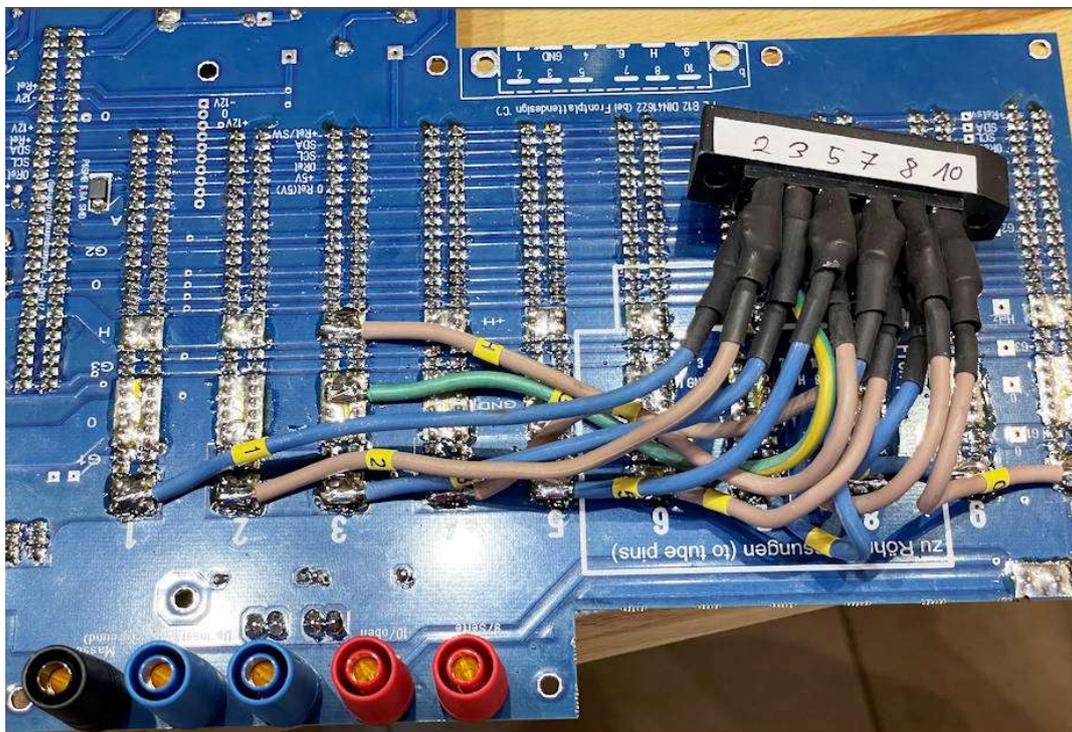
Die Buchse zum Anschluss der Fassungsboxen wird auf der Frontplatte des RoeTest befestigt. Im Original wird auch hier wieder ein Kunststoffgehäuse bearbeitet und befestigt. Ich habe natürlich wieder zum 3D-Druck gegriffen und eine Box optimal nach Maß designt:



Nachdem die mechanische Befestigung geklärt ist, geht es an das Verdrahten der Federleiste. An diese werden Dämpfungsglieder angelötet und danach mit Schrumpfschlauch isoliert:



Anschließend wird das Ganze auf der Unterseite der Hauptplatine festgelötet:



Das ist der erste Arbeitsschritt, den ich nicht so gelungen finde. Die Idee dabei ist, dass die Leitungen so kurz wie möglich werden (hier im Bild oben sind sie eigentlich noch zu lang). Trotzdem wäre mir eine Lösung mit Schraub- oder Steck-Klemmen lieber als das Festlöten auf der Platine. Vielleicht gäbe

es ja so etwas Ähnliches wie die WAGO 2060-Buchsenleisten - also Klemmen, die nicht dick auftragen und auch für flexible Leitungen geeignet sind?

Galvanik!

Beim Fassungsboxanschluss ragen die Anschlussleitungen über die Alu-Frontplatte aus dem Gerät heraus und sind daher nicht mehr im abgeschirmten Bereich. Das muss aber nicht so bleiben, denn mithilfe schwarzer Magie – oder etwas Galvanik – können wir die Abschirmung auch bis in das gedruckte Anbauteil verlängern. Hierzu werden die Druckteile zunächst außen abgeklebt (muss nicht unbedingt sein) und dann an den Innenseiten dünn mit Kupferleitlack bepinselt:



Zuvor habe ich bereits Anschlussleitungen mithilfe von Löt-Ösen und M3-Schrauben an den Druckteilen befestigt. Nachdem der Lack ein paar Stunden getrocknet ist, sollte man nochmal eine zweite Schicht Lack aufbringen. Das habe ich hier nicht gemacht und so sieht auch das Ergebnis am Ende nicht ganz so toll aus. Funktionieren tut es aber trotzdem.

Der Leitlack alleine ergibt entgegen seinem Namen noch keine leitfähige Schicht! Diese muss erst noch geschaffen werden. Dazu kommt das Ganze in ein Galvanik-Bad mit saurem Kupferelektrolyt. Zum Galvanisieren werden die bereits angebrachten Drähte als Kathode verwendet. Als Anoden dienen Kupferteile, die auch ins Bad eingebracht werden. Man bestromt das Ganze dann gemäß Anleitung und etwas später hat man tatsächlich eine leitende Kupferschicht (hier bereits nach dem Abwaschen abgelichtet):



Weil das Kupfer ziemlich schnell hässlich oxidiert, wird – ebenfalls per Galvanik – noch eine Nickel-Schicht darübergelegt. Und an der minderen Qualität der Nickelschicht sieht man dann auch, dass es nicht gut war, dass ich den Kupferleitlack nur einmal aufgetragen hatte:



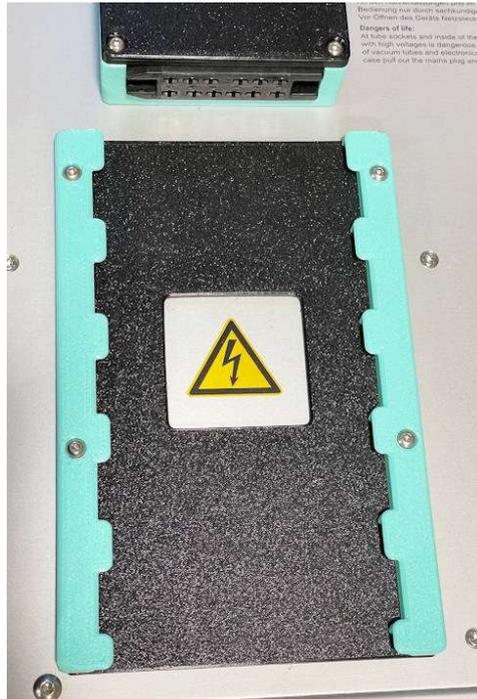
Ich hatte da schon wesentlich bessere Ergebnisse. Aber nachdem die Metallschicht im Inneren verborgen ist, kommt es auf das Aussehen nicht an. Denn die Funktion der Abschirmung ist damit auf jeden Fall gegeben. Natürlich müssen die beiden Metallschichten auf den Druckteilen mit Masse verbunden werden. Dies geschieht einfach mit den bereits für die Galvanik vorhandenen Leitungen:



Theoretisch könnte man auch jede einzelne Fassungsbox auf diese Weise beschichten – Schraubenlöcher für die M3-Schrauben habe ich dafür grundsätzlich in meinen Designs vorgesehen. Aber ich denke ich spare mir das erstmal – man muss es ja nicht völlig übertreiben.

Führungsschienen

Die Fassungsboxen werden beim RoeTest nicht einfach nur in die Buchse gesteckt. Vielmehr sind vor der Buchse sind Schienen vorgesehen, die dafür sorgen, dass die Boxen sauber geführt werden. Somit wird die Anschlussbuchse weniger belastet und auch das Wechseln der Röhren geht besser, weil die Fassungsbox gut an ihrem Platz gehalten wird:



Im Original ist diese Konstruktion kürzer und sehr viel schlichter: Sie besteht gemäß Anleitung lediglich aus einer Bodenplatte und zwei Leisten, die zum Beispiel aus "Bastlerglas" angefertigt werden können. Das erleichtert den Nachbau, wenn man keinen 3D-Drucker hat.

Warum sind also meinen "Schienen" länger und was hat es mit den Aussparungen auf sich? Das sieht man besser, wenn man sich mein Design von der Seite ansieht:



Diese Bajonett-artige Form erfüllt zunächst denselben Zweck, wie die Schienen beim Original. Der Vorteil ist nun aber, dass man die Fassungsboxen nicht mehr über die gesamte Länge der Schienen einschieben muss, sondern nur um gut 1cm bis zum Einrasten. Dadurch kann man die Schienen auch länger machen, wodurch auch längere Konstruktionen (das sehen wir später noch!) über die gesamte Länge gehalten werden.

So sieht das Ganze dann mit "eingearasteter" Fassungsbox samt Röhre aus:



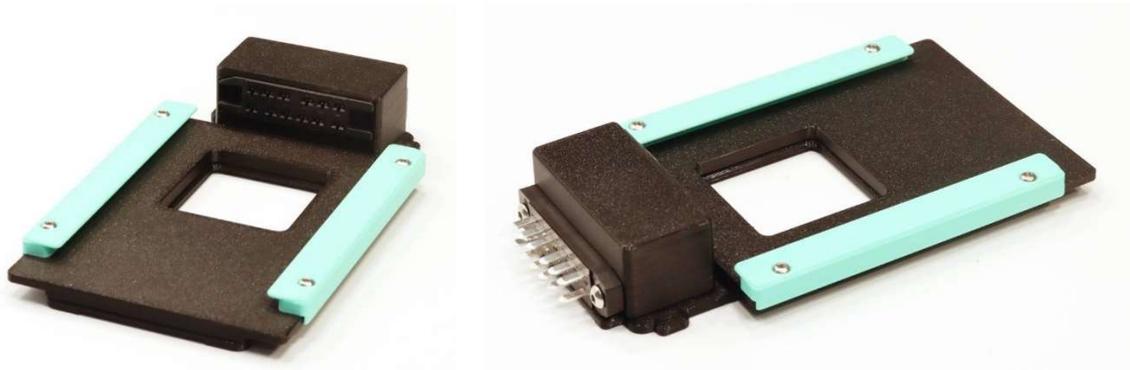
Kompatibilitätsfragen

Natürlich habe ich mir bei meiner Sonderlösung für die Führungsschienen Gedanken um die Kompatibilität gemacht: Ich werde ja auch 3D-Designs für verschiedene Fassungsboxen entwerfen und online stellen. Damit diese Designs dann auch von anderen RoeTest-Nutzern genutzt werden können, sollte es nicht zwingend erforderlich sein, auch bei den Schienen auf mein System umzusteigen! Und diese Bedingung ist erfüllt: Die Bodenplatten meiner Fassungsboxen haben zwar diese regelmäßigen Unterbrechungen an der Seite, sie sind damit aber trotzdem kompatibel zum originalen Schienensystem.

Doch was ist im umgekehrten Fall: Was ist, wenn ich mal eine fremde Fassungsbox (z. B. mit einer sehr exotischen Fassung) bei mir einsetzen will? Oder was ist, wenn jemand zwar gerne mein Schienendesign einsetzen würde, aber schon ein paar Fassungsboxen nach der originalen Machart besitzt? Dann könnten diese ja nicht mehr verwendet werden. Aber auch hierfür habe ich eine Lösung:



Diesen Adapter, der sich dank 3D-Druck sehr leicht herstellen lässt, kann man auf mein Schienensystem aufsetzen und hat dann exakt dasselbe Schienenprofil wie im Original. Hier noch weitere Ansichten:



Ich glaube nicht, dass ich selbst diesen Adapter jemals brauchen werde, aber hey: Damit ist die Kompatibilität in beide Richtungen gegeben und ich kann wieder ruhig schlafen.

Kühlung

Wo wir schon bei den Anbauteilen auf der Oberseite der Frontplatte sind, komme ich gleich auch noch auf den dort platzierten Lüfter zu sprechen.

Zunächst aber noch ein paar Worte zum allgemeinen Kühlungskonzept des RoeTest: Die Wärmeabfuhr geschieht hauptsächlich über einen riesigen Kühlkörper auf der Rückseite des Gehäuses. Zusätzlich dazu verfügt das Gerät optional auch über eine aktive Kühlung. Dazu gibt es auf der Hauptplatine zwei Anschlüsse für Lüfter. Ein Lüfter ist direkt auf der Frontplatte vorgesehen, ein weiterer kann optional auch noch für den Kühlkörper angebracht werden, wobei man mehr Freiheitsgrade hat, aber halt auch selbst kreativ werden muss.

Der RoeTest verfügt auch noch über einen Temperatursensor, so dass die Lüfter nur bei Bedarf zugeschaltet werden. Bei meinen Tests kam ich bisher immer ohne Lüfter rein mit der passiven Kühlung aus. Ich schätze die aktive Kühlung wird erst dann ein Thema, wenn man Leistungsröhren testet oder längere Zeit am Stück mit dem Gerät arbeitet.

Ich habe zunächst nur den einen Lüfter auf der Frontplatte montiert. Auf einen möglichen zweiten Lüfter gehe ich später beim Thema Gehäuse nochmal ein.

Entgegen dem offiziellen Bauteileplan habe ich mich für einen hochwertigen Lüfter von vom Typ NF-A6x25 von Noctua entschieden:



So ein Lüfter ist deutlich leiser und langlebiger, dafür aber auch deutlich teurer. Ein weiterer Nachteil ist, dass die Kabeldurchführung in der Frontplatte nicht passt. Hier muss man die einfach ein wenig einer Schlüsselfeile nachbearbeiten. Und die Farbgebung des Lüfters sticht sich sehr mit dem Farbkonzept meines RoeTest. Daher habe ich dem Lüfter nicht nur ein Lüftergitter spendiert, sondern gleich eine ganze Haube dafür designt, die den Lüfter vollständig einpackt:



Hierbei handelt es sich tatsächlich nur um ein einziges Druckteil, bei dessen Druck einfach zur richtigen Zeit das Filament zu einer anderen Farbe gewechselt wurde. Die von außen immer noch sichtbaren Teile des Lüfters habe ich dann noch so gut wie möglich mit einem schwarzen Edding gefärbt – und schon passt das Farbschema wieder.

Nacharbeiten an der Frontplatte

Bevor man die Anbauteile endgültig an der Frontplatte befestigt, muss diese erst noch nachgearbeitet werden. In der Anleitung ist dazu gut beschrieben, welche Stellen man von der Eloxalschicht befreien muss, so dass der Massekontakt überall sauber hergestellt wird. Dies betrifft auch ein paar Gewinde, die dazu schlichtweg mit einem Gewindebohrer nachbearbeitet werden. Vom Erfolg der Arbeiten habe ich mich danach noch mit einem Durchgangsprüfer überzeugt.

Zusätzlich gibt es ein paar Stellen, die man entgraten sollte. Neben dem, was bereits in der Anleitung steht, empfehle ich auch noch die Löcher für die 4mm-Buchsen zu entgraten:



Das erleichtert das Einsetzen der großen Platine und schont die Buchsen. Entgraten sollte man auch die 3mm-Löcher für die LEDs - auch hier nur an der Unterseite der Frontplatte:



Und schließlich empfehle ich auch noch das rechteckige Loch für die USB-Buchse an der Unterseite mit einer Schlüsselfeile zu bearbeiten, so dass deren Schrumpfschlaulisolierung (siehe Originalanleitung) nicht beschädigt wird.

Bohrungen am Kühlkörper

Auch der Kühlkörper benötigt ein paar Nacharbeiten. Zunächst braucht man 5 Gewindelöcher zur Befestigung von 4 MOSFETs und für den Temperatursensor. Um die Löcher passgenau zu positionieren, drucke ich mir einfach Schablonen:



Der Druck solcher größeren Schablonen geht ohne top- und bottom-Layer sehr flott und verbraucht wenig Material. Mit der Schablone sitzen alle Bohrungen perfekt, ohne dass ich fummelig messen, anzeichnen und zielen muss. Mit dem Akkuschauber und der Schablone wird übrigens nur kurz vorgebohrt. Der Rest wird dann an der Ständerbohrmaschine und dem korrekten Kernlochdurchmesser durchgebohrt und danach mit dem entsprechenden Gewindeschneider und etwas Öl geschnitten.

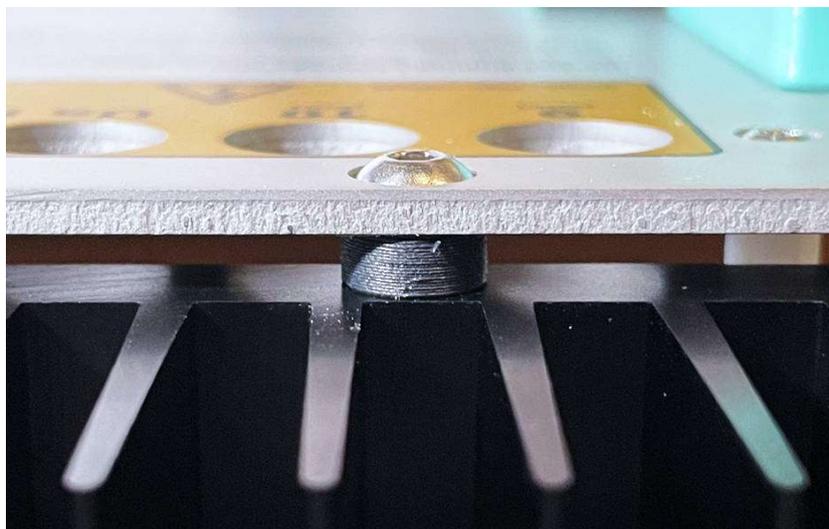
Die öligen Alu-Späne lassen sich auf der Seite mit den Zinken übrigens nur sehr mühsam vom Kühlkörper entfernen. Wesentlich einfacher geht das aber mithilfe von Druckluft. Damit kriegt man sogar die Gewinde in Sacklöchern frei von Spänen. Aber bitte die Schutzbrille nicht vergessen!

Weitere M4-Löcher zur Verbindung mit der Frontplatte müssen noch auf der Oberseite des Kühlkörpers angebracht werden. Auch hier habe ich die äußeren beiden Löcher mit Schablonen positioniert:



Nach dem Vorbohren sollte man die Position sicherheitshalber noch gegen die Löcher der Frontplatte prüfen. Die zwei dann noch fehlenden Löcher werden später einfach mit der Frontplatte als Schablone positioniert, nachdem man die Frontplatte bereits an den beiden ersten Löchern festgeschraubt hat.

Ist man mit diesen Arbeiten am Kühlkörper fertig, so kann man endlich die Frontplatte und den Kühlkörper miteinander verheiraten. Der Kühlkörper wird dabei mit einem Abstandshalter montiert. Im Original sind das Unterlegscheiben - bei mir kommen wieder Druckteile aus PCCF zum Einsatz:



Zusammen mit den Anbauteilen sind die Frontplatte und der Kühlkörper bereit für das Anbringen der Hauptplatine:



Die Hauptplatine wird mit Abstandsbolzen auf genau 10 mm Abstand zur Frontplatte montiert.

Die grauen Blöcke, die ihr auf dem obigen Foto sehen könnt, sind natürlich auch nicht original. Es handelt sich dabei um Befestigungen für das Gehäuse, die einfach auf die Abstandsbolzen aufgesteckt werden. Auch hier habe ich mir wieder Teile aus PCCF gedruckt und sie mit Metallgewinden versehen:

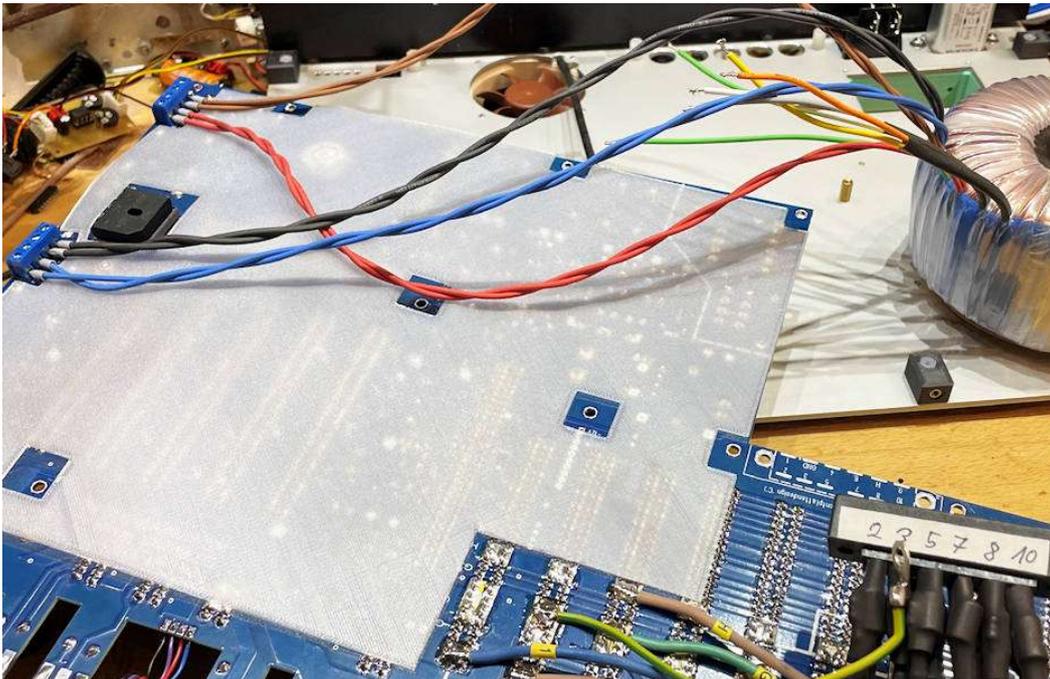


Normalerweise werden in der 3D-Druck-Szene für solche Gewinde Einschmelzbuchsen aus Messing verwendet. Inzwischen nutze ich hier aber in den allermeisten Fällen die im Bild gezeigten Reduziergewinde. Diese sind eigentlich zur Reparatur von Gewinden gedacht. Mit 15ct pro Stück (in V2A) sind sie zwar wesentlich teurer, dafür lassen sie sich aber sehr viel präziser direkt einschrauben. Man spart sich also Arbeitszeit und hat ein besseres Ergebnis. Außerdem kann man die Gewindebuchsen später auch wieder aus dem Kunststoff herausdrehen und wiederverwenden.

Jetzt wird's spannend!

Die Version 11 des RoeTest verfügt über zwei Ringkerntrafos zur Erzeugung der vielen verschiedenen Spannungen: Ein kleinerer „Hilfstrafo“ wird auf der Hauptplatine montiert und der große Haupttrafo

auf der Frontplatte. Die Sekundäranschlüsse des Haupttrafos werden verdrillt und auf der Unterseite der Platine angeschlossen:

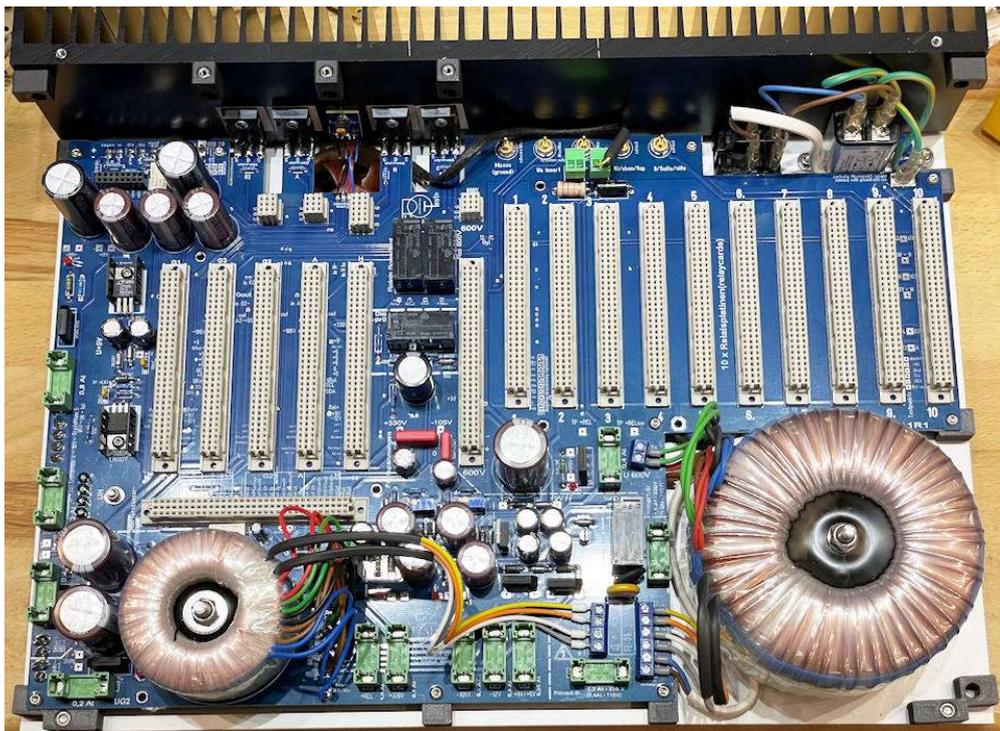


Die weiße Folie dient der zusätzlichen Isolierung, damit die Leitungen später nicht an den Pins auf der Lötseite der Platine scheuern. Man schneidet sie entweder aus handelsüblicher Folie zu, oder man macht es so wie ich und - Ihr ahnt es schon - druckt sie sich mithilfe eines 3D-Druckers. Mit zwei Druckschichten aus PETG ist die Folie perfekt für diesen Zweck geeignet und das lästige Zuschneiden entfällt. Die Folie kommt perfekt passend direkt mit allen Aussparungen so vom Drucker.

Um statischer Aufladung etwas entgegenzuwirken, habe ich die Folie auf der Unterseite mit Antistatik-Spray behandelt.

Der Rohbau steht!

Ein paar Schrauben später ist es Zeit zum Feiern, denn der RoeTest ist im Rohbau fertig:



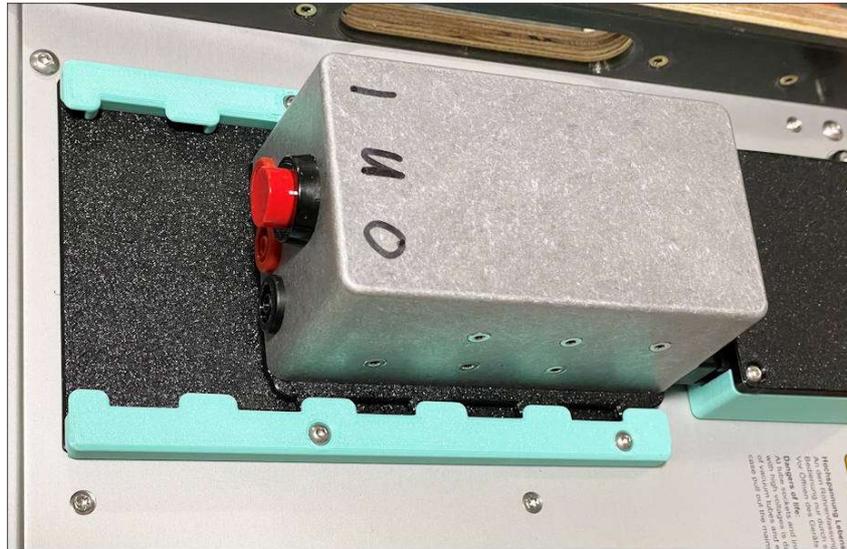
Würde man jetzt noch die Steckkarten bestücken, so könnte man sich auch schon an die Inbetriebnahme machen. Doch bevor es weiter geht, kurz noch ein paar Wort zu meinem Bericht:

Ihr habt sicher schon gemerkt, dass ich in meinem Baubericht viele Schritte weggelassen habe. Das liegt daran, dass ich nur über das meiner Meinung nach Wichtigste und die Besonderheiten schreibe. Das meiste ist schließlich entweder in der Anleitung des RoeTest sehr gut beschrieben oder selbsterklärend. Auch gibt es in meinem Bericht viele Kontinuitätsfehler - d.h. es gibt Unstimmigkeiten in den Fotos. Das liegt daran, dass die Fotos nicht in der Reihenfolge gemacht wurden, wie ich den Bericht schreibe. Außerdem ist ein solches Projekt immer ein iterativer Prozess, bei dem man Fehler

macht (zum Beispiel die Löcher an der falschen Stelle bohrt und dann froh ist, dass der Kühlkörper auch gewendet werden kann...) oder bei dem man 3D-Designs nochmal überarbeitet und abwandelt. Seht den Bericht daher auf keinen Fall als Anleitung, sondern lediglich als Inspiration und Ergänzung.

Aufbau der Abgleichbox

Damit der Abgleich des RoeTest flott vonstattengeht, gibt es als Zubehör die sogenannte Abgleichbox. Diese wird für den Abgleich wie eine Fassungsbox an das Gerät angeschlossen:



Im Inneren besteht die Abgleichbox aus einer ganzen Reihe an Lastwiderständen. Dazu kommen noch ein Taster und drei 4mm-Buchsen zum Anschluss eines Multimeters. Das Metallgehäuse dient auch gleich noch als Kühlkörper.

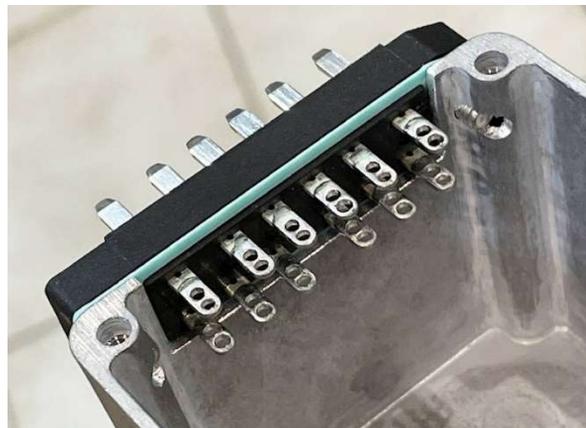
Doch zunächst muss man das Gehäuse bearbeiten, um alle Bauteile daran befestigen zu können. Auch die Messerleiste will an ihren Platz:



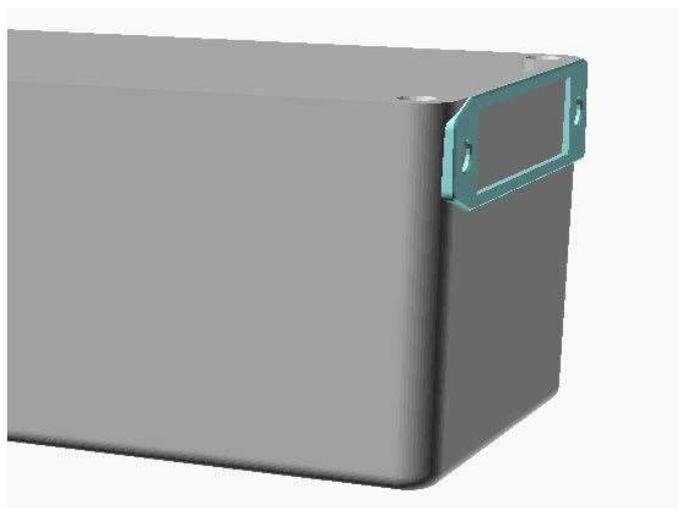
Damit der Ausschnitt und die Löcher für die M4-Schrauben an der richtigen Stelle landen, wird vorübergehend eine gedruckte Schablone an das Gehäuse geschraubt:



Die Löcher werden durch die Schablone hindurch gebohrt und der rechteckige Ausschnitt angezeichnet. Er wird nach Entfernen der Schablone herausgesägt und mit der Feile fertig bearbeitet. In die Löcher werden Gewinde geschnitten und schon passt die Buchse perfekt:



Und was ist dieses mint-farbige Teil in dem Bild? Mich hat geärgert, dass die Seite des Gehäuses nicht rechtwinklig zum Boden steht und damit die Messerleiste nach Montage schief stehen würde. Also habe ich schnell mal eben eine formschlüssige Unterlage designt:



Das ging echt flott und das Ergebnis spricht für sich:



Die Löcher für die 4mm-Buchsen und den Taster werden mit einer weiteren Schablone vorgebohrt:



Schließlich bohrt man die kleinen Löcher mit Stufenbohrern auf das richtige Maß auf:



Weitere Löcher zur Befestigung von 5 Stück 25W Widerständen habe ich - ebenfalls mit Schablonen - an der Seite angebracht. Ich habe mich dazu entschieden, die Widerstände senkrecht zu montieren. Das geht nur, weil ich die Löcher mit meiner Vorgehensweise sehr genau platzieren kann - denn Platz für ausreichende Abstände hat man nicht viel.

Und schon kann der Aufbau beginnen:



Durch die beengten Platzverhältnisse muss man systematisch vorgehen, sich alles genau überlegen und von unten nach oben bauen. Am Ende kann das Ganze dann so aussehen:

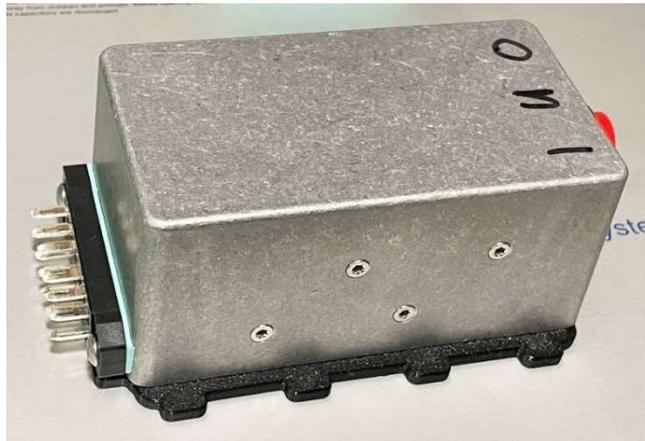


Es geht wirklich eng zu - vor allem wenn man solche 4mm-Buchsen verwendet, wie ich hier. Es gibt natürlich auch welche, die nach außen ragen – mit denen geht der Aufbau etwas leichter.

Zum Schluss kommt noch ein gedruckter Boden dran:



Jetzt ist die Box bereit für ihren Einsatz:



Die von Hand draufgeschriebene Beschriftung der drei Anschlussbuchsen werde ich wohl irgendwann noch durch einen Aufkleber ersetzen...

Die Inbetriebnahme beginnt

Jetzt ist endlich der spannende Moment gekommen, den RoeTest Schritt für Schritt in Betrieb zu nehmen. Dazu werden der Reihe nach die einzelnen Sicherungen eingesetzt - insgesamt 12 Stück! - und geprüft, ob die verschiedenen Spannungen an Prüfpunkten anliegen. Ich habe bei der Gelegenheit gleich alle Sicherungshalter beschriftet mit ihrem Zweck und dem Wert der Sicherung. So vermeidet man Fehlbestückung:

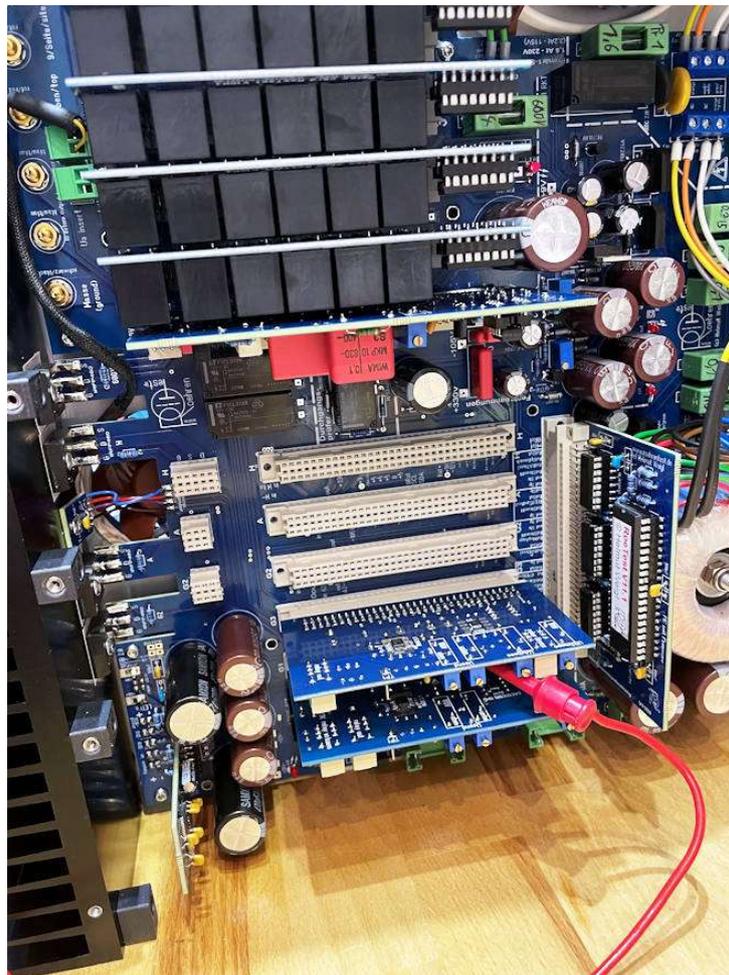


Wenn das alles passt und nichts in Rauch aufgegangen ist, geht die weitere Inbetriebnahme mit Unterstützung der PC-Software. Dafür werden zunächst nur die Prozessorkarte, die USB-Karte, sowie die Relais-Karten bestückt. Mit der Software kann man dann alle Relais durchprüfen. Hat auch das geklappt, so geht es an den aufwändigeren und fummeligeren Teil der Inbetriebnahme:

Der Abgleich

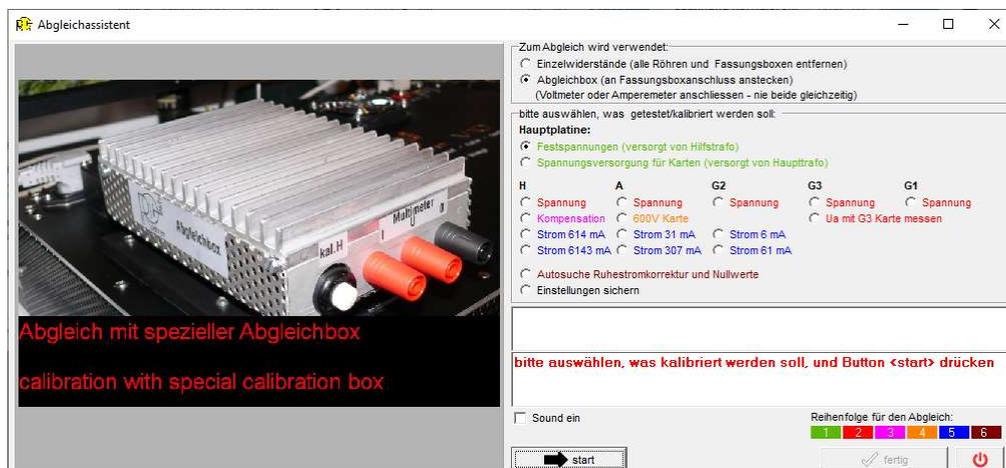
Beim Abgleich geht es darum, jede einzelne Spannungsquelle so einzustellen, dass sie auch wirklich den Spannungswert generiert, der durch die Software vorgegeben wird. Außerdem misst der RoeTest mithilfe mehrerer A/D-Wandler des PIC-Mikrocontrollers verschiedene Spannungen und Ströme – und auch diese Messbereiche werden beim Abgleich eingestellt.

Man geht hier wieder Schritt für Schritt vor und nimmt alle Spannungs-Karten nacheinander einzeln in Betrieb:



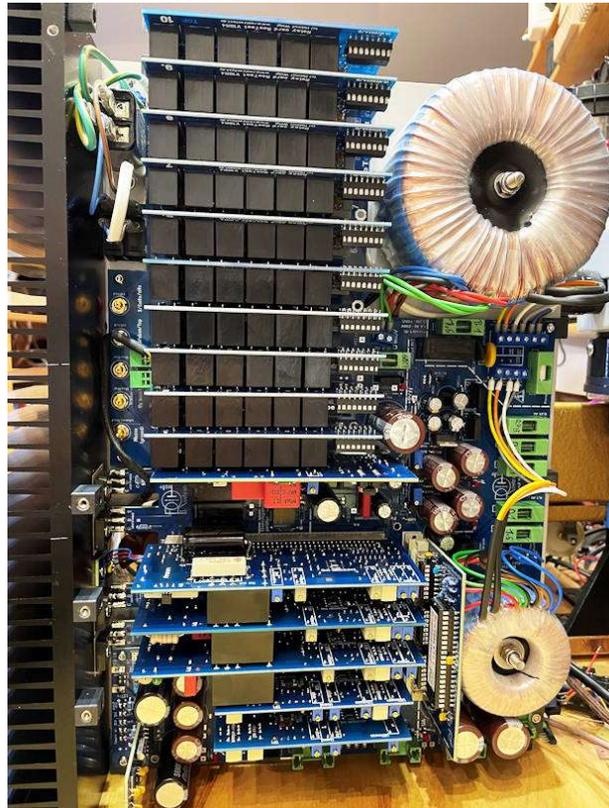
Auf den Spannungskarten sind Prüfpunkte vorgesehen. Um so wie im Bild oben gefahrlos eine Messleitung anzuklemmen sollte man die Prüfpunkte auf den Karten unbedingt mit Lötnägeln bestücken!

Der Abgleichassistent der PC-Software führt einen nun durch den Abgleich:



Der Abgleich wird durch die Abgleichbox (siehe entsprechender Abschnitt oben) sehr einfach und fast schon idiotensicher. Man hangelt sich einfach Schritt für Schritt durch alle Bereiche und folgt den Anweisungen. Mit einem Multimeter muss man dazu wahlweise Spannungs- oder Stromwerte an der Abgleichbox abgreifen.

Wenn alles klappt und keine Unstimmigkeiten auftreten (denen ziemlich sicher Fehler im Aufbau zugrunde liegen würden) hat man am Ende des Abgleichs alle Karten bestückt.



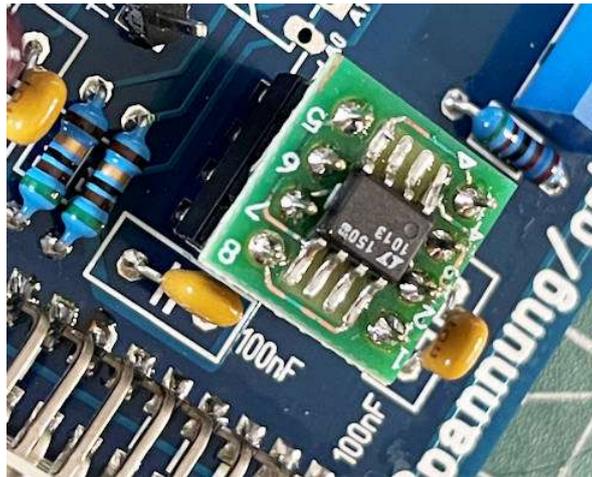
Der RoeTest ist somit einsatzbereit. Nur ist er noch nicht sicher zu betreiben, denn das Gehäuse fehlt noch.

Der Fehlerteufel schlägt zu

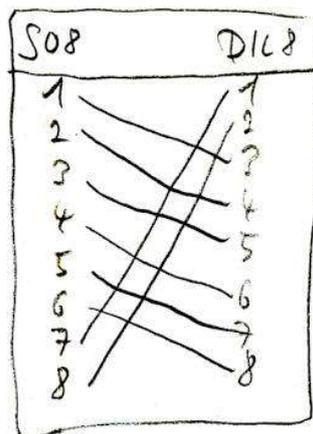
Ein so großes Projekt vollkommen fehlerfrei aufzubauen ist eine gewisse Herausforderung. Man sollte daher nur dann am Aufbau des RoeTest arbeiten, wenn man noch ganz wach, fit und konzentriert ist.

Trotz aller Sorgfalt sind mir beim Aufbau doch tatsächlich zwei Fehler unterlaufen!

Für den ersten Fehler fühle ich mich nur bedingt verantwortlich. Es geht um einen Präzisions-Operationsverstärker LT1013. Weil der gesuchte Typ im DIL-Gehäuse nicht lieferbar war, habe ich meiner Gewohnheit nach einfach zum SMD-Gehäuse gegriffen und den Käfer mithilfe einer Adapterplatine bestückt:

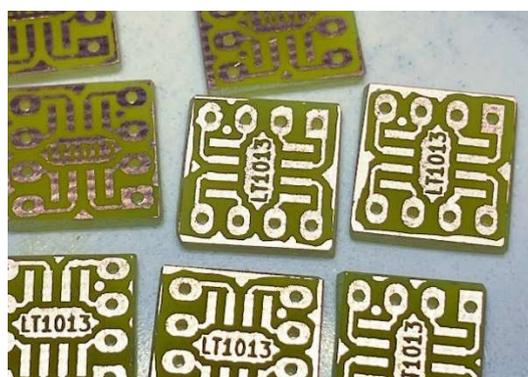


Beim Abgleich des RoeTest habe ich einen Fehler bemerkt, die im Bereich dieses ICs liegen musste. Da ich auf der Platine aber keine Fehler finden konnte, habe ich mir dann doch nochmal das Datenblatt des ICs genauer angeschaut. Ich habe nicht schlecht gestaunt: Die Anschlussbelegung des ICs im SMD-Gehäuse unterscheidet sich von derjenigen des DIL-Gehäuses! Die Pins sind doch sage und schreibe um zwei Positionen verdreht:



So etwas habe ich noch bei keinem einzigen anderen IC gehabt. Aber man lernt eben nie aus, welche Fallen auf dem Weg lauern können...

Adapterplatinen zur Herstellung der richtigen Pin-Reihenfolge waren schnell produziert:



Und nach dem Austausch hat auch endlich alles funktioniert:



Auf den Hinweis von Helmut hin habe ich noch den Abblockkondensator aufgelötet. Ich war überrascht und froh, dass alle ICs die falsche Bestückung schadlos überstanden haben. Denn ganz billig sind sie nicht ...

Der zweite Fehler war ganz allein meine Schuld. Ich habe ihn in der Abgleichbox eingebaut:



Bei der Kontaktierung der Widerstände an der Messerleiste habe ich an einer Stelle oben und unten verwechselt. Durch die falschen Widerstandswerte lag dann beim Abgleich der Strommessbereiche die falsche Stromstärke an und ich konnte einen Messbereich nicht abgleichen... Zum Glück war auch dieser Fehler nicht tragisch und schnell behoben.

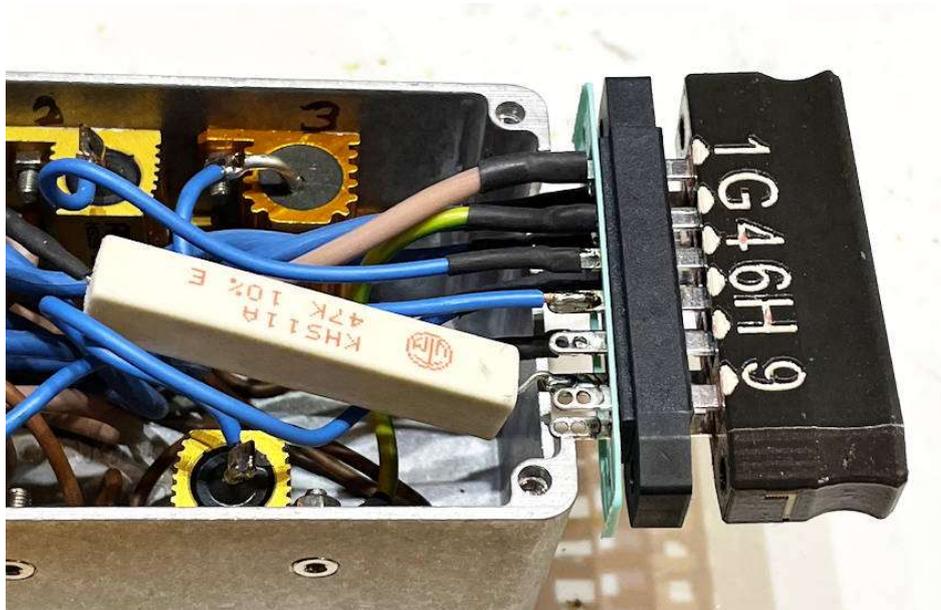
Kontaktierungsassistent

Falsche Kontaktierung der Messerleisten und von Fassungen dürfte eine der größten Fehlerquellen beim Bau des RoeTest und dessen Zubehör sein. Ich bin da stets am Zweifeln und kontrolliere mehrfach – und trotzdem kommen Fehler rein.

Um mir das Leben zu erleichtern habe ich ein Hilfsmittel erfunden, dass sich als extrem praktisch erwiesen hat:



Dieses im Zweifarbdruk gefertigte Druckteil kann wie eine Federleiste auf die Messerleisten für den RoeTest aufgesteckt werden und zeigt dann die korrekte Belegung direkt am Ort des Geschehens an:



Der eigentliche Clou ist die rötliche Füllung in den Aussparungen des Druckteils: Hierbei handelt es sich um Hochtemperatur-beständigen Silikonkautschuk. Diesen habe ich einfach in die Hohlräume des Druckteils eingefüllt und dann noch eine Messerleiste eingesteckt, so dass sich ein formschlüssiges Gegenstück zur Messerleiste bildet. Nach dem Aushärten habe ich das Ganze mit einem Cuttermesser oben abgeschnitten. Damit die Einsteckkraft nicht zu groß wird, habe ich das Silikon aus einer der Kammern dann wieder herausgezogen.

Das Teil war recht einfach und flott herzustellen und hat sich bei der Kontaktierung weiterer Fassungsboxen als wahrer Segen herausgestellt:



Durch das temperaturbeständige Silikon kann man auch bei aufgesteckter Kontaktierungshilfe löten! Ich bin total begeistert von dem Teil! Nur der Zweifarbdruk ist nicht gut gelungen. Vielleicht drucke

ich das Teil nochmal aus PLA statt PETG, denn damit lassen sich wesentlich präzisere Ergebnisse erzielen und das Teil sollte dann auch optisch mehr hermachen.

Zuhause gesucht

Das letzte nun noch fehlende Teil am RoeTest selbst ist das Gehäuse. Hier kann man beliebig kreativ werden - d.h. man hat die Qual der Wahl, was man tun soll: Man kann zum Beispiel ein einfaches Gehäuse aus Stahllochblech einfach direkt von Helmut Weigl beziehen - und dann hat man das Thema erledigt. Ich hatte überlegt, ob ich das tun soll, denn damit hat man eine bewährte Lösung und spart sich enorm viel Zeit und Aufwand. Aber richtig glücklich wäre ich mit dem Ergebnis nicht gewesen. Viele haben ihren RoeTest auch in einen Alu-Koffer eingebaut. Das ist sicher im Ergebnis sehr praktisch, aber in der Umsetzung auch nicht ganz ohne Tücken und für Wartbarkeit und Kühlung möglicherweise nicht optimal...

Ich habe mir dann überlegt, wie ich selbst zu einer guten Lösung kommen kann. Folgende Kriterien sollte mein Gehäuse erfüllen:

- Der große Alu-Kühlkörper an der Hinterseite des RoeTest sollte abgedeckt sein, so dass man nicht an den scharfkantigen Zinken hängen bleibt
- Eine gute Kühlung muss dennoch gewährleistet bleiben
- Man sollte nach dem Lösen weniger Schrauben gut von unten an die Platinen herankommen - vor allem für den Abgleich
- Der RoeTest sollte sich auf die Seite stellen lassen, so dass man für den Abgleich oder zur Fehlersuche gleichzeitig oben und unten an das Gerät drankommt
- Der RoeTest sollte sich für Wartungs- und Reparaturarbeiten auch verkehrt herum auf den Tisch stellen lassen, ohne dass die oberen Anbauteile beschädigt werden
- Das Gehäuse muss stabil genug sein und Tragegriffe haben, damit sich der schwere RoeTest sicher bewegen lässt

Schön wäre natürlich auch ein zum Schutz des Gerätes gewesen. Aber um den Bogen nicht zu überspannen habe ich den erstmal weggelassen.

Mein Gehäuse setzt sich aus drei Materialien zusammen, die sich für mich leicht bearbeiten lassen und in der Kombination ein perfektes Trio bilden:

- **Aluminium:** Alu-Profile als Querstreben
- **Holz:** Multiplex-Plattenmaterial für die Seiten
- **Kunststoff:** PETG-Druckteile als Formgeber und für Platten, die keine Kräfte aufnehmen müssen

Ergänzt wird das Ganze durch sehr viele Schrauben M4 und M3 aus V2A und ein handelsübliches Teil aus dem Küchenzubehör, das ich hier noch nicht verraten will.

Damit das Gehäuse nicht zu sperrig wird, war ich bei den Alu-Profilen auf der Suche nach etwas schlankem bis maximal 10mm Dicke, was ich dann zum Glück auch schnell gefunden habe:



Diese Profile haben einen Querschnitt von 10mm x 20mm und besitzen zwei Bohrungen von ca. 3,3mm, die sich perfekt zu M4-Gewinden schneiden lassen.

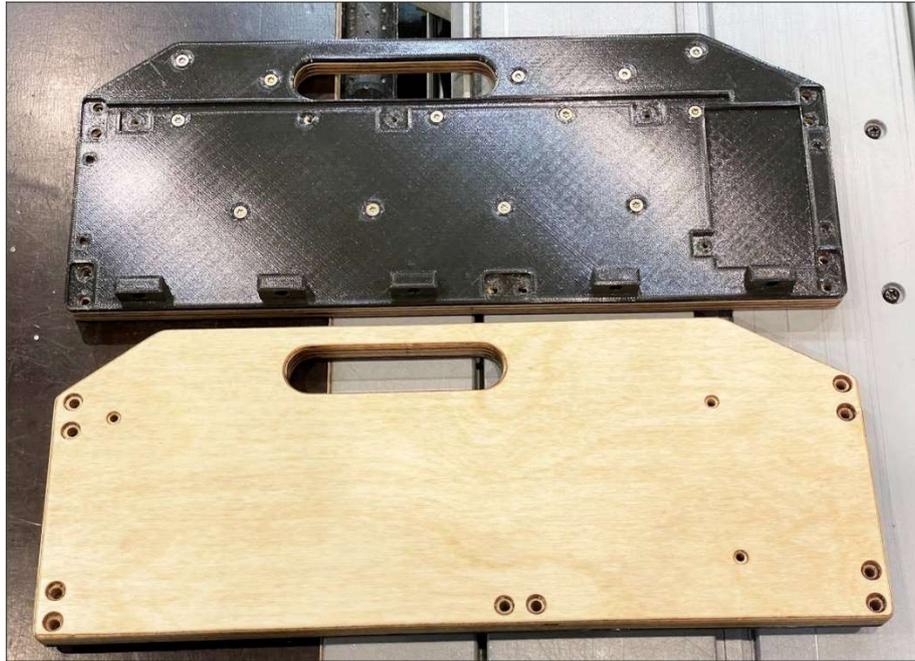
Verwandt sind diese Profile übrigens mit den bekannten quadratischen in 20mm x 20mm:



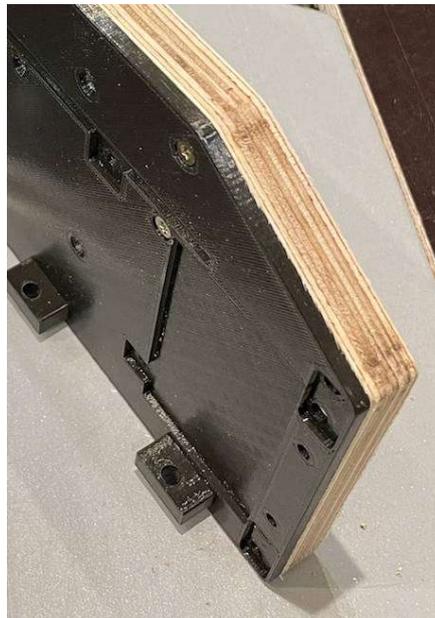
Ich bin sehr froh, jetzt auch diese schlankeren Profile gefunden zu haben. Mit der Kombination solcher Profile hat man schon sehr viel Spielraum, stabile Konstruktionen in beliebiger Größe aufzubauen.

Für den RoeTest habe ich 5 Abschnitte mit jeweils 402mm Länge verbaut.

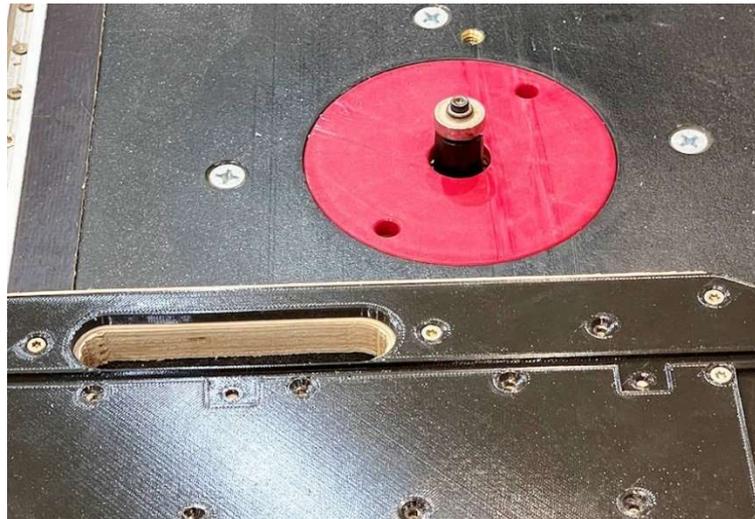
Die entscheidenden Teile meines Gehäuses sind die beiden Seitenteile, die als Sandwich aus Druckteilen und Multiplex-Platten hergestellt sind:



Die Druckteile sind lediglich 4mm dick. Das ist vollkommen ausreichend und spart Filament. Für die Alu-Frontplatte des RoeTest, für den Kühlkörper, die Befestigungspunkte unter der Hauptplatine und die Alu-Querstreben sind formschlüssige Vertiefungen von 2mm vorhanden. Außerdem gibt es unten noch neue Befestigungspunkte, an den später die Bodenplatte befestigt wird:



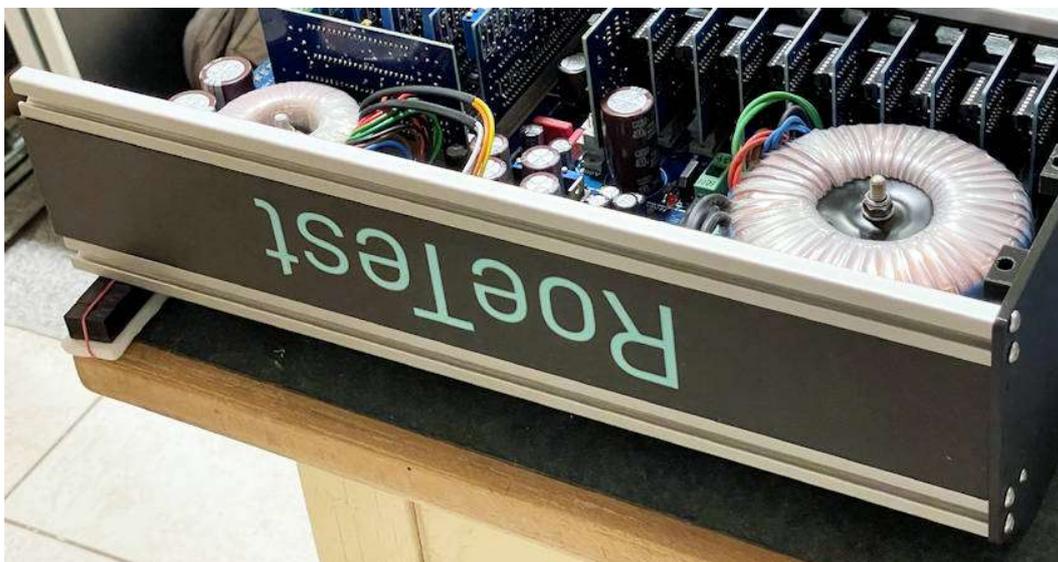
Das Schöne an dieser Sandwich-Bauweise ist, dass man das Druckteil lediglich auf das Plattenmaterial schrauben muss, um dann die Form mithilfe eines Kopierfräasers auch aus dem Holz perfekt herauszuarbeiten:



Mit einem Abrundfräser entschärft man dann die Kanten des Holzes. Die Schraubenlöcher werden dann noch durchgebohrt und gesenkt und wenn alles passt, muss das Holz nur noch fein geschliffen und zum Oberflächenschutz geölt werden.

Zu den Druckteilen ist noch zu sagen, dass man bei Teilen dieser Größe die Schrumpfung des jeweiligen Kunststoffes beim Abkühlen nach dem Druck sehr deutlich merkt! Damit die Teile wirklich exakt passen, muss man zunächst einen Streifen des Designs mit exakt denselben Einstellungen drucken und vermessen. Aus der Abweichung zum Soll ergibt sich ein Korrekturfaktor für die Größe, der bei mir bei 1,0048 lag. Das halbe Prozent macht bei Teilen dieser Größe einen enormen Unterschied!

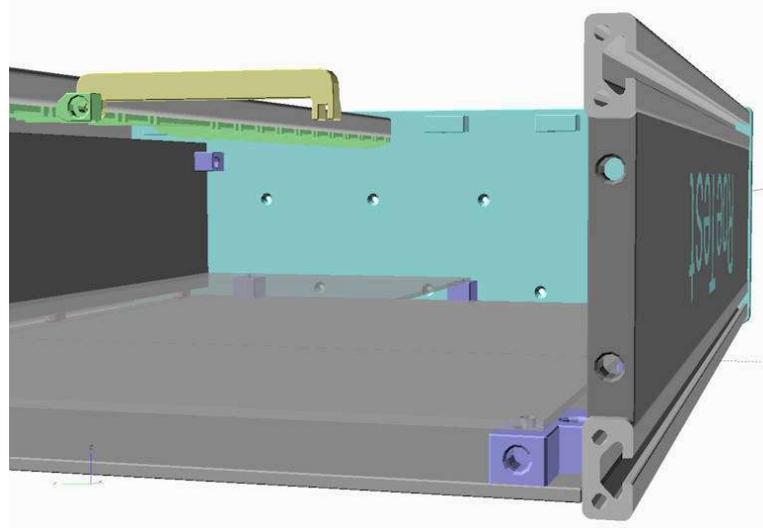
Für die Vorder- und Rückseite habe ich noch Platten für zwischen den Alu-Querstreben vorgesehen, die einfach direkt gedruckt werden:



Auch für diese Teile ist es gut, wenn man Zugriff auf einen sehr großen Drucker hat. Und auch vom Mehrfarbdruck kann man gut Gebrauch machen, um den Schriftzug anzubringen:

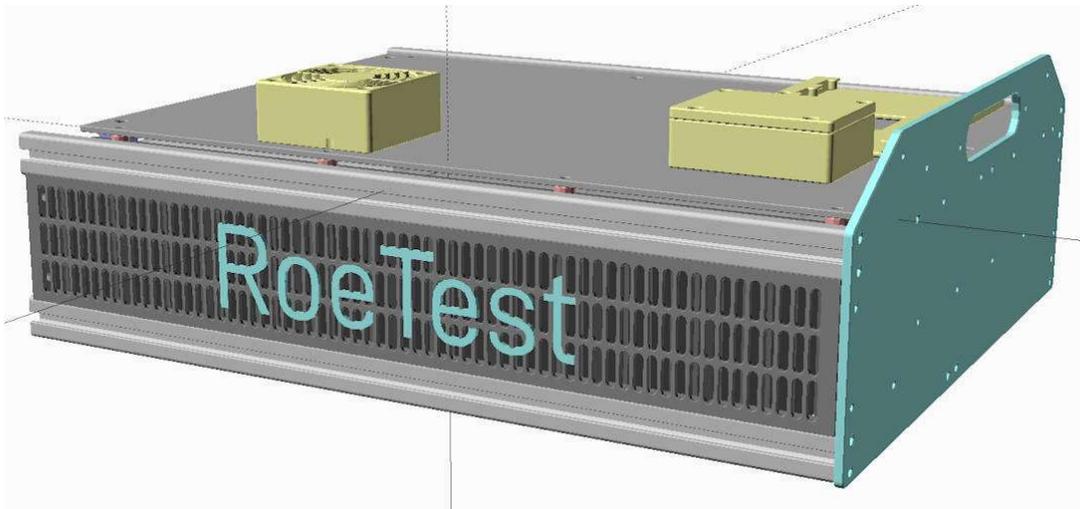


Die Platten für vorne und hinten sind so designt, dass sie sich einfach formschlüssig zwischen die Alu-Querstreben einschieben lassen. Hier in der Simulation am PC sieht man das denke ich ganz gut:



An den Enden sind zur Sicherheit noch jeweils zwei Befestigungspunkte vorgesehen, in die wieder diese Reparaturgewinde eingeschraubt werden, von denen ich weiter oben schon berichtet hatte. Somit können die Platten mit M3-Schrauben an den Seitenteilen gesichert werden.

Das Design am PC ist ein großer Segen, denn hier kann man schon vor dem Druck sehen, wie am Ende alles aussehen und zusammenpassen wird:



Wie man sieht, erhält auch die Rückseite den Schriftzug. Und für den Kühlkörper sind jede Menge Langlöcher zur Frischluftzufuhr vorgesehen.

Hier dann das echte Ergebnis:



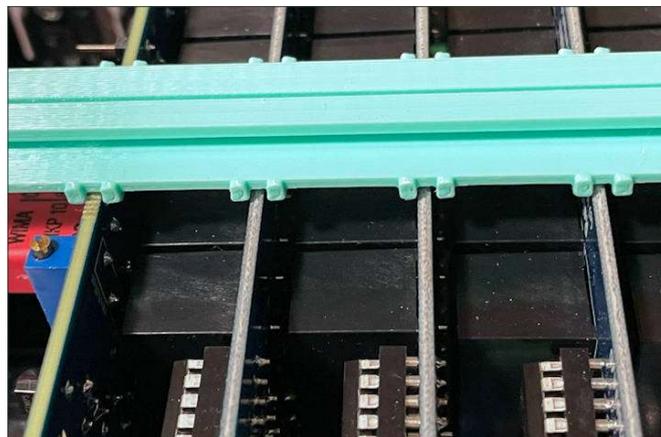
Der Kühlkörper ist gut verpackt, stellt keine Verletzungsgefahr mehr dar, hat aber trotzdem eine sehr gute Luftzufuhr.

Die Hauptplatine sitzt kopfüber im RoeTest. Das bedeutet, dass alle Steckkarten nach unten zeigen. Theoretisch können sie sich bei unsanftem Aufsetzen des Gerätes allmählich aus den Federleisten

lösen. Um dies zu verhindern, habe ich an der Unterseite des Gehäuses eine zusätzliche Querstrebe vorgesehen:



Diese ist absichtlich so positioniert, dass sie in einem kleinem Abstand unter den meisten Steckkarten entlangläuft. Mit gedruckten Teilen schließe ich die Lücke, indem ich eine formschlüssige Verbindung zu den Kanten der Steckkarten herstelle:



Diese Druckteile werden einfach in das Profil der 2010er Alu-Strebe eingeschoben:



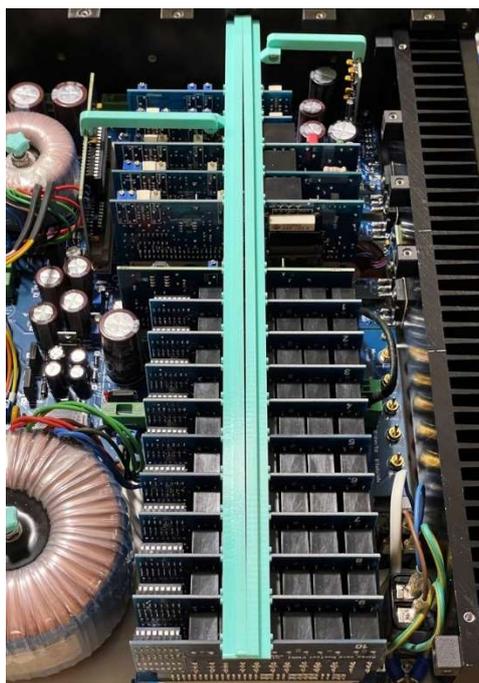
Dieses zweiteilige Design der Druckteile gestattet einen Druck ohne Stützstrukturen. Außerdem ist die Orientierung beim Druck optimal, so dass sich eine sehr robuste Lösung ergibt.

Problematisch sind nun noch die beiden Steckkarten für den Mikrocontroller und die USB-Schnittstelle, die leider aus der Reihe tanzen und seitlich neben den anderen Steckkarten montiert sind. Hierfür habe ich dann noch Seitenarme vorgesehen:

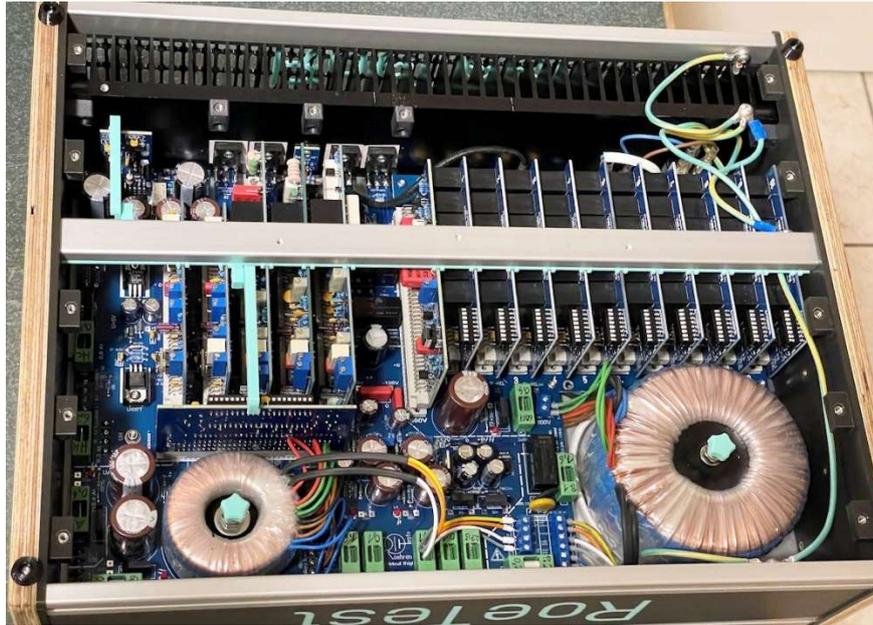


Die beiden Seitenarme werden nicht durch die Alu-Querstrebe unterstützt, sondern am Ende durch das Bodenblech in Position gehalten.

Damit werden jetzt alle Steckkarten formschlüssig gehalten:



Und so sieht das Ganze jetzt im Ergebnis und nach Anbringung der Masseverbindung an allen Alu-Streben aus:



Für Wartungsarbeiten muss man diese Steckkartenhalterung abnehmen. Damit man dies durch Lösen von lediglich 5 Schrauben einfach machen kann, habe ich eines der beiden Seitenteile mit einem Cuttermesser so nachbearbeitet, dass man die Strebe einfach nach unten abziehen kann:



Eine richtig gute Lösung, diese Ausklinkung schon direkt in das Druckdesign einzuarbeiten, ist mir bisher nicht eingefallen: Der Rand von 4mm ist an dieser Stelle unbedingt nötig, damit der Kopierfräser zur Herstellung der Multiplexplatte daran geführt werden kann. Daher lasse ich es bei dieser Lösung - ich habe ja schließlich auch keine Massenfertigung von RoeTests geplant.

Vielleicht sind Euch in dem einen Foto oben die Endkappen an den Schrauben für die beiden Ringkerntrafos aufgefallen:



Diese beiden Druckteile waren nicht unbedingt nötig, aber ich habe sie aus zwei Gründen drangemacht: Erstens kann man so nicht unangenehm an den Enden der M6-Schrauben hängenbleiben. Und zweitens dürfen die Schraubenenden auf keinen Fall das Bodenblech berühren, da sich sonst eine ungewollte Kurzschlusswindung ergäbe!

Für den RoeTest fehlt nur noch ein letztes, entscheidendes Teil. Und zwar ein Backblech:



Auf meiner Suche nach Lochblech aus Aluminium für den Gehäuseboden bin ich über dieses preislich sehr attraktive Angebot aus dem Küchenzubehör gestolpert. Sogar die Maße waren fast perfekt! Ich musste lediglich in der Breite 1-2mm mit der Tischkreissäge absägen und ein paar Befestigungslöcher bohren. Und schon war auch der Gehäuseboden fertig:



Im Bild sieht man auch noch die aus TPU gedruckten Füße mit dem bewährten Design des Tefi KC-1, die ich einfach an die Seitenwände geschraubt habe. Dadurch steht das Gerät gut da und auch die Luftzirkulation ist gewährleistet.

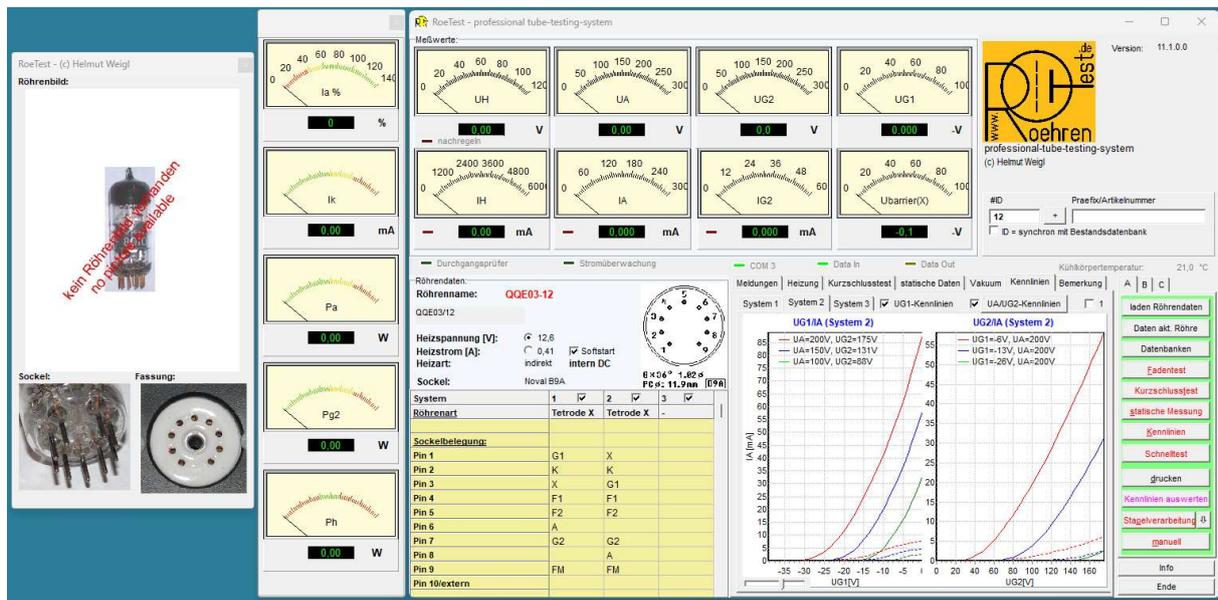
Das Gerät an sich ist nun endlich fertig.

Wie ich sehr viel weiter oben schon mal angemerkt habe, könnte man noch einen weiteren Lüfter vorsehen. Sollte sich tatsächlich der Bedarf dafür ergeben, so würde ich vermutlich einfach die Bodenplatte ausklinken und zwei kleine 40mm-Lüfter von unten gegen den Kühlkörper blasen lassen. In der Höhe passt das gerade so. Alternativ kann man die Lüfter auch in die gedruckte Rückwand einlassen. Auch dort sollte der Platz gerade so ausreichend sein.

Jetzt kann das Testen der Röhrenbestände beginnen. Die betreffende Röhre wird dazu mit der passenden Fassungsbox an den RoeTest angeschlossen. Hier zum Beispiel eine QQE03-12 mit der Noval-Fassungsbox:



In der Windows-Software des RoeTest lädt man dann einfach die Röhrendaten aus der umfangreichen Datenbank und kann dann verschiedene Tests durchlaufen lassen:



Neben einem Schnelltest gibt es verschiedenste statische Tests und die automatische Erfassung verschiedener Kennlinien.

Wenn man hier alle Register ziehen will – etwa um Röhren-Paare mit möglichst identischer Kennlinie zusammenzustellen – dann hat man hier wahnsinnig viele Möglichkeiten. Das Ganze geht dann auch so weit, dass man sich eine Web-Cam anschließen kann und dann zusammen mit den gemessenen Daten das Foto der Röhre ablegt. So kann man die Daten jeder einzelnen Röhre im Archiv ablegen und dann sogar noch mit einem Etikettendrucker einen Aufkleber für die Schachtel der Röhre drucken.

Also ich denke die bestehenden Möglichkeiten sind enorm und ich vermute, dass in Zukunft noch weiteres Potenzial dieser sehr universellen Hardware über die Software zugänglich gemacht wird. Ein interessantes Feature, das aktuell noch experimentell ist und vermutlich in zukünftigen Versionen der Software noch besser wird, ist die Identifikation einer Röhre, bei der die Beschriftung nicht mehr lesbar ist.

Ich für meinen Teil bin erstmal schon sehr zufrieden damit, endlich Röhren dahingehend prüfen zu können, ob sie noch "ok" sind.

Und das geht natürlich nicht nur für Verstärkerröhren, sondern für unglaublich viele Varianten. Hier zum Beispiel der Test des Leuchtbildes eines magischen Auges:



Doch jetzt nochmal ein Schritt zurücktreten: Was hat man da eigentlich mit der RoeTest-Hardware, was macht sie aus und wie unterscheidet sie sich von anderen Röhrentestern? Zu letzterem kann ich leider nichts sagen, denn ich bin neu in dem Thema und kenne die Alternativen zum RoeTest bestenfalls vom Hörensagen. Aber ich kann ein bisschen was zur RoeTest-Hardware an sich erzählen und aus welchen wesentlichen Komponenten er besteht:

Zunächst einmal verfügt das Gerät über eine ganze Reihe von **Spannungsquellen**, die mit 12 bit Auflösung gesteuert werden:

- Heizspannung: DC 0V-125V, Maximalstrom/Dauerstrom:
 - 0-15V: 6A/5A
 - 15-20V: 2A/?A
 - 20-125V: 0,6A/0,5A
- Anodenspannung: DC 0V-600V, Maximalstrom/Dauerstrom: 300mA/250mA
- G1-Gitterspannung: DC negativ 0-100V, 5mA
- G2-Gitterspannung: DC 0V-300V, Maximalstrom/Dauerstrom: 60mA/50mA
- G3-Gitterspannung: DC negativ 0-100V, 5mA

Parallel dazu besitzt das Gerät A/D-Wandler, mithilfe derer verschiedene **Messbereiche** jeweils mit 12 bit Auflösung digitalisiert werden:

- sämtliche Spannungen
- Heizungsstrom mit zwei Messbereichen 0-6A und 0-600mA
- Anodenstrom 0-300mA
- G2-Strom mit zwei Messbereichen 0-6mA und 0-50mA

Angaben zur Präzision habe ich keine gefunden. Allen Beobachtungen und der Bauteilewahl nach würde ich sie als „mehr als ausreichend“ einschätzen.

Weitere Details sind in der offiziellen Dokumentation zu finden:
<http://www.roehrentest.de/Beschreibung.html>

Die nächste - und ganz wesentliche - Komponente des RoeTest ist die **Relais-Matrix** aus 60 Relais, mit denen sämtliche Spannungen und Masse beliebig auf die 10 Anschlusspins für die Fassungsboxen gelegt werden können. Die komplette Kontaktierung wird also (ebenso wie die Spannungsgenerierung) nach Bedarf per Software gesteuert. Dies erlaubt auch sehr komplexe Messabläufe ohne Mitwirken des Anwenders. Dies sieht man auch gut, wenn man sich das in der Software angezeigte Protokoll eines Messlaufs ansieht:

System: 1 - Pentode

Statische Daten, Emission messen:

Abbruchbedingung Heizstrom ab: 0,4675 A

Abbruchbedingung Anodenstrom ab: 9 mA

Abbruchbedingung G2-Strom ab: 1,65 mA

Sockelbelegung einschalten:

Pin 1(G3) an Schiene 0, Masse(0V) gelegt

Pin 2(S) an Schiene 0, Masse(0V) gelegt

Pin 3(K) an Schiene 0, Masse(0V) gelegt

Pin 4(F1) an Schiene 0, Masse(0V) gelegt

Pin 5(F2) an Schiene 1, H-Karte(H) gelegt

Pin 6(S) an Schiene 0, Masse(0V) gelegt

Pin 7(A) an Schiene 2, A-Karte(A) gelegt

Pin 8(G2) an Schiene 4, G2-Karte(G2) gelegt

Pin 9(G1) an Schiene 3, G1-Karte(G1) gelegt

Heizspannung einschalten

Heizspannungsbereich: Lo

Heizrelais an Schiene 1

fahre Heizspannung hoch

Softstart Heizspannung - Einschaltdauer = 3 s

Heizspannung: 6,3 V

G1-Relais an Schiene 3

G1-Karte eingeschaltet: -2 V

G3-Relais an Schiene 5

G3-Karte eingeschaltet: 0 V

Anoden-Relais an Schiene 2

A-Karte eingeschaltet: 12 V

Anoden-Relais an Schiene 2

A-Karte eingeschaltet: 0 V

Anoden-Relais an Schiene 2

A-Karte eingeschaltet: 250 V

G2-Relais an Schiene 4

G2-Karte eingeschaltet: 140 V

Autostart

Steilheit messen:

G1-Relais an Schiene 3

G1-Karte eingeschaltet: -1,7 V

G1-Relais an Schiene 3

G1-Karte eingeschaltet: -2,3 V

G1-Relais an Schiene 3

G1-Karte eingeschaltet: -2 V

Durchgriff Anode messen:

Anoden-Relais an Schiene 2

A-Karte eingeschaltet: 250 V

Anoden-Relais an Schiene 2

A-Karte eingeschaltet: 175 V

G1-Relais an Schiene 3

G1-Karte eingeschaltet: -1,9 V

G1-Relais an Schiene 3

G1-Karte eingeschaltet: -1,925 V

G1-Relais an Schiene 3

G1-Karte eingeschaltet: -1,95 V

G1-Relais an Schiene 3

G1-Karte eingeschaltet: -1,975 V

G1-Relais an Schiene 3

G1-Karte eingeschaltet: -2 V

G1-Relais an Schiene 3

G1-Karte eingeschaltet: -1,975 V

G1-Relais an Schiene 3

G1-Karte eingeschaltet: -1,95 V

G1-Relais an Schiene 3

G1-Karte eingeschaltet: -2 V

Anoden-Relais an Schiene 2

A-Karte eingeschaltet: 250 V

Durchgriff Schirmgitter/G2 messen:

USW.

Die gesamte Magie, um mithilfe verschiedener Beschaltungen über Spannungen und Ströme zu fachlichen Erkenntnissen zur Röhre zu kommen, steckt also in der PC-Software. Das Gerät selbst besitzt kaum Intelligenz: Der darauf befindliche PIC-Mikrocontroller nimmt lediglich Befehle über USB/RS-232 entgegen und setzt sie - im Wesentlichen über einen I2C-Bus - auf die Hardware um. Er überwacht Ströme und schaltet ggf. Messbereiche um und übernimmt vermutlich auch diverse Schutzaufgaben, z. B. zur Überstromabschaltung.

Sofern es die PC-Software hergibt, kann man die RoeTest-Hardware also sehr vielseitig einsetzen. Das Testen von Röhren ist zwar die Hauptaufgabe, aber eigentlich spricht nichts dagegen, auch andere Bauteile zu testen, sofern es die Spannungsbereiche hergeben. Und mit der entsprechenden Ansteuer-Software könnte man den RoeTest sogar als sehr flexibles Universalnetzteil nutzen ...

Verbesserungsideen für den RoeTest

Bei meinen eigenen Projekten bin ich gewohnt, das Design permanent zu hinterfragen und beim Aufbau jeder neuen Version ständig zu überlegen, welche Verbesserungen die nächste Version haben soll. Das ist mir schon so in Fleisch und Blut übergegangen, dass die Stimmen in meinem Kopf auch beim Aufbau des RoeTest nicht stumm blieben. Die Punkte, die mir dabei ganz besonders aufgefallen sind, will ich hier noch dokumentieren.

Also: Wenn der RoeTest mein eigenes Projekt wäre, welche Änderungen würde ich in der Version 12 gegenüber der jetzigen Version 11 planen?

- **Vereinheitlichung der Relais-Platinen:** Die 10 Relais-Platinen unterscheiden sich lediglich in der I2C-Adresse des darauf befindlichen PCF8574 bzw. PCF8574A. Ich würde sie von der Hardware her vereinheitlichen, so dass sie untereinander austauschbar werden. Das erleichtert den Aufbau ein klein wenig und erlaubt für Fehlersuche und Reparatur einen beliebigen Austausch der Steckkarten. Eine Vereinheitlichung wäre zum Beispiel dadurch möglich, dass die I2C-Adresse nicht auf der jeweiligen Platine codiert wird, sondern über den Steckplatz auf der Hauptplatine. Jede Relaisplatine hätte dann einen PCF8574, der über 3 Pins die Adresse vom Steckplatz bezieht. Ein kleines Hindernis hierbei ist noch, dass der PCF8574 nur 8 Adress-Kodierungen erlaubt. Daher müsste man noch einen I2C-Multiplexer wie den PCA9546A einsetzen, um den I2C-Bus für die 10 Relaisplatinen in mindestens zwei Stränge aufzuteilen.
- **Hühnerfutter in SMD statt bedrahtet:** Beim Aufbau hat mich das Bestücken der bedrahteten Widerstände (über 200 Stück) ziemlich genervt: Entgurten, Beinchen biegen, einfädeln, Platine umdrehen, löten, Drähte abzwicken... Mit SMD-Widerständen im augenfreundlichen 1206-Gehäuse reduziert sich der Arbeitsaufwand zu: aufsetzen und festlöten. Das geht wesentlich schneller, macht weniger Abfall, ist billiger und spart Platz auf den Platinen. Selbiges gilt z. B. auch für 100nF Abblockkondensatoren.
- **Modularisierung der Hauptplatine:** Der RoeTest ist mit seinen Steckkarten schön modular aufgebaut. Bei der Hauptplatine sind aber zwei sehr umfangreiche Komponenten miteinander vereint, bei denen mir lieber gewesen wäre, sie wären getrennt: Das ist zum einen der Bus mit den 64poligen Federleisten und zum anderen das sehr umfangreiche Netzteil zur Erzeugung der vielen verschiedenen Spannungen. Eine Auftrennung hätte aber auch sehr weitreichende

Konsequenzen: Es ist fraglich, ob sich der Formfaktor damit noch einhalten ließe, oder ob der RoeTest dann ein größeres Gehäuse bräuchte. Auch kämen zusätzliche Bauteile hinzu, um die Verbindung der Platinen herzustellen.

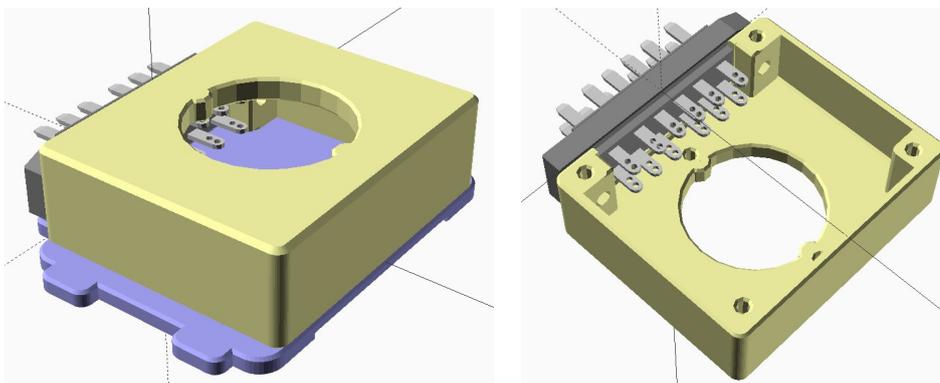
- **Ablegen der Abgleichdaten auf dem Gerät:** Beim Abgleich des RoeTest werden die meisten Einstellungen direkt in der Hardware abgelegt, indem Spindeltrimmer in die korrekte Position gebracht werden. Es gibt aber auch ein paar Abgleichdaten, die in einem Konfigurations-Datensatz in der PC-Software gehalten werden. Das bedeutet, dass ein abgeglicher RoeTest erstmal nur mit dem PC zusammen funktioniert, auf dem er abgeglichen wurde. Dies würde ich auf jeden Fall ändern: Der auf dem RoeTest befindliche PIC 18F45K42 hat ein EEPROM mit 256 Bytes an Speicherplatz, der derzeit augenscheinlich brach liegt. Hierin könnten die RoeTest-Software die Abgleichdaten ablegen und bei jedem Start der Anwendung diese wieder aus dem EEPROM lesen. Damit wäre das Gerät „self-contained“, könnte also an jeden beliebigen PC mit der RoeTest-Software angeschlossen werden und würde sofort präzise funktionieren.

Ich bin sehr froh, dass ich nicht entscheiden muss, welche Änderungen vorgenommen werden und welche nicht. Denn letzten Endes hat jede Entscheidung auch Nachteile - vor allem dann, wenn man das Projekt nicht nur für sich selbst designt, sondern andere damit zurecht kommen sollen: Wie sieht es mit der Nachbaubarkeit aus? Akzeptiert die Zielgruppe den Umstieg von bedrahteten Bauteilen auf SMD? Und auch bei der Software muss daran gedacht werden, dass man mit Änderungen in der Hardware potenziell verschiedene Hardware-Revisionen parallel unterstützen muss. Solche Aspekte machen Projekte wie den RoeTest noch herausfordernder, als sie ohnehin schon sind! Von daher halte ich mich jetzt wieder raus und warte gespannt ab, was sich Helmut Weigl überlegt und wie sich der RoeTests in Zukunft weiterentwickelt.

Herstellung von Fassungsboxen

Von Fassungsboxen als Adapter zwischen dem RoeTest und allen möglichen Röhrensockeln hatte ich schon am Anfang meines Berichts erzählt. Es gibt ein paar Standardfassungen, die man auf jeden Fall brauchen wird, wie zum Beispiel die Novalfassung B9A. Weitere stellt man sich nach Bedarf und Lust und Laune her.

3D-Druck ist hier extrem hilfreich: Hat man erstmal ein Standarddesign geschaffen, dann muss man für eine neue Fassungsbox nur noch ggf. die Größe anpassen und für das Oberteil den Ausschnitt passend zur jeweiligen Fassung designen:



Das alles geht mit wenigen Minuten Aufwand. Nach weniger als 2 Stunden Druckzeit kann man sich bereits an die Verdrahtung machen. Ich habe mir inzwischen auch schon eine kleine Sammlung an Fassungsboxen aufgebaut und es kommt immer wieder mal eine neue dazu:



Fassungsboxen ohne 3D-Design?

Natürlich kann man Fassungsboxen auch herstellen, ohne sich mit 3D-Design auszukennen. Es gibt diverse Beispiel und Beschreibungen, wie man Fassungsboxen auf Basis von günstigen Kunststoffgehäusen KS35 und KS50 herstellt – zum Beispiel hier: <http://www.roehrentest.de/TFassungsboxen.pdf>

Ich habe mir hierfür noch ein Zwischending überlegt: für Leute, die zwar Zugriff auf einen 3D-Drucker haben und sich vielleicht auch für mein Schienensystem mit Bajonett-artiger Einrastfunktion interessieren, sich aber Boxen für die eigene Fassungen ohne 3D-Design händisch herstellen wollen. Die Standardboxen auf Basis der bei Reichelt erhältlichen KS35 und KS50 sehen damit dann so aus:



Öffnungen für die Fassungen kann man dann selbst noch anbringen.

Die Standardboxen passen natürlich perfekt an den RoeTest - und das sowohl mit dem originalen Schienensystem (ohne Foto), als auch mit meiner Schienen-Variante:



Als 3D-Designs stelle ich dazu jeweils den Boden der Box, sowie Schablonen zum Bohren und Aussägen der Öffnung für die Messerleiste bereit.

Herstellung der Standardboxen

Mithilfe von gedruckten Schablonen, die einfach an die Gehäuseoberteile geschraubt werden, werden zunächst die Löcher für die Messerleiste gebohrt:



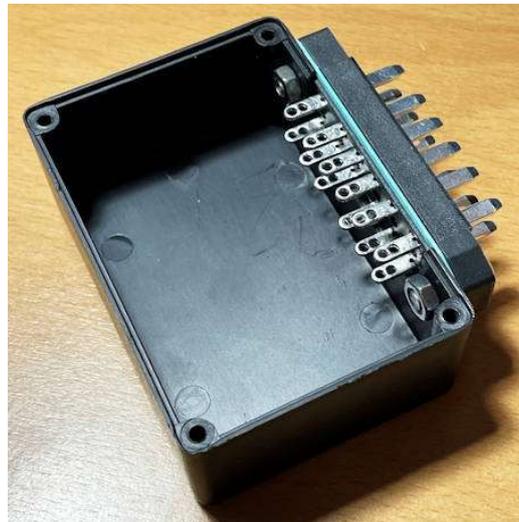
Durch den rechteckigen Ausschnitt der Schablone hindurch wird dann der Ausschnitt für die Messerleiste mithilfe eines Cuttermessers vorgeritzt:



Den markierten Bereich muss man dann mit Cuttermesser oder Säge und Feile herausarbeiten:



Und schon passt die Messerleiste perfekt:



Auch hier habe ich - so wie weiter oben schon bei der Abgleichbox - ein Unterlegplättchen vorgesehen:



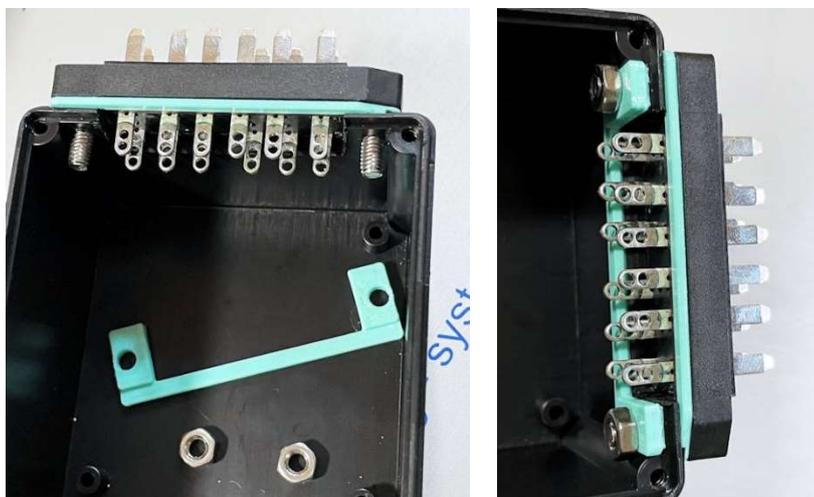
Mithilfe des Unterlegplättchens stimmt der 90-Grad-Winkel der Messerleiste perfekt:



Der gedruckte Boden wird dann einfach mit den Originalschrauben des Kunststoffgehäuses angeschraubt:



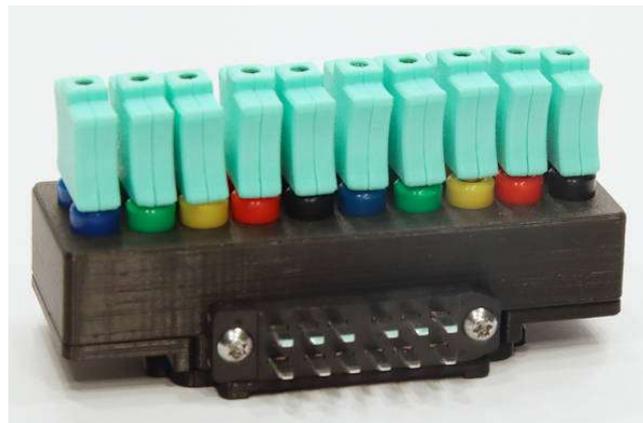
Bei der größeren Box läuft alles identisch ab, nur gibt es zum Festschrauben der Messerleiste noch eine Besonderheit: Damit die M4-Muttern an der Gehäuseinnenseite plan aufliegen, gibt es noch ein zusätzliches Druckteil als Unterlage:



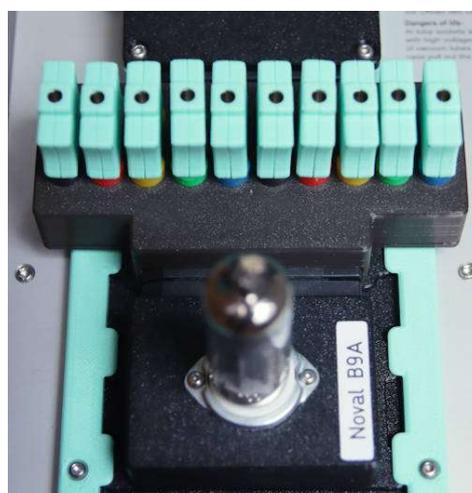
Einer 3D-Druck-gestützten Herstellung von Standardboxen steht damit nichts mehr im Wege.

Insert-Box

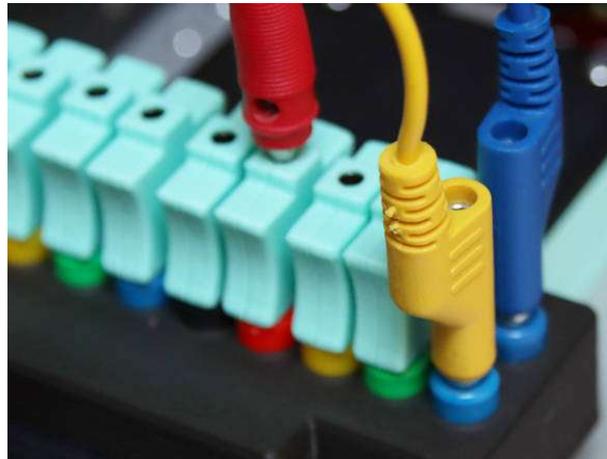
Ein weiteres Zubehör für den RoeTest ist eine sogenannte Insert-Box:



Diese kann man einfach zwischen den RoeTest und eine Fassungsbox einstecken:



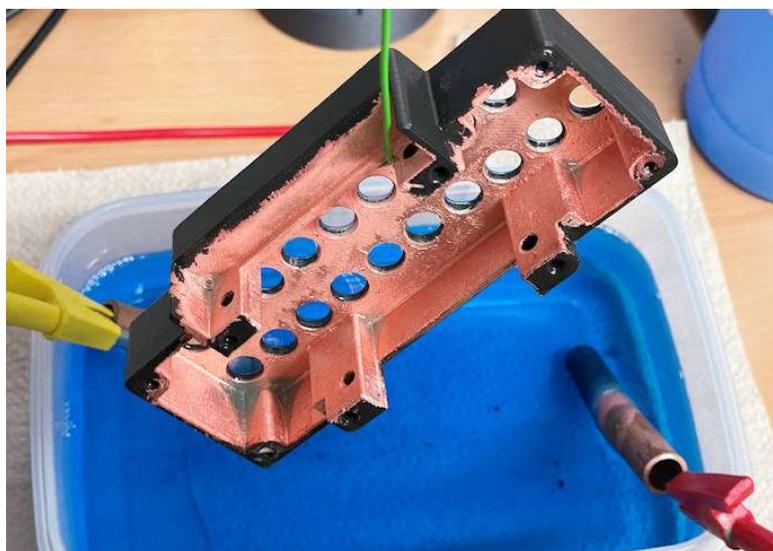
Über die Insert-Box kommt man dann über 10 Steckbrücken an die einzelnen Anschlüsse heran. So kann man zum Beispiel Messegeräte, Widerstände oder sonstige Geräte oder Bauteile zwischenschalten:



Solche Anschlüsse sind im RoeTest selbst nicht vorgesehen. Die Begründung dafür ist, dass die Leitungslängen möglichst kurz gehalten werden sollen. Mit der Insert-Box kann man diese Anschlüsse aber bei Bedarf schnell ergänzen.

Ob ich die Insert-Box jemals brauchen werde, weiß ich nicht. Aber ich möchte möglichst flexibel sein und wollte die Box dann lieber schon jetzt herstellen, wo ich gerade so tief in der Thematik drin stecke.

Auch bei der Insert-Box habe ich wieder eine Abschirmung mithilfe von Galvanik vorgesehen. Hier das Druckteil bei Herstellung der Kupferschicht:



Und auch hier habe ich die Kupferschicht wieder mit einer dünnen Schicht aus Nickel überzogen:



In dem Foto sieht man gut die Probleme bei der Badgalvanik: Die Abscheidung in den engen Ecken und Kanten ist minimal: man sieht dort anstelle von Nickel noch die dünne Kupferschicht. Um dieses Problem zu verringern, könnte man schon beim Design des Druckteils vorbeugen, indem man hier Hohlkehlen vorsieht. Für dieses Teil lasse ich das aber jetzt so, denn das Ergebnis ist trotzdem mehr als ausreichend.

Das Aufwändigste an der Herstellung der Insert-Box war wieder einmal die Verkabelung. Ich habe das Design des Gehäuses extra so schmal wie möglich gemacht, damit die Insert-Box möglichst kompakt wird. Entsprechend eng geht es dann innerhalb der Box zu:



Zum Glück passt der Boden gerade so drauf und von außen sieht man der Box dann auch das wilde Innenleben nicht mehr an.

Steckbrücken

Dem einen oder anderen mögen vielleicht die Steckbrücken meiner Insert-Box aufgefallen sein. Das billige Original hat mir da einfach nicht gefallen - sowohl vom Design her, als auch dass der Kontakt oben so nahe an der Oberfläche liegt (Stichwort: Berührungsschutz). Daher habe ich die Kontakte einfach durch Einwirken von Hitze vom Gehäuse befreit:



Ein neues Gehäuse in Form von zwei identischen Halbschalen war schnell designt:

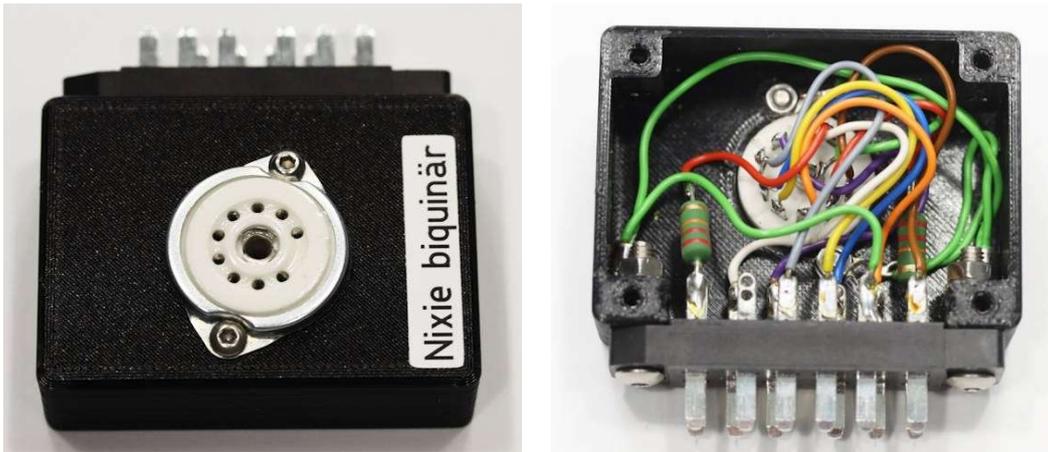


Es ist kompakter und griffiger - und auch die Hülse der Anschlussbuchse ist jetzt tiefer ins Gehäuse eingelassen. Die Halbschalen halten von selbst schon gut zusammen, sind aber zusätzlich noch mit Epoxy verklebt.

Testen von Nixie-Röhren: biquinär

Der RoeTest eignet sich auch zum Testen von Nixie-Röhren. Am einfachsten geht das bei den biquinären Nixie-Röhren. Bei diesen werden die Kathoden gemultiplext, d.h. jeweils zwei Glüh-Kathoden werden auf einen gemeinsamen Pin herausgeführt. Für 10 Ziffern hat man somit lediglich 5 Kathoden-Anschlüsse. Damit dann aber nur jeweils eine der Ziffern leuchtet, gibt es zwei getrennte Anodenanschlüsse. Durch diesen Trick kommt eine solche Nixie-Röhre mit einer einfachen Röhrenfassung aus und benötigt keine typische Nixie-Fassung, die dann 11 oder sogar noch deutlich mehr Anschlüsse aufweist.

Es gibt nicht viele biquinäre Nixies. Durch die komplexere Ansteuerung haben sie sich nicht durchsetzen können. Alle existierenden biquinären Nixies haben einen Novalsockel und dieselbe Anschlussbelegung. Daher ist es ein Leichtes, eine einzige Fassungsbox für alle biquinäre Nixies herzustellen:



Es genügen hier zwei 22k Widerstände für die beiden Anoden. Und die Novalfassung ist so gedreht, dass die Ziffern nach vorne zeigen.

Und hier leuchtet dann auch schon ganz stolz die erste getestete Röhre:



Es handelt sich um eine ZM1032 - die Prinzessin der Nixie-Röhren mit dem (hier leider etwas verknickten) Krönchen.

Testen gewöhnlicher Nixie-Röhren

Der RoeTest kann über seinen 12-poligen Federleisten-Anschluss lediglich 10 Pins schalten (an den zwei weiteren Pins liegen fest die Heizungsspannung und Masse an). Das reicht nicht aus, um gewöhnliche (also „nicht-biquinäre“) Nixie-Röhren zu testen. Die 10 Pins bräuchte man alleine schon

für die 10 Glüh-Kathoden der Ziffern. Darüber hinaus müssen aber mindestens noch eine Anode und ggf. auch noch weitere Kathoden - etwa für Dezimalpunkte - angesteuert werden. Mit einem kleinen Trick klappt es aber trotzdem: Die Heizungsspannung wird einfach dazu genutzt, 12V-Relais zu schalten. Über diese Relais werden die Anschlüsse des RoeTest dann gemultiplext, um die Anzahl an steuerbaren Anschlüssen zu steigern: <http://www.roehrentest.de/TNixie.pdf>

Die Lösung ist ebenso einfach wie genial, lässt aber zwei Aufgaben immer noch offen:

- Es muss ein Anodenwiderstand mit einem von der betreffenden Röhre abhängigen Wert eingeschleift werden.
- Die Anodenspannung muss hinter diesem Widerstand auf einen oder mehrere Anodenpins geschaltet werden.

Beides kann nicht durch den RoeTest selbst erledigt, sondern muss irgendwie außerhalb gelöst werden. Hierzu gibt es verschiedene Ansätze, die mich alle nicht überzeugen konnten. Daher habe ich auf Basis der besagten Multiplex-Schaltung einen eigenen Nixie-Adapter entwickelt:



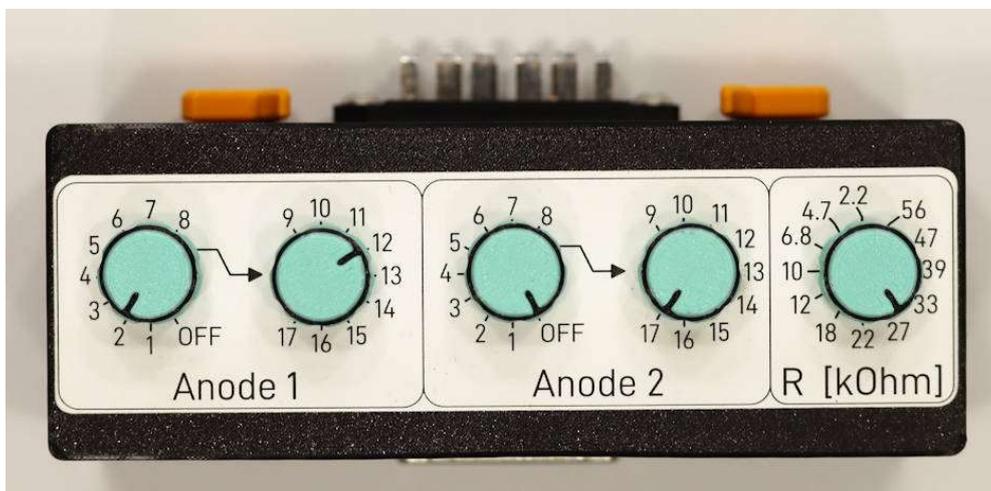
Der Nixie-Adapter wird analog zur Insert-Box einfach zwischen den RoeTest und die Fassungsbox der Nixie-Röhre geschaltet. Der Anschluss an den RoeTest erfolgt über die 12-polige Messerleiste, für den Anschluss von Nixie-Fassungsboxen habe ich mich für 25-polige D-SUB-Steckverbindungen entschieden: Diese sind extrem preisgünstig und reichen von ihren elektromechanischen Eigenschaften her vollkommen aus. 17 Pins sind für Kathoden vorgesehen, an 8 Pins liegt Masse zur Erdung von Fassungen etc. an.

An der Hinterseite sind zwei gelbe Hebelchen vorgesehen, mit denen der Nixie-Adapter an den Schienen des RoeTest verriegelt werden kann:



Durch diese Fixierung kann man leichter Nixie-Fassungsboxen wechseln, ohne den Nixie-Adapter mit abzuziehen.

Nun zu den Bedienelementen:

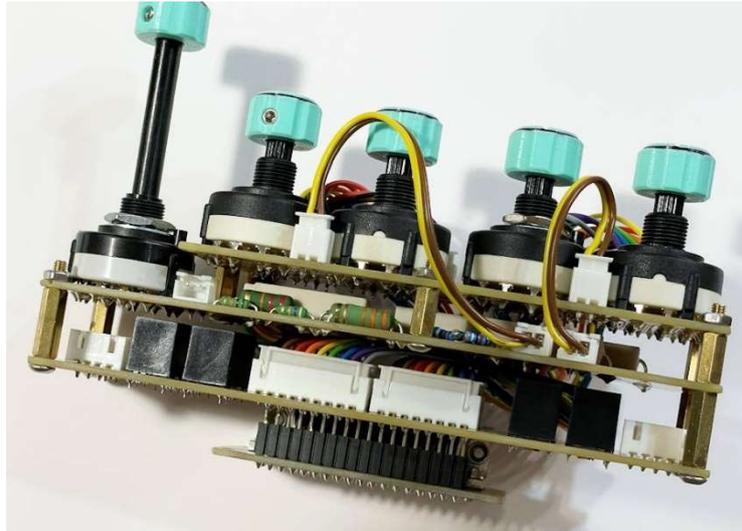


Auf der rechten Seite stellt man den Anodenwiderstand ein. 12 Werte genügen vollkommen, um das gesamte Spektrum an Nixie-Röhren abzudecken: Die Betriebsspannung der Nixie-Röhre kann man am RoeTest beliebig einstellen. Sie ist so zu wählen, dass sich mit der Differenz zur Brennspannung mit dem eingestellten Widerstand der spezifizierte Kathodenstrom ergibt.

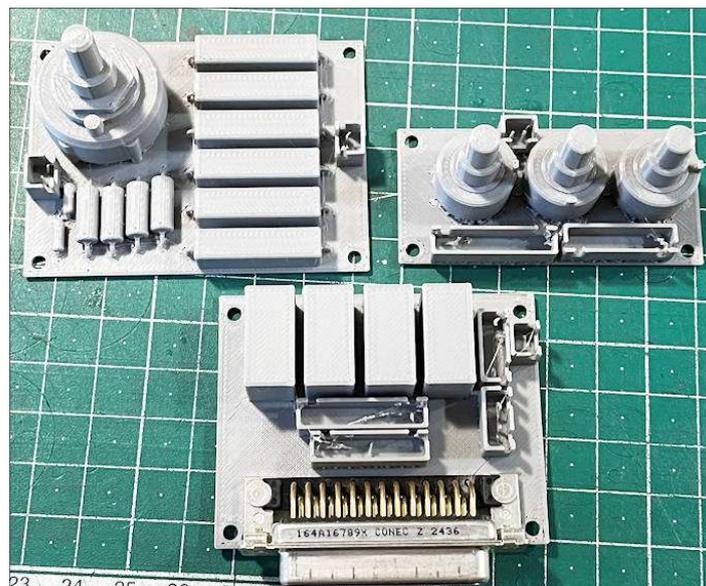
Die beiden Drehschalter-Paare links daneben dienen dazu, die Anodenspannung auf den korrekten Anschluss zu schalten. Manche Nixie-Röhren haben aus mechanischen Gründen zwei Anodenanschlüsse, daher ist diese Einheit doppelt vorhanden.

Der innere Aufbau meines Nixie-Adapters

Der Nixie-Adapter sollte auf den Anschlussschienen des RoeTest möglichst wenig Platz einnehmen. Daher habe ich mich für ein gestapeltes Design seiner Komponenten entschieden. Auch wenn die Schaltung konzeptionell trivial ist, so ergibt sich in der Praxis damit dann doch ein relativ komplexes Design:



Dieser Aufbau ist nicht einfach so vom Himmel gefallen, sondern war Ergebnis der Herstellung mehrerer Prototypen. Frühe Entwicklungsstufen der Platinen habe ich einfach gedruckt, so dass ich mit der Positionierung der Bauteile und der Platinen experimentieren konnte:



Nimmt man den Stapel von oben nach unten auseinander, so ergeben sich folgende Komponenten. An oberster Stelle befinden sich die beiden Platinen zur Umschaltung der Anoden-Pins:



Diese Platinen sind trivial, haben aber durch die 17 anzusteuern Anoden sehr viele Anschlussleitungen.

Als nächstes kommt die Platine mit den Anodenwiderständen:

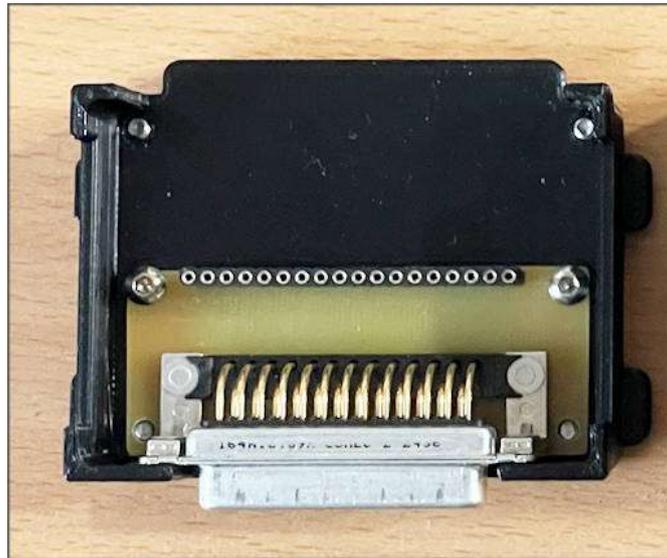


Um auf der sicheren Seite zu sein, habe ich Lastwiderstände so gewählt, dass sie auch bei einem Kurzschluss problemlos überlegen würden. Das ist vermutlich übertrieben, aber schaden kann es nicht. Man beachte hier links der Mitte oben die übliche parallel-seriell-Schaltung von 4 Widerständen, um die zulässige Verlustleistung zu vervierfachen, wenn die gesuchten Widerstandswerte mal nicht in der nötigen Leistung lieferbar sind.

Die dritte Ebene beinhaltet die Relais, hat an den Seiten die Anschlüsse für die 12-polige Federleiste und bringt alle Anschlüsse für die D-SUB-Buchse mithilfe von Pin-Headern auf die Unterseite:

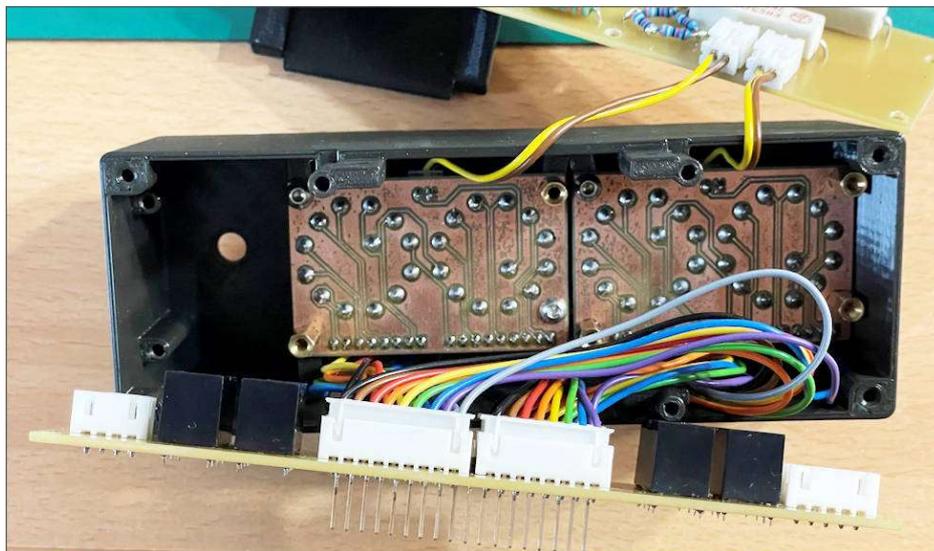


Sie wird dann einfach auf die unterste Platine gesteckt, die nur noch dazu dient, die D-SUB-Buchse zu beschalten:



Sollte diese Buchse verschleißen, so kann sie einfach durch Austausch dieser kleinen Platine erneuert werden.

Der Einbau in das enge Gehäuse ist ziemlich fummelig, wie man hier vielleicht erahnen kann:



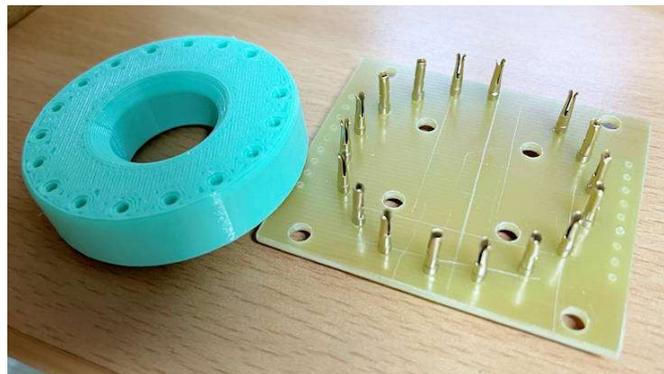
Testen einer NL7094

Mit dem Nixie-Adapter am RoeTest ist das Testen einer Nixie-Röhre genauso einfach wie das Testen von üblichen Verstärkerröhren. Aber natürlich braucht man auch hierfür wieder die jeweilig passende Fassungsbox zum Anschluss der Röhre!

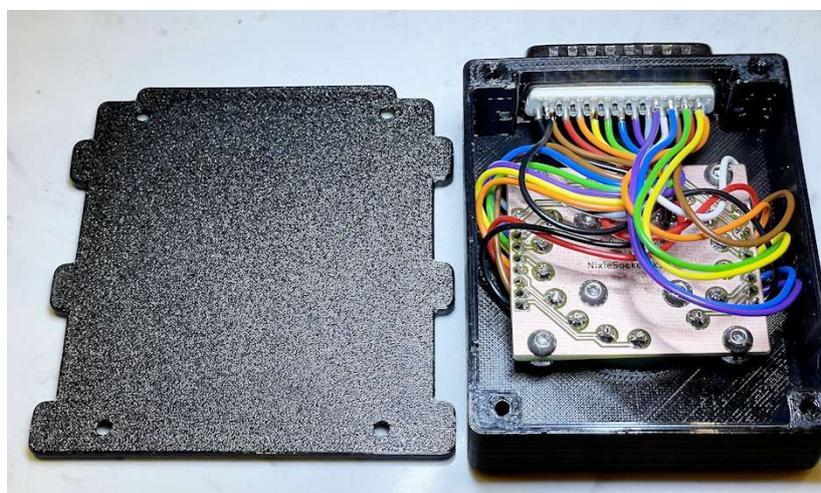
Als plastisches Beispiel habe ich eine NL7094 von National Electronics aus meinem Fundus geholt:



Die nötigen Fassungen vom Typ SK-137 sind vermutlich nur sehr schwer zu finden. Am ehesten müsste man ein altes Gerät zum Ausschichten haben... Zum Glück kann man sich eine Fassung auch leicht selbst herstellen, indem man aus China die notwendigen 1mm-Pins bezieht:



Auch hier kommt dann als Gehäuse wieder eine gedruckte Fassungsbox zum Einsatz, in die man nur noch die Platine einschrauben muss:



Die Verbindungen zum D-SUB-Stecker sind schnell gelötet. Hier mit Litzen von 0,25qmm in der üblichen Farbcodierung zu arbeiten hat sich bewährt.

Die Fassungsbox passt für viele verschiedene Röhren, so dass sich der Aufwand für die Herstellung sehr schnell lohnt.



In der RoeTest-Software wählt man dann die richtige Röhre aus - oder erstellt den notwendigen Datensatz innerhalb von wenigen Minuten anhand des Datenblatts selbst. Die weitere Bedienung geschieht dann über einen Dialog speziell für Nixie-Röhren:

RoeTest - professional tube-testing-system - Nixieröhrentester

Nixie - Tester

Für Nixie Röhren sind spezielle Fassungsboxen erforderlich!

Nixie biquinär Nixie

Betriebsspannung: V **Brennspannung:** V

Vorwiderstand: KOhm

Soll-Kathodenstrom: 4,000 bis 7,000 mA

Zum Test eines einzelnen Symbols, dieses auf der Spalte Symbol anklicken.

Zeit pro Symbol [s]

Stift	Symbol	Kathodenstrom	Brennspannung
Stift1			
Stift2	A1		
Stift3	0	6,147	134,031
Stift4	9	6,162	133,626
Stift5			
Stift6			
Stift7	8	6,237	131,601
Stift8	7	6,192	132,816
Stift9	6		
Stift10			
Stift11			
Stift12	5	6,162	133,626
Stift13	4		
Stift14	3	6,086	135,678
Stift15			
Stift16	2		
Stift17	1	5,944	139,512

*) Sortier- und Prüfreihefolge

Hier kann man die Stiftbelegung einsehen und die Einstellungen am Nixie-Adapter geeignet vornehmen. Hier ist zum Beispiel der Anodenwiderstand auf 27k einzustellen und es wird eine Anode auf Stift 2 gelegt. Die anzusteuernenden Kathoden kann man dann entweder selbst auswählen, oder man

Und dann das Leuchtbild einer MUD0X 6H mit eben diesem Sockel:



Schade dass das Anodengitter der Röhre so grob ist. Denn die OCR-artigen Ziffern sind ein echter Hingucker!

Der „normierte“ Anschluss über D-SUB 25 hat sich für mich echt bewährt. Und so haben sich bei mir jetzt auch für Nixies schon eine ganze Reihe an Fassungsboxen angesammelt:



Ende

Das soll es dann jetzt aber auch gewesen sein mit meinem Baubericht. Fragen, Anmerkungen, Lob, Kritik und alles, was Euch sonst noch zum RoeTest einfällt, sind im Diskussions-Thread im Radiobastler-Forum unter <https://www.radio-bastler.de/forum/index.php?thread/27259-diskussions-thread-zum-beitrag-baubericht-roetest-11-r%C3%B6hrentester/> herzlich willkommen!

Die 3D-Designs werde ich in nächster Zeit noch in meine RoeTest-Kollektion auf Printables unter <https://www.printables.com/@mageb/collections/1915253> hochladen.

Ich danke nochmal herzlichst Helmut Weigl für die Entwicklung des RoeTest-Projekts und seine Unterstützung, sowie allen Röhrenbegeisterten, die meinen Bericht bis hier her mitgelesen haben.

Verabschieden möchte ich mich an dieser Stelle mit einem Link zu einem Video vom Test einer CD-47. Darin könnt Ihr auch schön die vielen Relais hören, mit denen die Verbindungen durchgeschaltet werden: <https://youtu.be/4SMVgxOORx4>

