

WM8070-A01 Checkpoint-Tester-Adapter



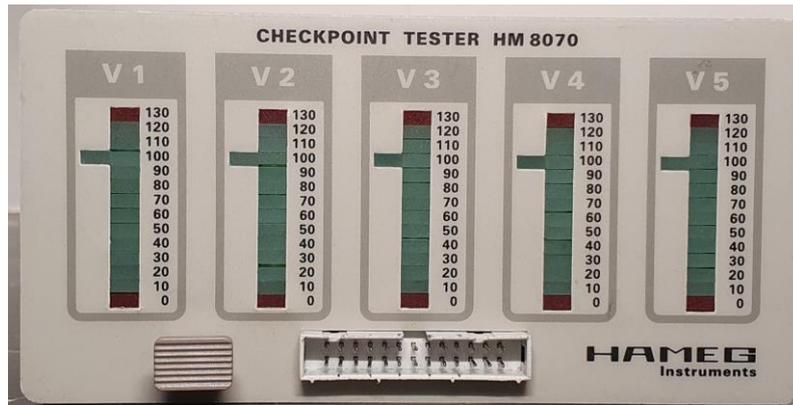
Inhalt

1	Einleitung.....	5
1.1	Für die die das HM8070 nicht kennen.....	5
1.2	Meine Motivation einen solchen Adapter zu bauen ...	5
1.3	Die Idee hinter meinem Adapter ...	6
1.4	Die Kalibrierung des HM8070	7
1.5	Die Kennwerte des Adapter sind ...	7
2	Schaltungsentwicklung.....	8
2.1	Lochrasterplatine oder Platine auf Maß...?	8
2.2	10-Gang- oder Logarithmische Potenziometer...?	8
2.3	Nötige Umänderungen am HM8070	8
2.4	OPV-Beschaltung:.....	9
2.4.1	OPV-Beschaltung – nicht invertierend:	9
2.4.2	OPV-Beschaltung – invertierend:	9
2.4.3	Verwendete Beschaltungen bei dem Adapter	9
2.4.4	Warum diese komplizierte Schaltung mit dem 4 poligen Schalter?	9
2.4.5	Aufbau der V1-Schaltung (nicht invertierend)	10
2.4.6	Aufbau der V2-Schaltung (nicht invertierend)	10
2.4.7	Aufbau der V3-Schaltung (invertierend)	10
2.5	Spannungsmessung und Verstärkung	11
2.6	Strommessung.....	12
2.7	Widerstandsmessung	12
2.8	Schutzbeschaltung:.....	13
2.9	Umschalter «Output V (V=X)» / «Input V (V=1)»	13
2.9.1	«Output V (V=X)»	13
2.9.2	«Input V (V=1)».....	13
2.10	12V-Klemmen.....	13
3	Zur Benutzung des Adapters	14
3.1	Allgemeine Nutzung.....	14
3.1.1	Spannungsmessung:.....	14
3.1.2	Strommessung:.....	14
3.1.3	Widerstandsmessung:	14
4	Funktionstest.....	15
4.1	Nullabgleich	15
4.2	V1-Messbereich.....	15
4.3	V2-Messbereich.....	15
4.4	V3-Messbereich.....	15
4.5	Widerstandmessung.....	15
4.6	Strommessung.....	15

5	Abgleich	16
5.1	Trimmer	16
5.1.1	Trimmer 1.1 (R1 von V1)	16
5.1.2	Trimmer 1.2 (R1 von V2)	16
5.1.3	Trimmer 1.3 (R1 von V3)	16
5.1.4	Trimmer R_r' (Widerstandsmessung)	16
5.2	Nullabgleich OPV	16
6	Bau des Adapters.....	17
6.1	Bauteile.....	17
6.1.1	OPV TL081	17
6.1.2	4 poliger Umschalter	17
6.1.3	26-Pin-Stecker	17
6.1.3.1	Pinnbelegung.....	18
6.1.4	Hochlastwiderstand.....	18
6.1.5	Gehäuse.....	18
6.1.6	Platine.....	19
6.2	Prototypen.....	20
6.2.1	Prototyp 1.....	20
6.2.2	Prototyp 2.....	21
6.2.3	Prototyp 3.....	22
6.3	Platine.....	23
6.3.1	Verkabelungsskizze Platine	23
6.3.2	Aufdruck Oberseite	24
6.3.3	Platine mit Oberseitendruck	24
6.3.4	Erster Funktionstest mit dem erster Kanal.....	25
6.3.5	Fertige Platine.....	25
6.4	Frontplatte.....	26
6.4.1	Bohrplan	26
6.4.2	Gebohrte Frontplatte	27
6.4.3	Aufdruck Frontplatte	27
6.4.4	Bestückte Frontplatte.....	28
6.4.5	Bestückte und verkabelte Rückseite	28
6.4.5.1	Verkabelungsskizze 4-poliger Drehschalter	28
6.5	Strommesswiderstände.....	29
6.6	Einbau ins Gehäuse	29
6.7	Fertiges Gerät.....	30
6.8	Gerät im Betrieb	32
7	Anhänge.....	34

1 Einleitung

1.1 Für die die das HM8070 nicht kennen...



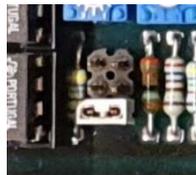
<https://www.dropbox.com/sh/m6286y1q5ch58dg/AAB5kiMV5P0AKyTGgPKgPYtPa?dl=0>

... das Hm8070 ist kein klassisches Messgerät, sondern es vergleicht eine vorgegebene Referenzspannung mit der zu messenden Spannung und gibt deren Wert in 10%-Schritten zwischen 0 und 130% in Beziehung zu der Referenzspannung wieder.

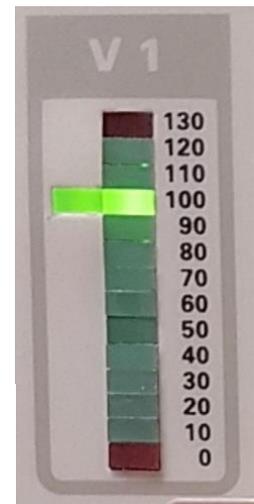
Es stehen 5 Kanäle zur Verfügung die, galvanisch getrennt, unabhängige und einzeln justierbar sind.

Für die Feinjustierung gibt es noch eine zusätzliche 100%-LED pro Kanal bei der man den Bereich in dem sie leuchtet im Inneren mit zwei Potis zwischen -5% bis -0.1% und +5% bis +0.1% einstellen kann.

Die Referenzspannung kann man im Innern mittels Jumper auf 5V, 1V und 0,1V stellen.



0.1V = 100%
 1V = 100%
 5V = 100%



Möchte man eine andere Spannung als 5V, 1V oder 0.1V als «100%»-Referenzspannung benutzen so muss die zu messende Spannung mit dem Faktor U_{ref}/U_{mess} multiplizieren, also verstärkt resp. abgeschwächt werden.

Wie man schon an dem für Messvorgänge sehr unpraktischen 26Pin-Stecker sieht, wird für das Messen mit dem HM8070 ein «Adapter» benötigt.

Hameg hat nie einen solchen Adapter angeboten.

Die Idee hinter dem Gerät war dass man sich für jede Messaufgabe seinen eigenen Messadapter mit maximal 5 Messpunkten baut. So kann man bei wechselnden Messaufgaben den entsprechenden Adapter anschließen und sehr schnell die Spannungen an den einzelnen Messpunkten prüfen und justieren. Diese Messadapter können billig und einfach hergestellt werden.

1.2 Meine Motivation einen solchen Adapter zu bauen ...

... war als Hamegfan das Hm8070 zu verstehen und außerdem wollte ich schon lange meine Kenntnisse über Operationsverstärker auffrischen.

Ein einfacher variabler Spannungsteiler würde es ja eigentlich schon machen. Die Spannungsabfälle auf der einen oder andere Seite, das fummelige umstellen der internen Referenzspannung per Jumper stellte mich aber nicht zufrieden. Außerdem kann man so keine Verstärkung des Signal erreicht und somit wäre die minimale Referenzspannung 0.1V gewesen.

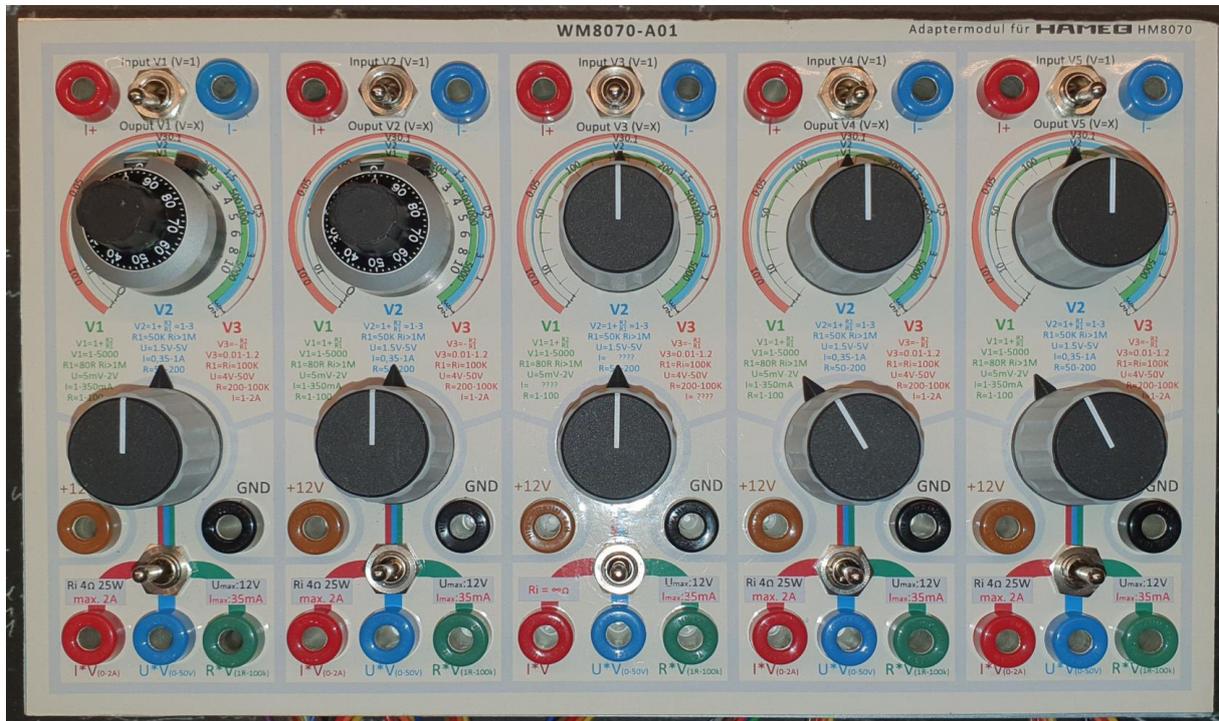
Wichtig war auch dass der Adapter auch als Anschlussadapter für das Hm8070 dienen kann da der 26-Pin-Stecker einfach unbrauchbar ist für normale Messvorgänge. Man muss die Verstärkerstufe also abschalten könne und die gewünschte Spannung über Stecker des Adapters direkt an das HM8070 geben.

Als zusätzliche Herausforderung wollte ich auch Widerstände und Ströme damit Justieren.

Ich wollte also einen polyvalenten, einfach zu benutzenden Adapter bauen der auch optisch was hergibt....

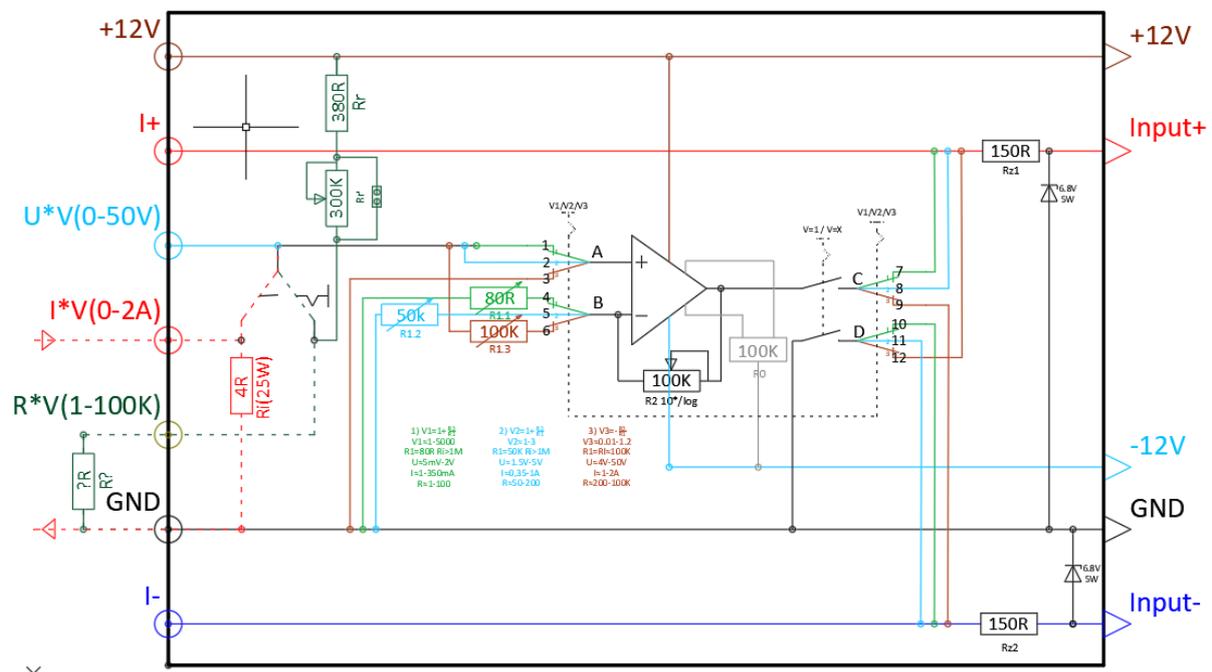
... Naja ... also diametral entgegengesetzt dem ursprünglichen Sinn dieser Adapter, die ja auf spezifische Aufgaben ausgelegt und billig sein sollten.

Das ist mir aber erst aufgefallen als ich angefangen habe dies zu schreiben ... :-D



1.3 Die Idee hinter meinem Adapter ...

... ist mit Hilfe eines Operationsverstärkers, dessen Verstärkung über ein Potentiometer einstellbar ist, die zu messende Spannung direkt zwischen 5mV und 50V auf 5,000V zu verstärken / abzuschwächen. Da die Präzision des Messvorgangs aus der Kalibrierung des HM8070 (100%-LED) und der zur Justierung der 100%-LED benutzten Spannungsquelle kommt, wird für den Adapter keinerlei Präzision verlangt. Wichtig für den Adapter ist nur dass er die Verstärkung des Signals während der Einstellung und der Messung konstant bleibt. Der hohe Eingangswiderstand der OPV-Schaltung beeinflusst die Messschaltung dann nicht mehr.



1.4 Die Kalibrierung des HM8070 ...

... beeinflusst die Genauigkeit der Messungen und Justierung am meisten.

Daher habe ich diese mit Hilfe eines Kompavi10 gemacht und so justiert das die 100%-LED möglichst nur bei 5.000 V leuchtet.

Abgleichroutine findet ihr hier :

<https://www.dropbox.com/s/291klnok3q5qhye/HAMEG%20HM8070%20Checkpoint%20Tester%20-%20Abgleichroutine%20-%20De.pdf?dl=0>

Leider war es bei meinem HM8070 bei keinem Kanal möglich die 100%-LED nur bei genau 5,000V zum Leuchten zu bringen. Hierfür ist das Gerät auch nicht ausgelegt.

Die Angaben der Anleitung liegt bei «-5% bis-0.1% und +5% bis +0.1%».

Die 100%-LED müsste also zwischen folgenden Werten justiert werden können : 4.75V bis 4.995V und 5.005V bis 5.25V

Bei meinem Gerät waren dies die bestmöglichen Einstellungen:

V1: 5.000-5.023
V2: 5.000-5.016
V3: 4.993-5.000
V4: 4.999-5.000
V5: 5.000-5.022

Wenn die 100%-LED nur bei genau 5,000V leuchten würde, wäre dies allerdings auch nicht sonderlich praxisorientiert da das Justieren auf +/-0.001V nicht immer sehr leicht ist und meistens auch unnötig. Dies ist bei Kanal 3 ja auch der Fall.

1.5 Die Kennwerte des Adapter sind ...

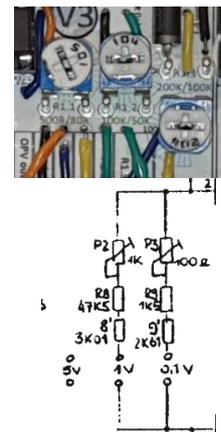
... in drei Stufen aufgeteilt da man so auch an den Extremseiten die 100%-Wert leichter eingestellt bekommt. (Es sind 3 Stufen weil der benötigte 4 polige Umschalter 3 Stufen hat.)

	V1	V2	V3
Spannungsmessung	5mV-2V	1.5V-5V	4V-50V
Strommessung	2mA-350mA	0.35A-1A	1A-2A
Widerstandmessung	1Ω-100Ω	50Ω-250Ω	250Ω-100KΩ
OPV-Beschaltung	nichtinvertierend	nichtinvertierend	invertierend
Eingangswiderstand	>1MΩ	>1MΩ	100KΩ = R1.3
Wert von R1	80Ω (Poti 0Ω-500Ω)	50KΩ (Poti 0Ω-100KΩ)	100KΩ (Poti 0Ω-200KΩ)
Verstärkung	$1+(R2/R1) = 1 - 5000$	$1+(R2/R1) = 1 - 3$	$(R2/R1) = 0.01 - 1$

Trotz der 3 Stufen sind einige Bereich schwer einzustellen.

Daher habe ich für die R1-Widerstände Trimmer benutzt. So kann man bei Bedarf die Bereiche verschieben. Vorsichtig muss man hier nur beim Bereich V3 sein da hier der Wert von R1 gleich dem Eingangswiderstand ist.

Diese Werte gelten nur wenn der interne Jumper im HM8070 auf «5V» steht. Ich habe den 5V-Bereich gewählt weil dieser der «native» Bereich der Schaltung ist. Bereich 1V und 0.1V werden durch einen weiteren Spannungsteiler erzielt und bergen somit weiter Messfehler.



2 Schaltungsentwicklung

2.1 Lochrasterplatine oder Platine auf Maß...?

Klar wäre eine «richtige» Platine schöner gewesen.

Die Wahl der Lochrasterplatine hat sich aber als gute Entscheidung herausgestellt da ich so die Schaltung ganz flexibel und kurzfristig umgestalten konnte ohne jedes Mal eine neue Platine anfertigen lassen zu müssen.

Dadurch konnte ich ganz zum Schluss noch einige Funktionen wie den zusätzlichen 300K-Trimmer für die Widerstandsmessung einfügen oder die Anordnung der Pins der 10-Pin-Steckers optimieren.

Es war natürlich eine Plackerei die 5 Kanäle zusammenzulöten und nachher mit der Lupe auf Fehlerstellen zu prüfen...

2.2 10-Gang- oder Logarithmische Potenziometer...?

Eigentlich dachte ich anfangs das es klar wäre das hier 10-Gang-Potis verbaut werden müssten. Da es aber 5 Kanäle sind würde das recht teuer werden. Daher hatte ich geplant 2 Kanäle für Feinjustierung mit 10-Gang-Potis auszustatten und die anderen 3 Kanäle mit gewöhnlichen Potis auszustatten und dann einfach den 100%-Bereich des Hm8070 zu vergrößern. Ich hab also rumexperimentiert und festgestellt dass die logarithmischen Potis eigentlich nicht viel weniger präzise sind als die 10-Gang-Potis. In manchen Bereichen sind die log. sogar besser.

Außerdem ist es recht nervig beim Testen, wo man ständig zu den Ausschlägen hin und herdreht, immer wieder die 10 Runden durchzudrehen.

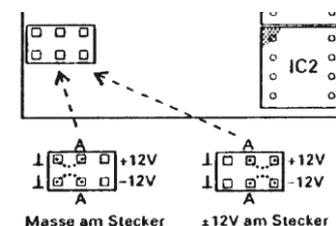
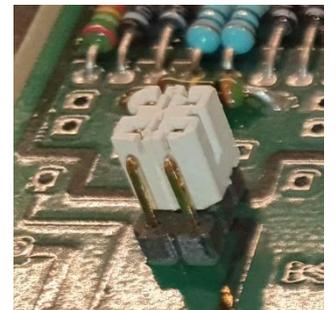
Eine meiner Entdeckungen dieses Projekts!

2.3 Nötige Umänderungen am HM8070

Da ich für die OPVs +12V, -12V und die Masse des Kanals benötige muss man das Hm8070 leicht modifizieren.

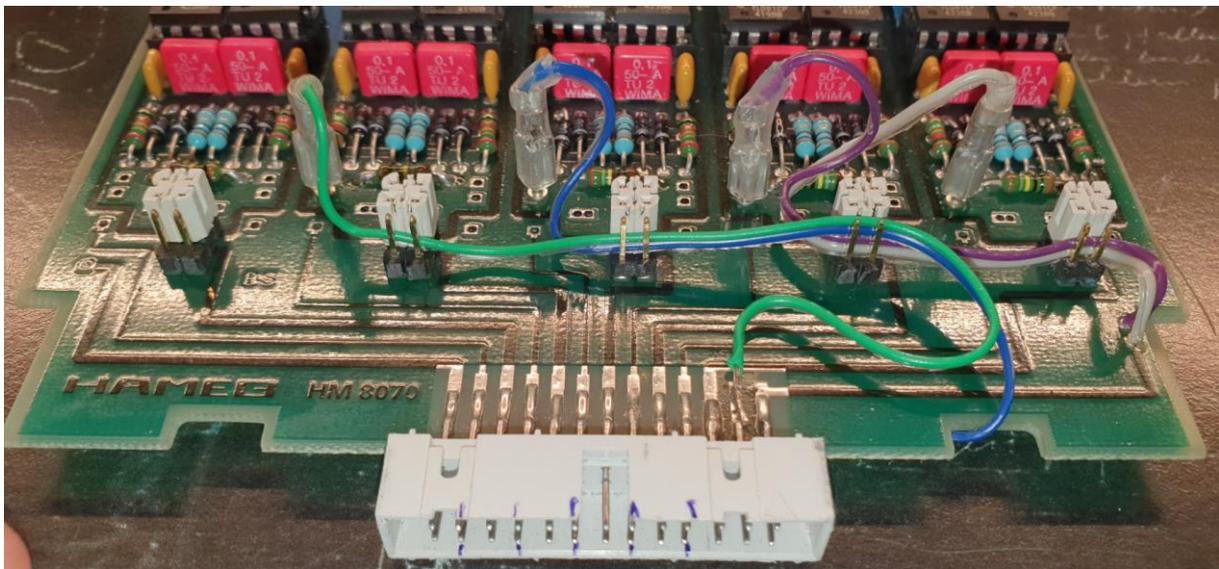
Über die vorgesehenen Jumper kann man nur wahlweise 2 dieser 3 Klemmen (+12V, -12V, GND) über den 26-Pin-Stecker nach Außen bringen. (außer für den ersten Kanal)

V1		V2		V3		V4		V5		FREI	
GND	⊕ INPUT	GND oder -12V (<40mA)	⊕ INPUT	GND oder -12V (<40mA)	⊕ INPUT	GND oder -12V (<40mA)	⊕ INPUT	GND oder -12V (<40mA)	⊕ INPUT	GND oder -12V (<40mA)	FREI
25	23	21	19	17	15	13	11	9	7	5	3
26	24	22	20	18	16	14	12	10	8	6	4
GND	INPUT ⊖	INPUT ⊖ +12V (<40mA) oder GND	INPUT ⊖	INPUT ⊖ +12V (<40mA) oder GND	INPUT ⊖	INPUT ⊖ +12V (<40mA) oder GND	INPUT ⊖	INPUT ⊖ +12V (<40mA) oder GND	INPUT ⊖	INPUT ⊖ +12V (<40mA) oder GND	FREI
V1	V2	V3	V4	V5	WÄHLEITUNG		WÄHLEITUNG		WÄHLEITUNG		



Pin 3+4 sind sowieso frei. Pin 1+2, die mit „Wahlleitung“ beschriftet sind, sind an unbenutzten Lötstellen auf der beidseitigen Platine angeschlossen.

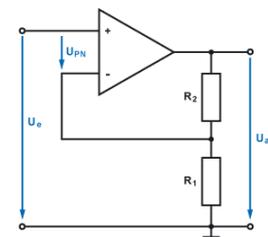
Ich habe mit den Jumpern also +12V und -12V an die Ausgänge des Kanals gelegt und die Massen der Kanäle 2-5, für die sogar mehrere leere Lötstellen auf der Platine vorgesehen sind, auf die 4 freien Pins gegeben.



2.4 OPV-Beschaltung:

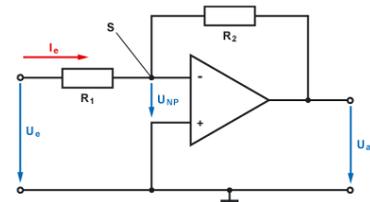
2.4.1 OPV-Beschaltung – nicht invertierend:

Diese Schaltung ist ideal da sie einen sehr hohen Eingangswiderstand (Beim TL081 $10^{12}\Omega$) hat und das Signal nicht umkehrt. Leider ist hier die Verstärkung immer grösser als 1 ($V=1+(R_2/R_1)$). Für den Adapter wäre diese Schaltung also nur bei Spannungen gleich oder kleiner als 5V zu gebrauchen.



2.4.2 OPV-Beschaltung – invertierend:

Bei dieser Schaltung ist die Verstärkung $V= - R_2/R_1$ und kann also sowohl verstärken wie auch abschwächen. Leider ist der Eingangswiderstand aber gleich R_1 . Außerdem invertiert er die Messspannung



2.4.3 Verwendete Beschaltungen bei dem Adapter

Um einen möglichst hohen Eingangswiderstand zu erzielen, habe ich anfangs mit sehr hohen Werten für R_1 und R_2 experimentiert. Dabei habe ich aber festgestellt dass ein zu hoher Eingangswiderstand R_1 eine Verstärkung von sehr kleinen Spannungen anscheinend unmöglich macht da hier die Ströme wohl zu klein für die Beschaltung werden???

Experimentell habe ich dann für den Bereich 0.005V bis 50V einen idealen Wert von $100K\Omega$ ermittelt. Im Nachhinein hätte ich hier wohl mehr Zeit investieren sollen da ich jetzt festgestellt habe dass jetzt doch im V3 recht hohe Spannungsabfälle auftreten.

Da mir der sehr hohe Eingangswiderstand sehr wichtig war, habe ich mich zu einer Kombination der beiden Schaltungen entschieden und diese mit einem vierpoligen Umschalter realisiert. Da dieser 3 Positionen hatte, habe ich auch 3 Verstärkerstufen gebaut die auf bestimmte Spannungsbereiche ausgelegt sind.

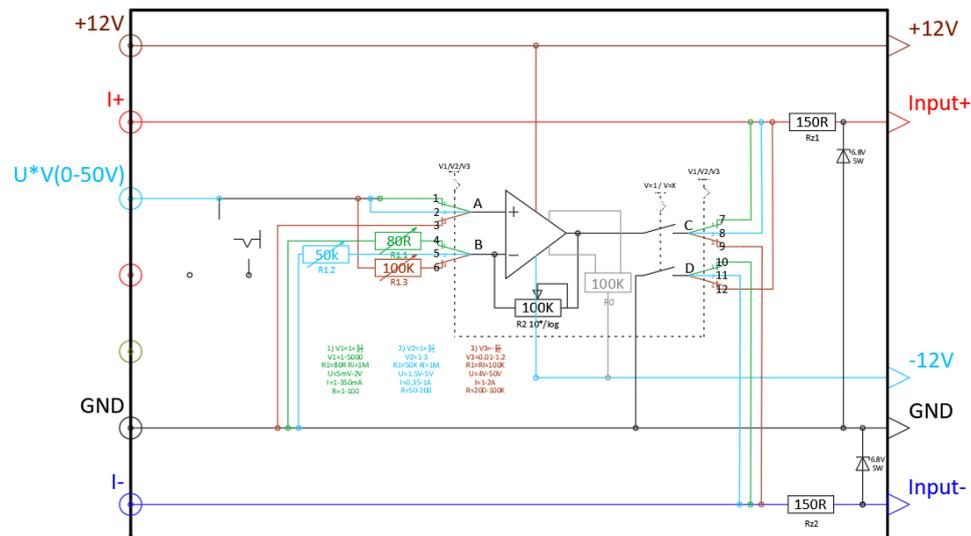
Die Werte der R_1 -Widerstände ich grob rechnerisch ermittelt und dann mit Potis experimentell angepasst bis ich mit $R_{1.1}=80\Omega$, $R_{1.2}=50K\Omega$, $R_{1.3}=100K\Omega$ die Bereiche in den gewünschten Grenzen hatte.

2.4.4 Warum diese komplizierte Schaltung mit dem 4 poligen Schalter?

Anfangs wollte ich das Problem mit dem Eingangswiderstand mit einem vorgeschaltetem Impedanzwandler lösen. Weil die Schaltung aber mit +12V und -12V betrieben wird, kann der OPV im Idealfall auch nur maximal +12V und -12V an die nachfolgende Schaltung weitergeben. Die Vorgaben die ich mir gegeben hatte waren aber 50V. Somit war dies keine Möglichkeit.

2.5 Spannungsmessung und Verstärkung

Die zu messende Spannung wird über die «U*V» und «GND» Klemmen an den Verstärker gegeben.



Die maximale Verstärkung des TL081 lag bei meinen Versuchen zwischen 1000 und 1600 so dass die errechneten Werte von Spannungen und Verstärkungen in der Praxis nicht immer erreicht werden konnten.

Wie bereits erwähnt habe ich für die R1-Widerstände Trimmer verwendet damit man die Messbereiche ändern kann. Dies erlaubt an den Grenzbereichen bei Bedarf die Empfindlichkeit anzupassen.

Somit ergaben sich folgende Bereiche bei denen man am Ausgang des Verstärkers 5,000V erhält:

Eingangsspannung			
$V1=1+(R2/R1)$			
V1	R1	R2=1Ω	R2=100KΩ
	R1=0Ω	100mV	0.235mV
	R1=80Ω	5V	5mV
	R1=500Ω	5V	20mV
$V2=1+(R2/R1)$			
V2	R1	R2=1Ω	R2=100KΩ
	R1=0Ω	0.235mV	0.025mV
	R1=50KΩ	5V	1.5V
	R1=100KΩ	5V	2.3V
$V3=R2/R1$			
V3	R1	R2=1Ω	R2=100KΩ
	R1=0Ω	?	0.226mV
	R1=100KΩ	>50V	5V
	R1=200KΩ	>50V	10V

Verstärkung			
$V1=1+(R2/R1)$			
V1	R1	R2=1Ω	R2=100KΩ
	R1=0Ω	101	10'000'001
	R1=80Ω	1	1'251
	R1=500Ω	1	201
$V2=1+(R2/R1)$			
V2	R1	R2=1Ω	R2=100KΩ
	R1=0Ω	1'001	100'000'001
	R1=50KΩ	1	3
	R1=100KΩ	1	2
$V3=R2/R1$			
V3	R1	R2=1Ω	R2=100KΩ
	R1=0Ω	1'000	100'000'000
	R1=100KΩ	0.00	1.00
	R1=200KΩ	0.00	0.50

Bei V3 muss man mit sehr kleinen Werten von R1 aufpassen da dies auch der Wert des Eingangswiderstandes ist und so sehr schnell die Messspannung kurzgeschlossen wird.

Die Schaltung funktioniert auch mit höheren Spannungen als die angegebenen 50V.

Dies ist erstaunlich da die Differenzspannung des TL081 eigentlich bei +/-30V liegt. Ich hatte aus Versehen eine höhere Spannung angelegt ohne dass die Schaltung Schaden nahm und dann habe ich getestet wie weit man gehen kann.

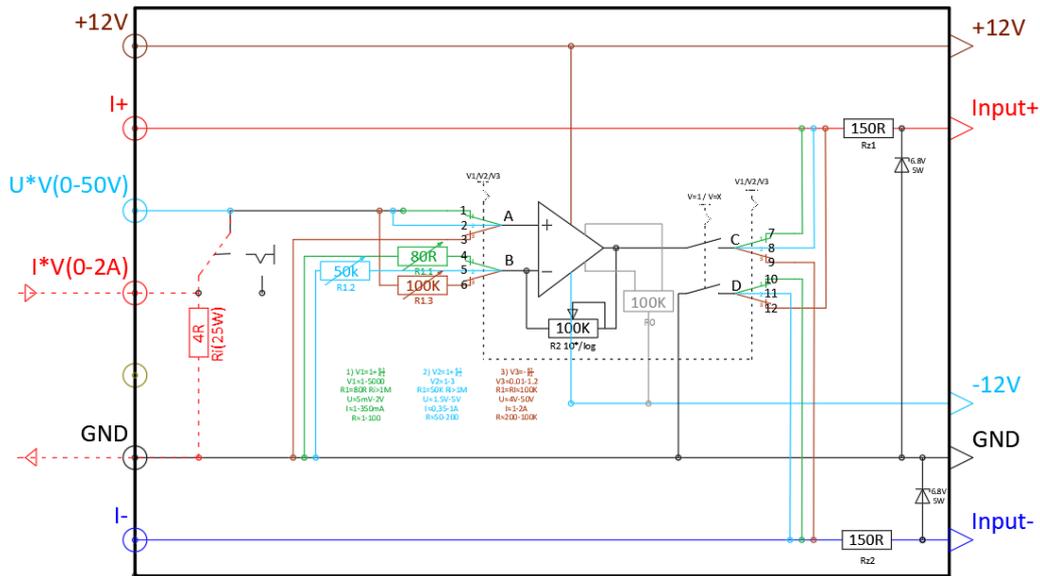
Ich habe es aus Sicherheitsgründen nur bis 150V getestet.

Eine wirkliche Erklärung dafür habe ich nicht.

Ich vermute dass die Kombination aus JFET-Technologie und hohem Eingangswiderstand dies möglich macht? Bei den Versuchen mit den Bereichsanpassungen anhand der R1-Trimmern habe ich bei V3 auch prompt einen TL081 und den Eingangstrimmer gegrillt. :-S

Da das Gehäuse und die verwendeten Bauteile aber nicht für solche Spannungen ausgelegt sind, ist aus Sicherheitsgründen die maximale Referenzspannung 50V.

2.6 Strommessung



Bei der Strommessung fließt der Messstrom durch den Messwiderstand R_i an dem er einen Spannungsabfall erzeugt. Diese Spannung wird über den Umschalter im «I*V»-Betrieb auf den Verstärker gegeben.

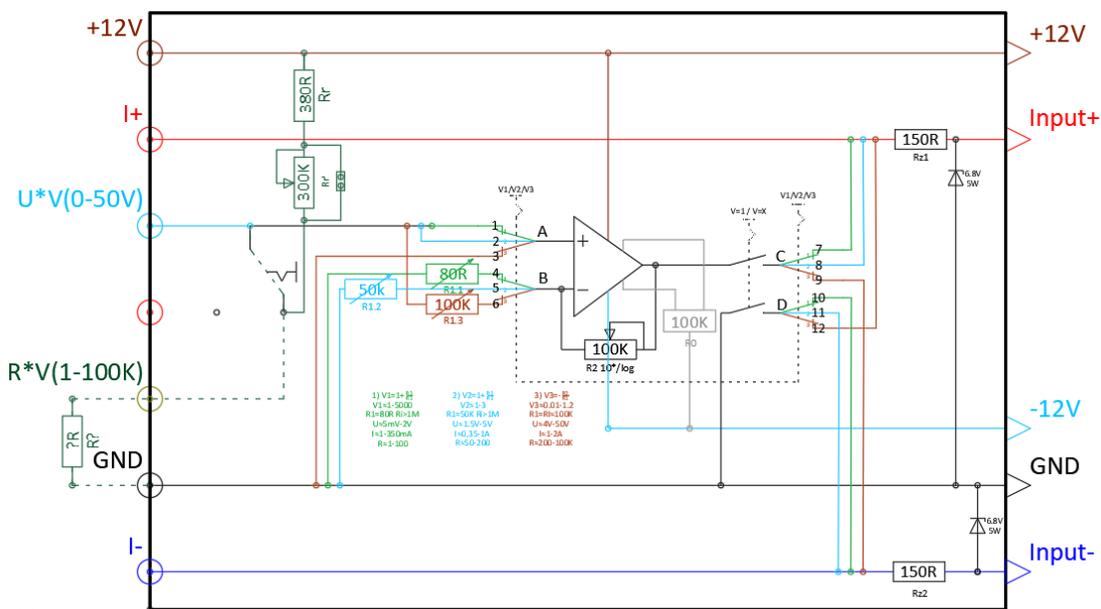
An den Klemmen «U*V» und «GND» kann man diese Spannung messen.

Dieser Widerstand sollte natürlich möglichst klein sein um die Messschaltung nicht zu beeinflussen. Außerdem entstünden bei großen Werten zu große Leistungen an dem Widerstand dessen Widerstandswert sich dann durch die entstehende Erhitzung ändert.

Allerdings muss er auch groß genug sein um bei sehr kleinen Strömen noch einen «verstärkbaren» Spannungsabfall zu erzeugen.

Ich habe hierfür einen 4Ω 25W-Hochlastwiderstand gewählt der bis 2.5A ausgelegt ist. Man sollte aber alles über 1A nur kurz anlegen da sich der Widerstand sonst zu sehr erhitzt und so den Widerstandswert ändert.

2.7 Widerstandsmessung



Bei der Widerstandsmessung wird die interne 12V-Speisung genutzt um einen Messstrom durch den zu messenden Widerstand fließen zu lassen an dem dann ein Spannungsabfall entsteht.

Diese Spannung wird über den Umschalter im «R*V»-Betrieb auf den Verstärker gegeben.
An den Klemmen «U*V» und «GND» kann man diese Spannung messen.

Da die zur Messung verwendete 12V-Spannungsversorgung der Kanäle nur 40mA liefern kann habe ich zur Widerstandsmessung einen Vorwiderstand von 380Ω vorgeschaltet so dass der maximale Messstrom etwa 30mA beträgt. Somit kann man recht gut Widerstände zwischen 1Ω und etwa $100k\Omega$ justieren.

Auch hier habe ich einen Trimmer nachgeschaltet mit dem man die Grenzbereiche verschieben kann. Der Trimmer ist im Normalbetrieb mit einem Jumper kurzgeschlossen da er auf 0.1W ausgelegt ist. Bei der Messung eines sehr kleiner Messwiderstand würde der Trimmer schnell überlasten.

2.8 Schutzbeschaltung:

Das HM8070 hat nach Anleitung eine maximale Eigenspannung von 42V. Da die zur Messung relevanten Spannungen aber nur zwischen 0 und etwa 6.2V liegt, habe ich aus Sicherheitsgründen die «+» und «-» Ausgänge zum Hm8070 mit jeweils einer Zenerdiode 6.8V 5W bestückt (5W weil ich in Eile war, keine Lust hatte es zu berechnen und auf Nummer sicher gehen wollte und Präzision hier ja unwichtig ist). Somit kann die Eingangsspannung zum HM8070 nur zwischen etwa -0.2V und +6.9V liegen.

2.9 Umschalter «Output V (V=X)» / «Input V (V=1)»

2.9.1 «Output V (V=X)»

Im normalen Betrieb steht der Umschalter auf «Output V (V=X)».

Dann wird die Ausgangsspannung des Verstärkers an die Eingangsklemmen des Hm8070 gegeben und kann an den Klemmen «I+» und «I-» des Adapters gemessen werden.

2.9.2 «Input V (V=1)»

Möchte man den Adapter nur als Anschlussadapter für den Hm8070 benutzen, stellt man den Schalter auf diese Position und legt die Justier- resp. Messspannung dann an die «I+» und «I-» Klemmen. Der Verstärker wird dann nicht benutzt.

So kann man aber nur auf 5V ,resp. beim internen Umschalten auch 1V und 0,1V justieren.

Das HM8070 bleibt aber über die Schutzbeschaltung des Adapters vor Überspannung geschützt.

2.10 12V-Klemmen

Damit man eventuell andere Messschaltung aufbauen kann, sind auch die +12V des jeweiligen Kanals an die Klemmen der Front gegeben.

3 Zur Benutzung des Adapters ...

3.1 Allgemeine Nutzung.

- Mit dem unteren Schalter wählt man die zu messende Messgröße I*V, U*V oder R*V
- Dann wählt man eine angemessene Verstärkungsstufe V1, V2 oder V3.
- Im Zweifelsfall mit V3 anfangen und dann runterdrehen.
- Die Verstärkung auf maximale Abschwächung / minimale Verstärkung stellen.
- Anschließend legt man an den Eingang die Spannung /den Strom /den Widerstand bei der die 100%-LED leuchten soll. Je präziser dieser Wert ist, je präziser ist nachher die Justierung.
- Nun dreht man die Verstärkung mit dem Potentiometer bis die 100%-LED leuchtet. Dann ist dieser Kanal auf diesen Wert eingestellt.
- Legt man nun den zu justierende Wert an, braucht man diesen nur solange zu verändern bis die 100%-LED auch hier leuchtet.
- Steht der obere Schalter auf «Output V (V=X)» kann man an den Klemmen «I+» und «I-» die Ausgangsspannung des Verstärkers vor der Überspannungsbegrenzung zum HM8070 messen.



3.1.1 Spannungsmessung:

Die zu justierende Spannung legt man an die «U*V» und «GND» Klemmen.

Möchte man die Spannung ohne Verstärkung / Abschwächung direkt an den Eingang des HM8070 legen, stellt man den oberen Schalter auf «Input V (V=1)» und legt die Messspannung an die Klemmen «I+» und «I-». So kann man aber nur auf 5V, resp. beim internen Umschalten auch 1V und 0,1V justieren.

3.1.2 Strommessung:

Den zu justierende Strom legt man an die «I*V» und «GND» Klemmen wo er durch den Messwiderstand fließt.

An den Klemmen «U*V» und «GND» kann man die am Messwiderstand abfallende Spannung messen.

Die zu Messende Ströme sind durch die Leistungsgrenzen des Messwiderstands begrenzt. Ich benutze hier bei Kanal 1,2,4 und 5 Hochlastwiderstände von 4Ω 25W die ohne weitere Kühlung Ströme bis 1A vertragen. Kurzzeitig (<2Minuten) verträgt das Gerät auch 2A. Diese Hochlastwiderstände vertragen zwar auch höhere Ströme aber durch die Erwärmung ändert sich der Widerstandwert zu stark so dass große Messfehler entstehen würden.

Aus Platzgründen habe ich bei Kanal 3 keinen Messwiderstand eingebaut. Bei diesem Kanal kann man aber direkt zwischen die Klemme «I*V» und «GND» einen anderen (eventuell sogar gekühlten) Messwiderstand anschließen und so auch größere Ströme justieren.

3.1.3 Widerstandsmessung:

Den zu justierende Widerstand legt man an die «R*V» und «GND» Klemmen. Man sollte dies tun bevor man den Schalter auf „I*V“ stellt da man sonst die 12V-Messspannung direkt an den Verstärker legt.

An den Klemmen «U*V» und «GND» kann man die am Messwiderstand abfallende Spannung messen.

Man sollte auf die Leistung des zu justierenden Widerstandes achten. Die Messung erfolgt wie beschrieben mit 12V und einem Vorwiderstand von 380Ω. Bei kleinen Messwiderständen können also Leistungen entstehen die den Messwiderstand zerstören können. Dann sollte man den Jumper im Innern entfernt und somit den Vorwiderstand vergrößern.

4 Funktionstest

4.1 Nullabgleich

- Schalter auf «U*V» stellen
- Klemmen U*V und GND kurzschließen
- Voltmeter an Klemmen I+ und I- anschließen
- V2 wählen
- V auf Mittelstellung
- Spannung muss 0mV betragen

4.2 V1-Messbereich

- Schalter auf «U*V» stellen
- V1 wählen
- V ganz nach rechts (100K Ω)
- Spannungsquelle 0.000V-2.000V an U*V und GND anschließen und auf 0V
- Spannung vorsichtig auf 5mV erhöhen.
- 100%-LED sollte unter 5mV leuchten. Durch die hohe Verstärkung kann es zu «Streuen» der 0-130%-LEDs kommen.
- V ganz nach links drehen aber nicht bis zum Anschlag.
- Spannung vorsichtig auf 2V erhöhen
- 100%-LED sollte um +/-2V leuchten



4.3 V2-Messbereich

- Schalter auf «U*V» stellen
- V2 wählen
- V ganz nach rechts (100K Ω)
- Spannungsquelle 0.000V-5.000V an U*V und GND anschließen und auf 0V
- Spannung auf 1.5V erhöhen.
- 100%-LED sollte bei +/- 1.5V leuchten.
- V ganz nach links drehen.
- Spannung vorsichtig auf 5V erhöhen
- 100%-LED sollte bei etwa 5V leuchten

4.4 V3-Messbereich

- Schalter auf «U*V» stellen
- V3 wählen
- V ganz nach rechts (100K Ω)
- Spannungsquelle 0-50V an U*V und GND anschließen und auf 0V
- Spannung auf 5V erhöhen.
- 100%-LED sollte unter 5V leuchten.
- V ganz nach links drehen.
- Spannung auf 50V erhöhen
- 100%-LED sollte im 1/10 des V-Bereich leuchten.

4.5 Widerstandmessung

- Schalter auf «R*V» stellen
- Mehrere Potentiometer im Bereich bis 100K Ω anlegen
- Testen ob man in den verschiedenen Bereichen die 100%-LED zum Leuchten bringt
- Widerstandwert dann leicht verändern und sehen ob 100%-LED erlöscht.

4.6 Strommessung

- Schalter auf «I*V» stellen
- V1 wählen

- V ganz nach rechts
- Stromquelle 0-20mA an I*V und GND anschließen und auf 0mA
- Strom vorsichtig auf 1mA erhöhen
- 100%-LED sollte unter 1mA leuchten.
- V ganz nach links drehen.
- Weitere Ströme bis 2A (< 2 Minuten) anlegen
- Testen ob man in den verschiedenen Bereichen die 100%-LED zum Leuchten bringt
- Stromwert dann leicht verändern und sehen ob 100%-LED erlöscht.

5 Abgleich

Alle Schritte müssen bei jedem Kanal erledigt werden.

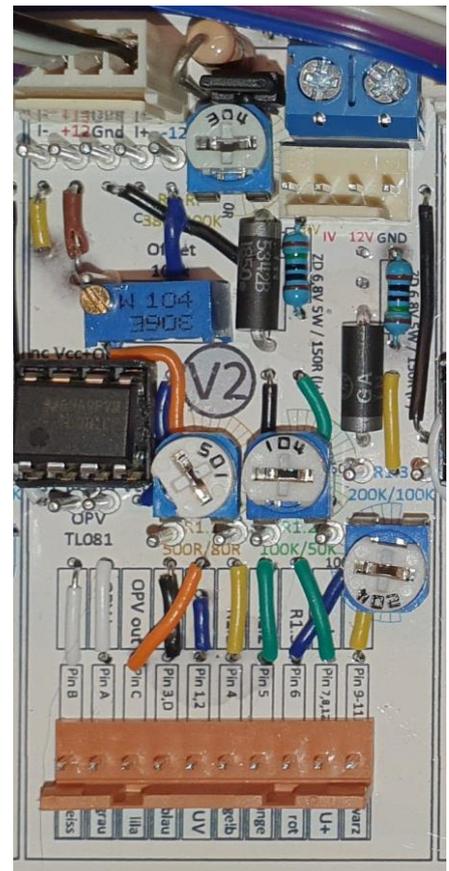
5.1 Trimmer

- Die 3 Stecker des Kanals lösen
- 5.1.1 Trimmer 1.1 (R1 von V1)
 - Ohm-meter an die Klemmen anschließen
 - Wert auf 80 Ω einstellen
- 5.1.2 Trimmer 1.2 (R1 von V2)
 - Ohm-meter an die Klemmen anschließen
 - Wert auf 50K Ω einstellen
- 5.1.3 Trimmer 1.3 (R1 von V3)
 - Ohm-meter an die Klemmen anschließen
 - Wert auf 100K Ω einstellen
- 5.1.4 Trimmer Rr' (Widerstandsmessung)
 - Trimmer in Mittelstellung bringen (Also etwa 150K Ω)

Die 3 Stecker wieder anbringen

5.2 Nullabgleich OPV

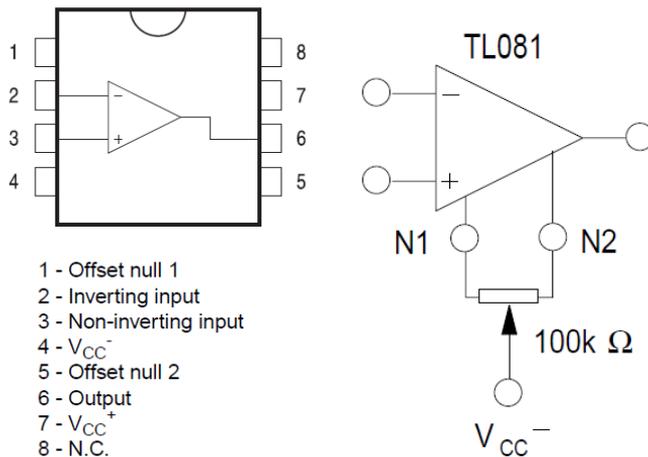
- Klemmen U*V und GND kurzschließen
- V2 wählen
- V auf Mittelstellung
- Voltmeter an Klemmen I+ und I- anschließen
- Mit Trimmer «Offset» Spannung auf 0mV bringen



6 Bau des Adapters

6.1 Bauteile

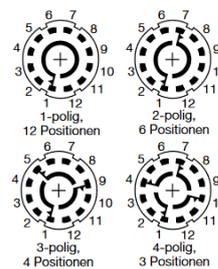
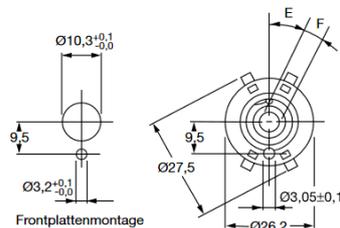
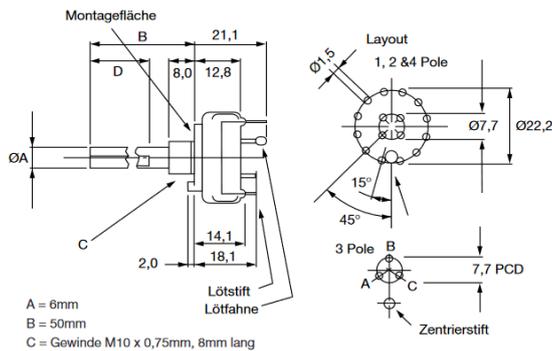
6.1.1 OPV TL081



6.1.2 4 poliger Umschalter

„LORLIN Drehschalter Serie CK - Model CR1032“ (auch CK1032) (Reichelt.de)

- 4-polig, 3 Positionen,
- unterbrechend,
- mit Lötflähen



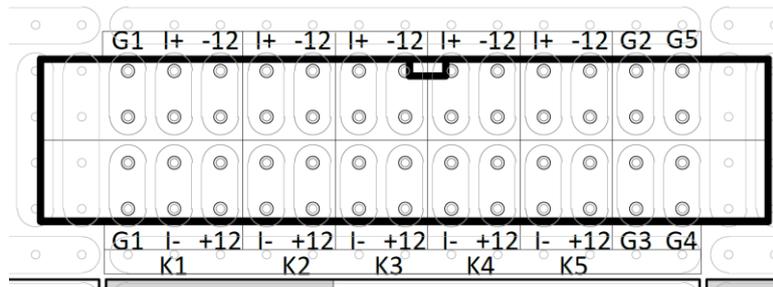
6.1.3 26-Pin-Stecker

„IDC KIT 26 polig/pin + 30 cm Flachbandkabel Ribbon Cable
 Buchse Stecker Header #A566“ (Amazon.de)

- 2 x IDC Stecker 26(2x13) pin
- 2 x Buchse / connector PCB 26(2x13) pin Header -
 GERADE / STRAIGHT
- 30 cm x Flachbandkabel / Ribbon cable (26 Draht / way)
- THT 2.54mm / 0.1 inch



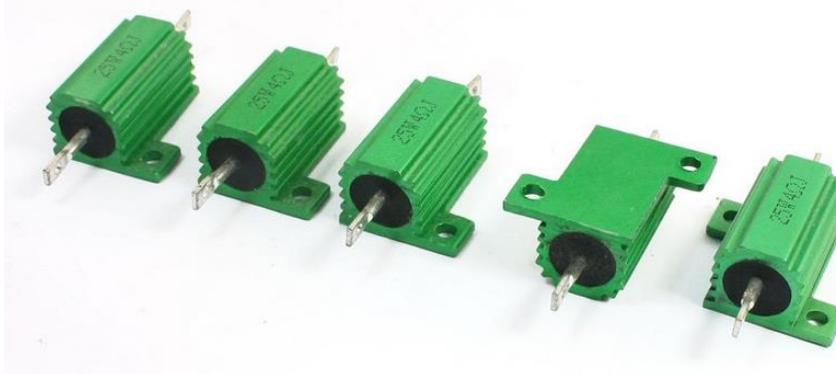
6.1.3.1 Pinnbelegung



6.1.4 Hochlastwiderstand

„Aexit 5 Pcs grün 25W 4 Ohm 5% axialer Kühlkörper Chassis montiert Aluminium gehäusten plattierten Widerstand,, (Amazon.de)

- Artikelnummer f190413ae103592
- Markenname Aexit
- Produktname: Aluminiumwiderstand; Widerstandswert: 4Ohm; Nennleistung: 25W
- Widerstandstoleranz: $\pm 5\%$ (J); Achslochdurchmesser: 2 mm / 0,08'; Achsloch zu Lochmittenabstand: 45 mm / 1,8'
- Gesamtgröße: 51 x 27 x 16 mm / 2 x 1,1 x 0,63 (L * B * T); Durchmesser der Befestigungsbohrung: 3,5 mm / 0,14
- Außenmaterial: Aluminium; Farbe: Grün (b45d2d28-c652-11e9-a051-4cedfbbdda4e)
- TotalWeight: 68g; Packungsinhalt: 5 x Aluminiumwiderstand (Poids totalmaximum: ; 68g Contenu l'emballage: 5 x résistance en aluminium)



6.1.5 Gehäuse

„TEKO 363 Gehäuse Serie Pult, 216 x 130 x 76 mm“ (Reichelt.de)

Allgemeines:

Typ Gehäuse Serie Pult

Ausführung 15° geneigt, ohne GummifüÙe

Material ABS

Farbe dunkelgrau

MaÙe

Länge 216,0 mm

Breite 130,0 mm

Höhe 76,0 mm

Herstellerangaben

Hersteller TEKO

Artikelnummer des Herstellers 363.8

Verpackungsgewicht 0.2787 kg

RoHS konform

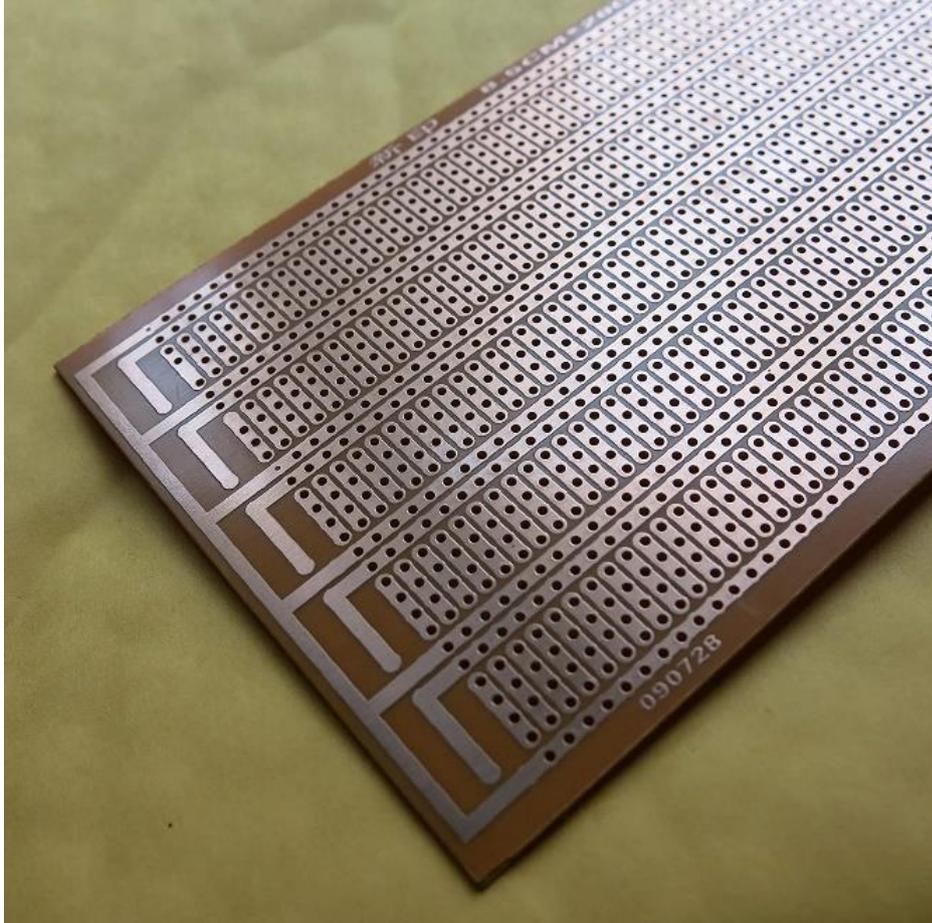
EAN / GTIN 8018340297211



6.1.6 Platine

“Veroboard Stripboard Prototype Paper PCB Platine Leiterplatte Universal Experiment Matrix Circuit Board Bakelite 85X200mm 8.5x20cm 4er Streifenraster“ (Amazon.de)

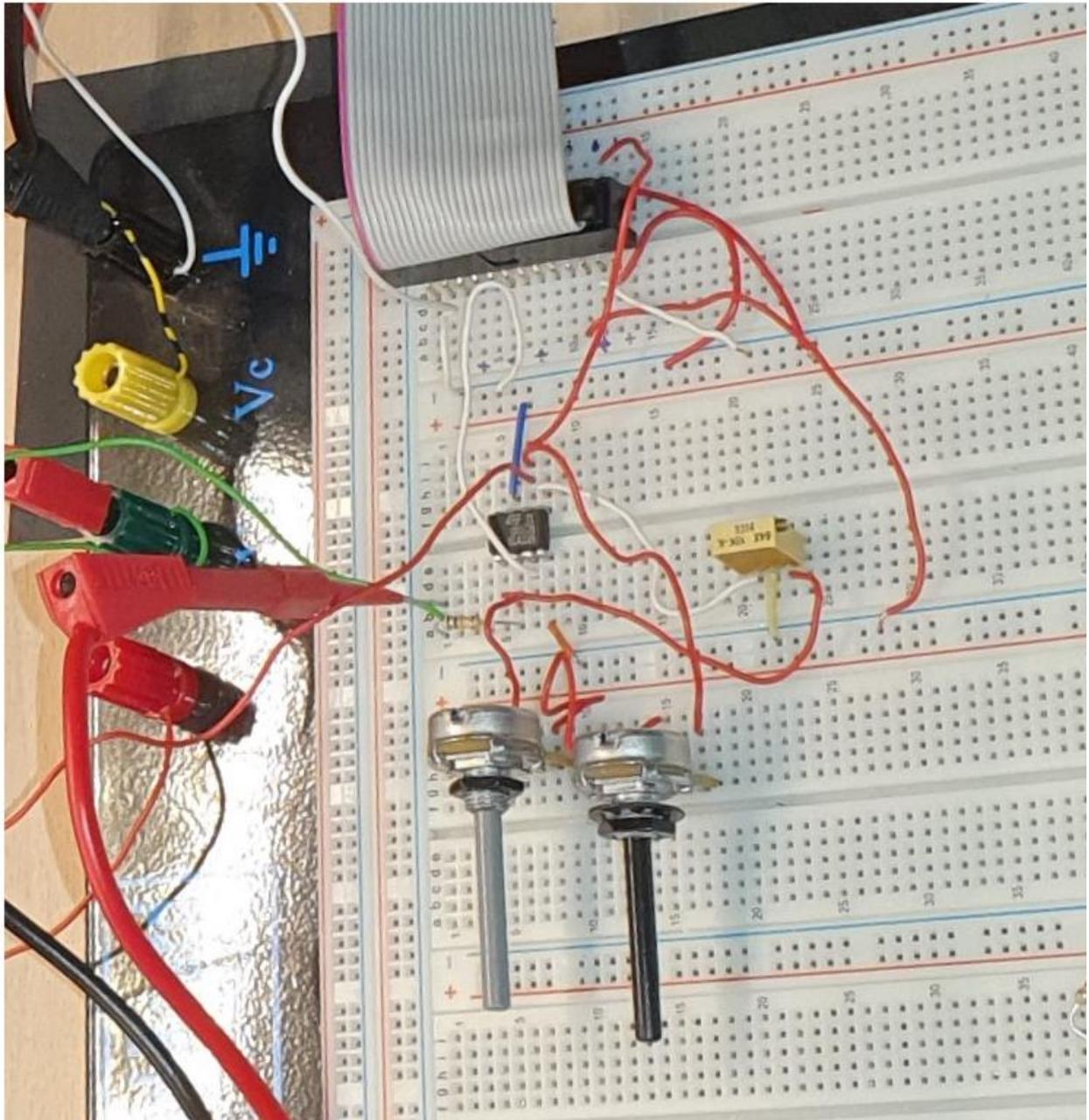
Anzahl der Artikel	5
Artikelnummer	PCB00014
Größe	8.5x20cm
Markenname	jingtongda
Material	Bakelite



6.2 Prototypen

6.2.1 Prototyp 1

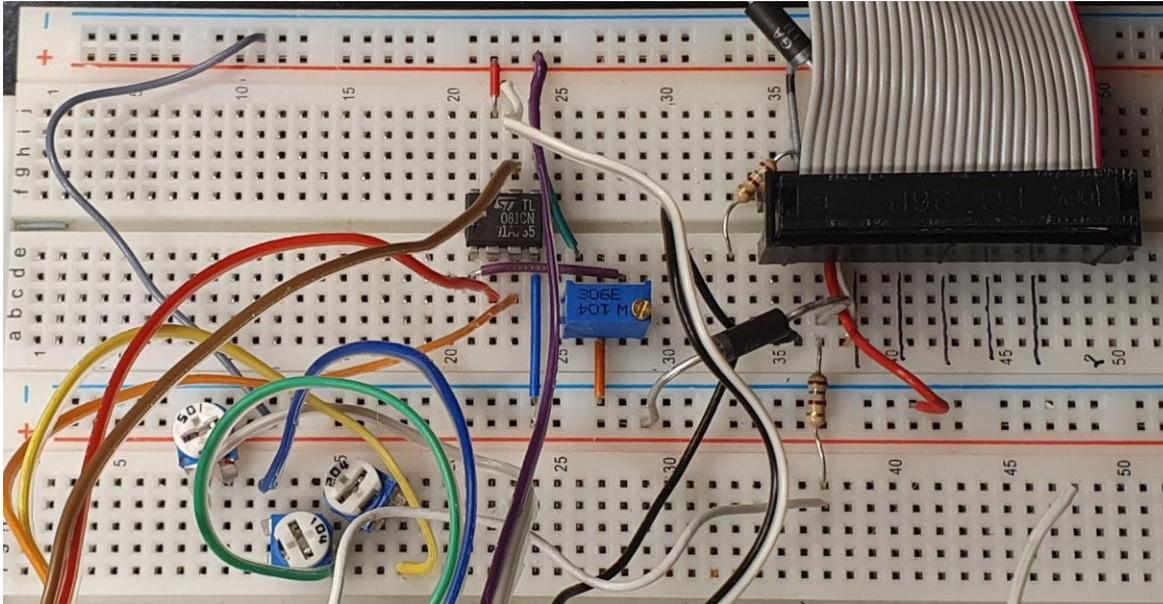
Anfangs wollte ich R1 und R2 beide mit Potentiometer bestücken damit man die Verstärkung so in allen Bereichen hätte anpassen können. Es hat sich allerdings als zu kompliziert erwiesen und außerdem hätte man leicht den Eingangswiderstand aus den Augen verloren.



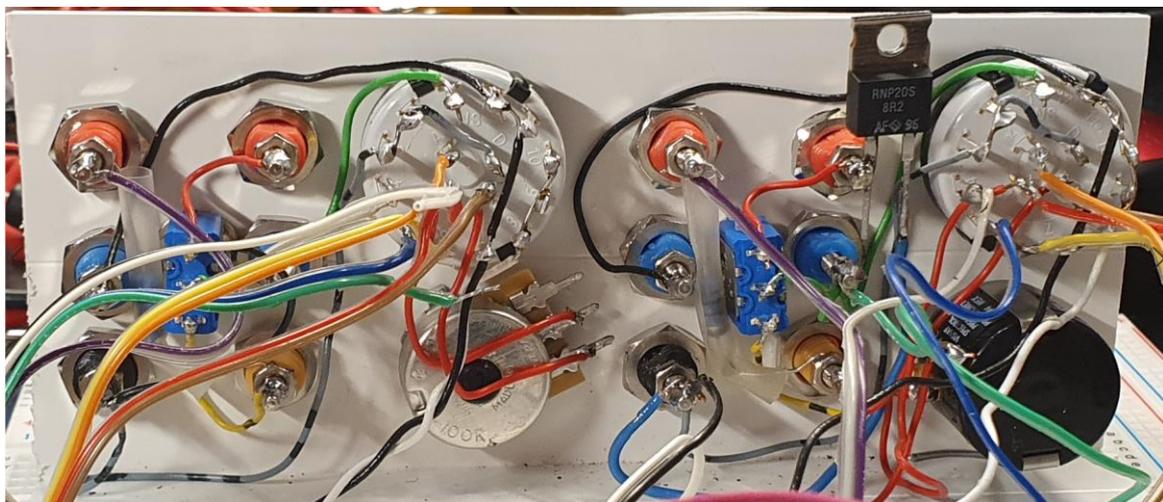
6.2.2 Prototyp 2

An der Schaltung hat sich ab hier nicht mehr viel verändert.

Erster erfolgreicher Test des 4-poligen Schalters und der 10-Gang- und logarithmischen Potentiometer.



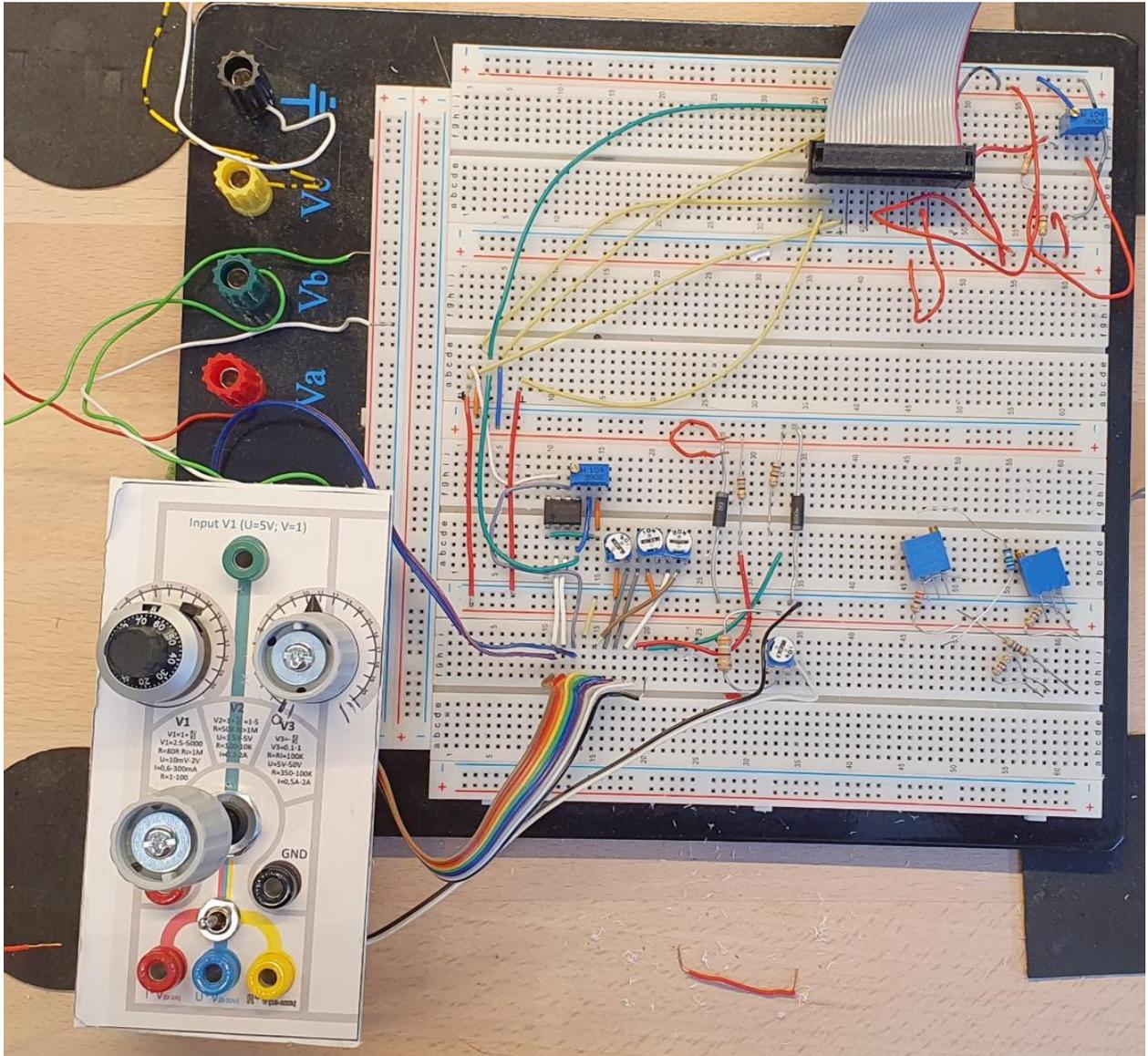
Schlechte Wahl waren die großen 4mm-Klemmen mit Kabelklemmen. Sie standen zu nah aneinander und man kam nicht mehr an den Schalter. Isolierte Klemmen kamen auch nicht in Frage weil sie zu groß (und zu teuer) waren.



6.2.3 Prototyp 3

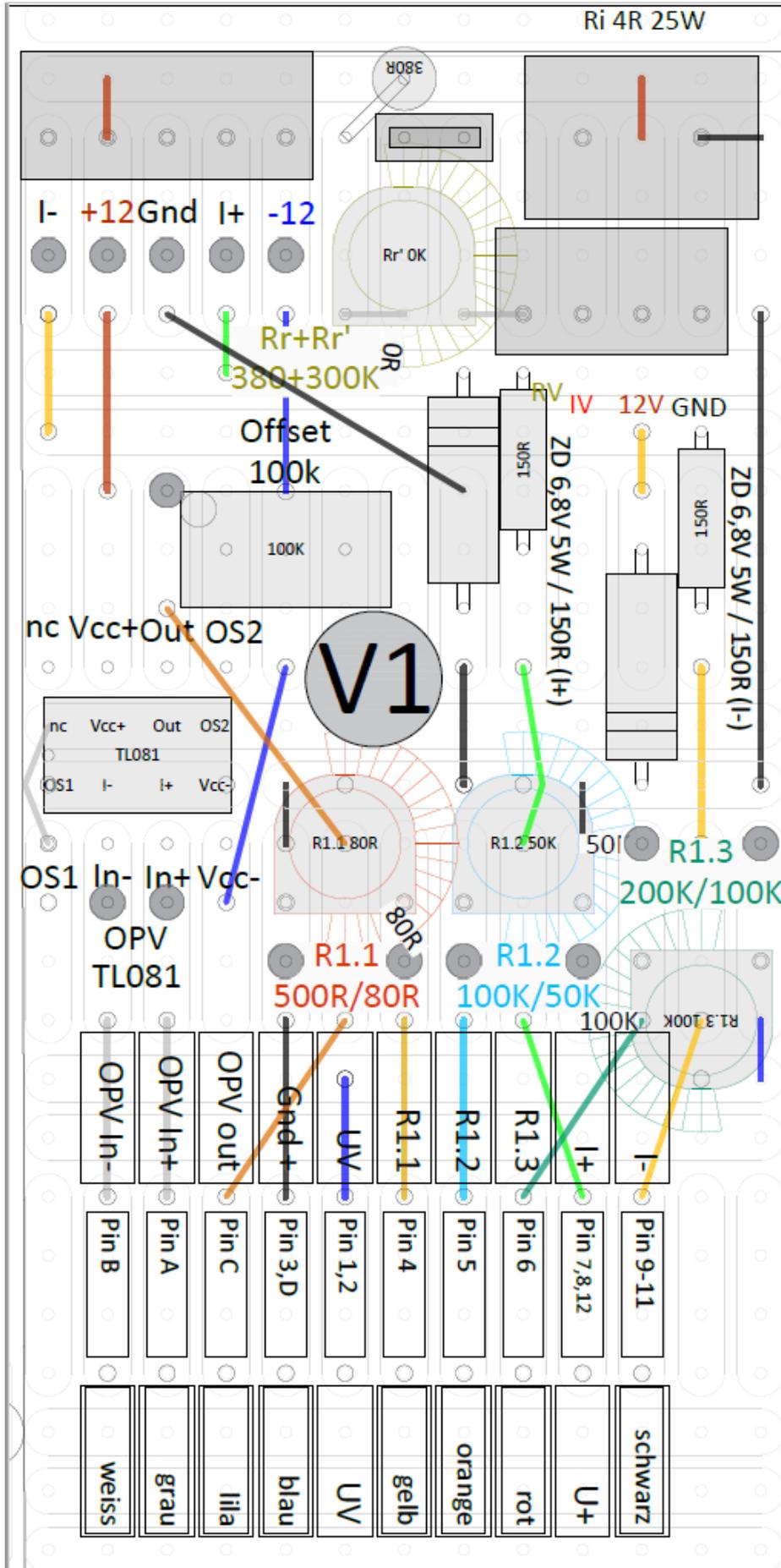
Hier noch ohne Umschalter «Output V (V=X)» / «Input V (V=1)», eine Verbesserung die ich erst im aller Letzen Moment gemacht habe als die Platine schon fertig war.

An diesem Frontplatten-Model habe ich die Skalenbeschriftung der Potentiometer ausgearbeitet.

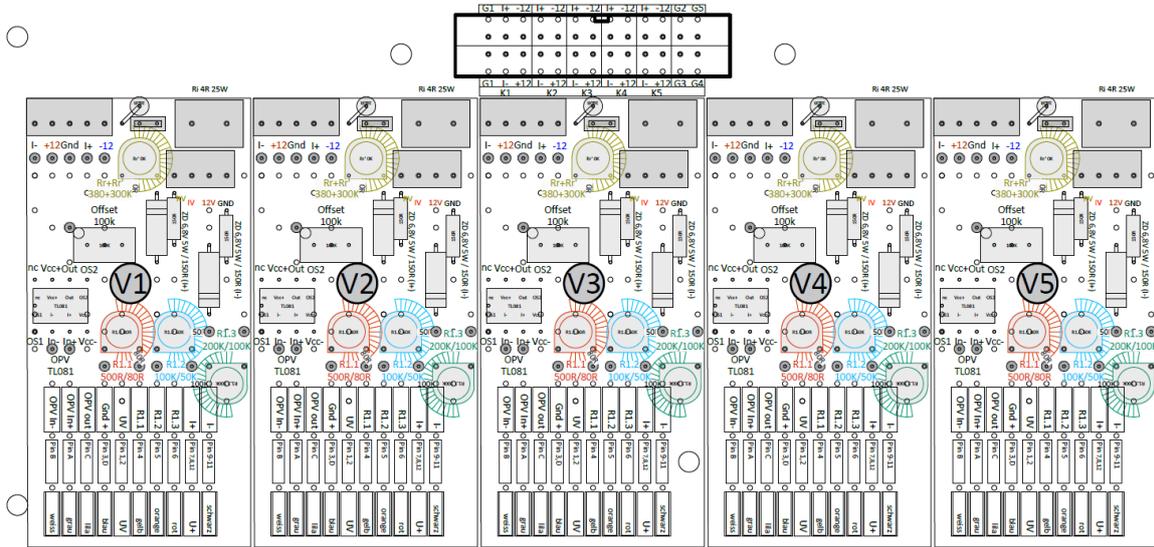


6.3 Platine

6.3.1 Verkabelungsskizze Platine

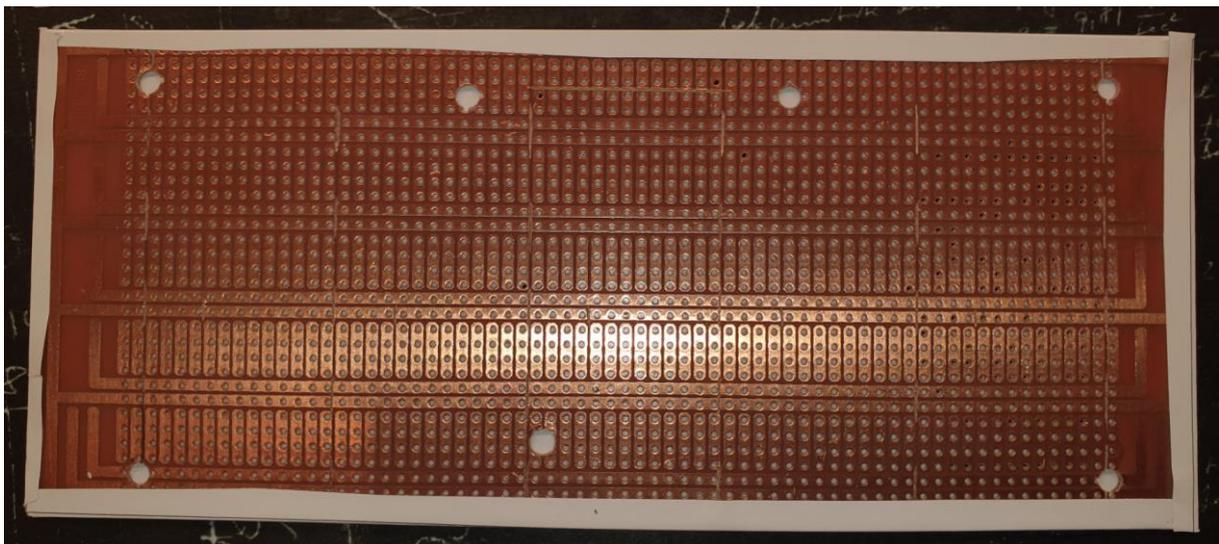
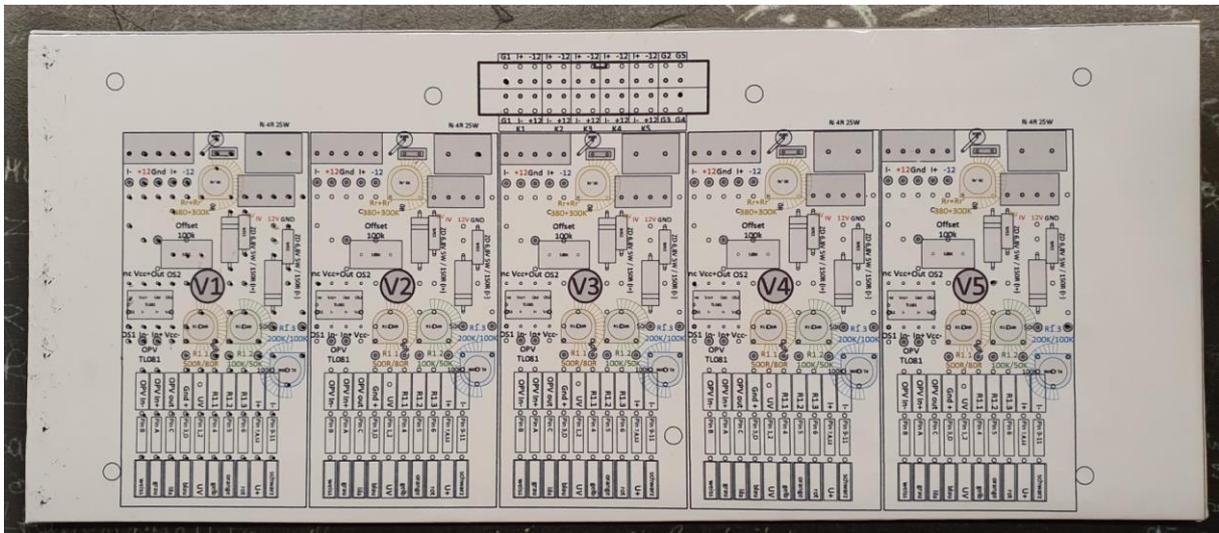


6.3.2 Aufdruck Oberseite

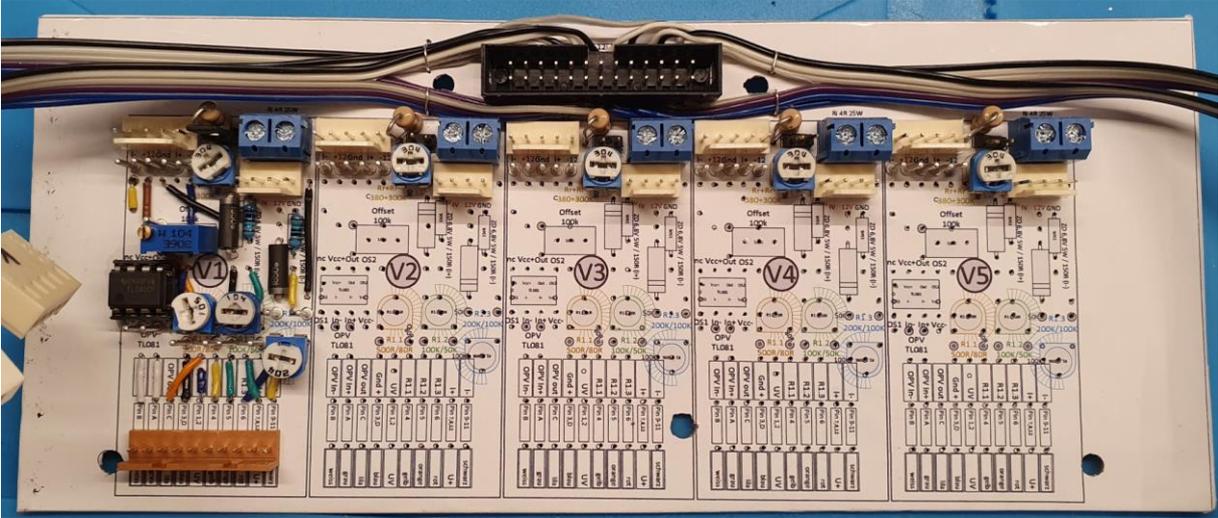


6.3.3 Platine mit Oberseitendruck

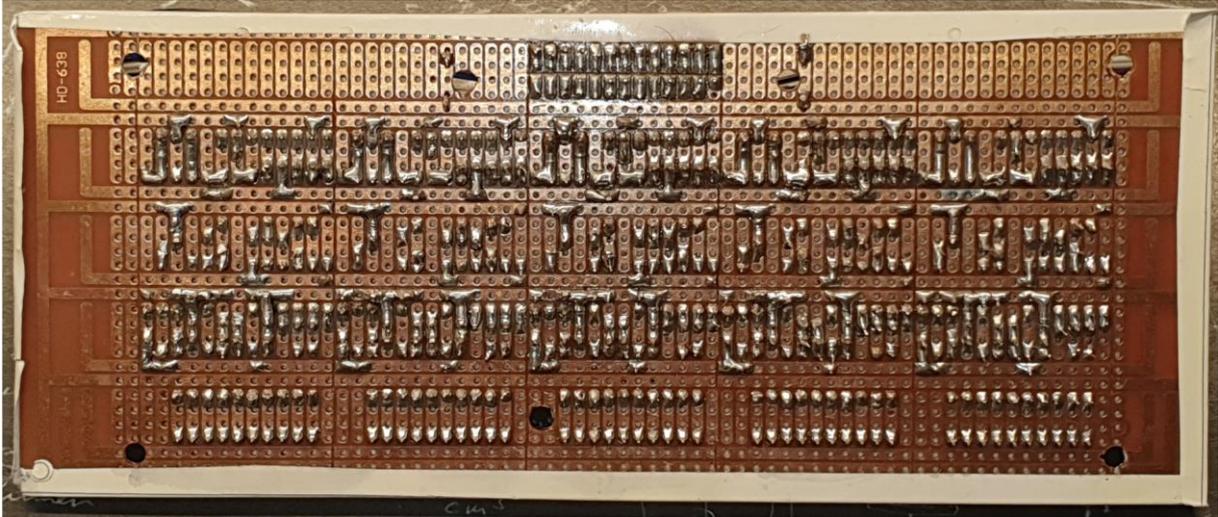
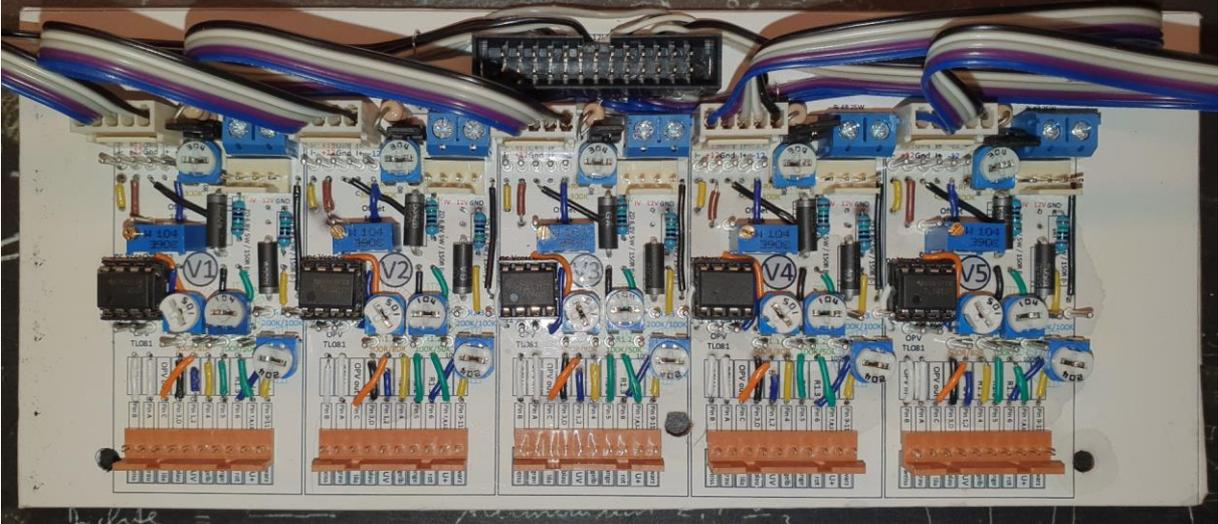
Es handelt sich um selbstklebendes, wasserdichtes A4-Fotopapier das ich mit einem normalen Tintenstrahldrucker bedruckt habe.



6.3.4 Erster Funktionstest mit dem ersten Kanal

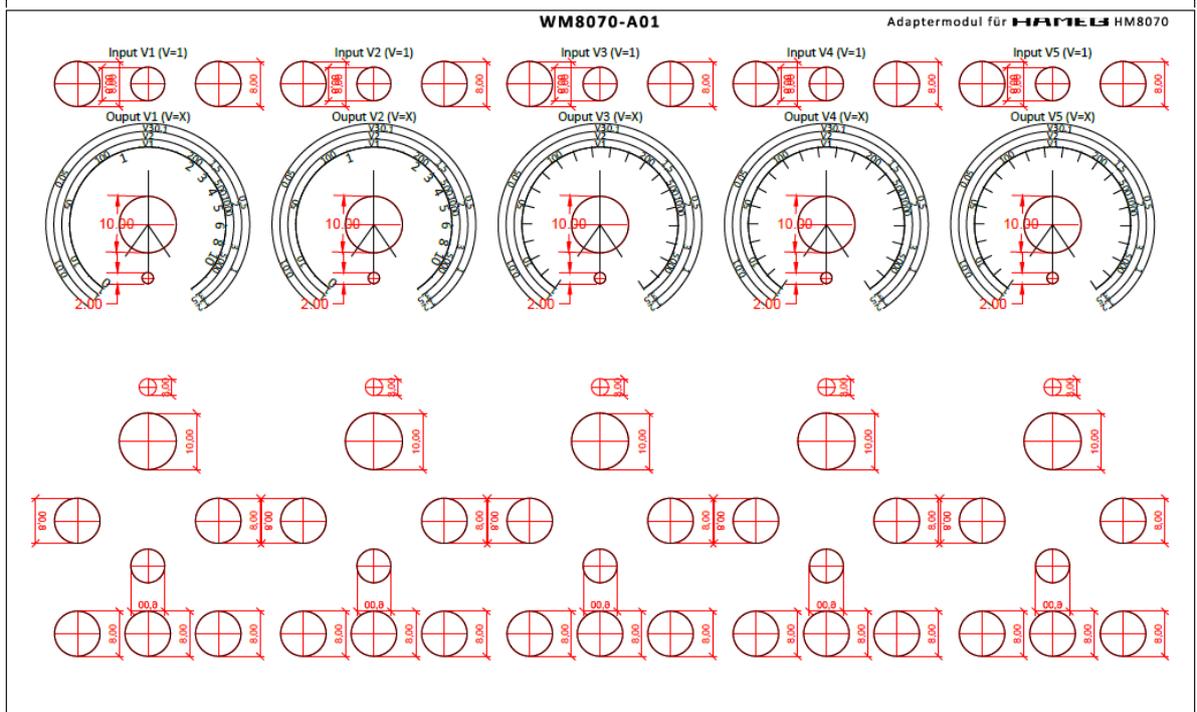


6.3.5 Fertige Platine

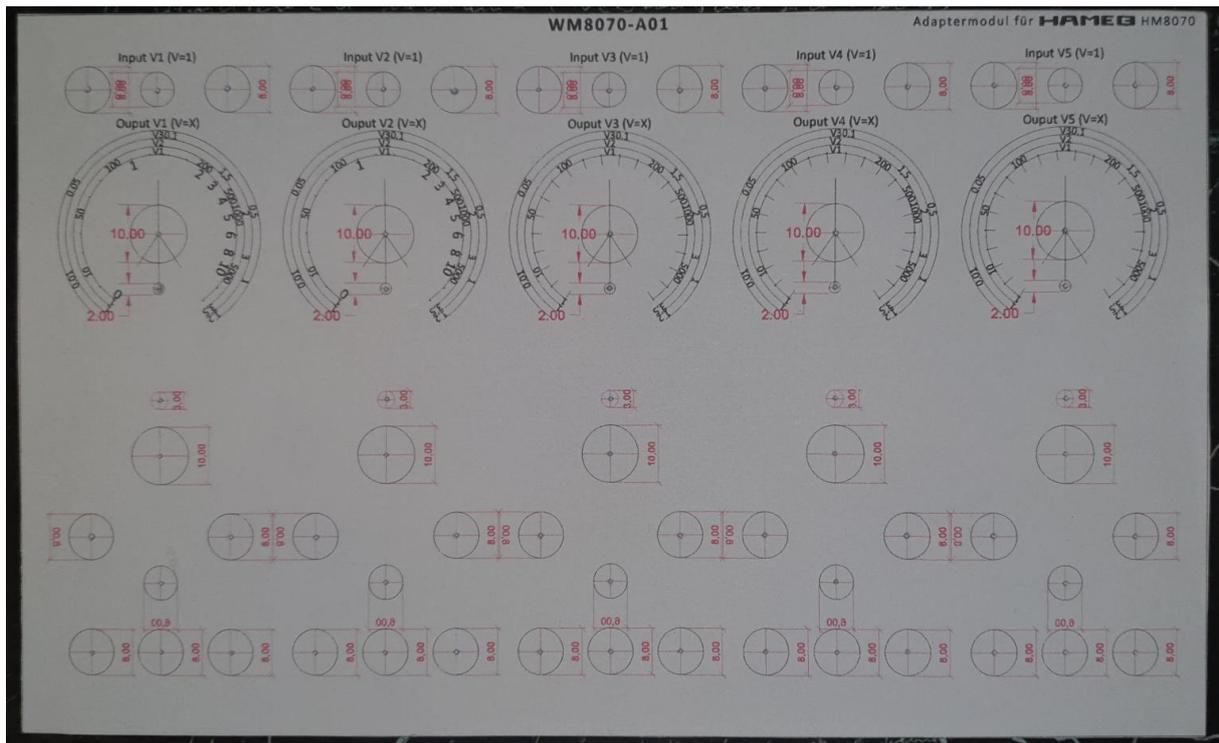


6.4 Frontplatte

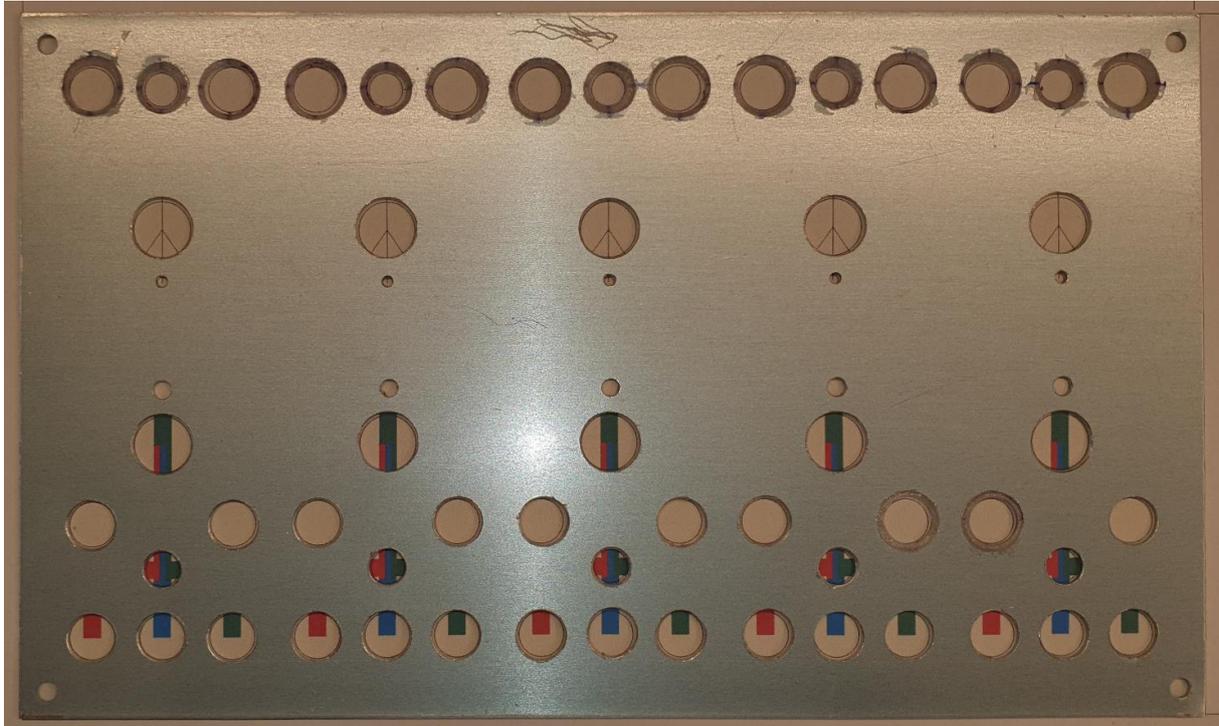
6.4.1 Bohrplan



... auf normales Papier gedruckt und mit «Pritt» auf die Aluplatte geklebt und Löcher «gekörnt». Läst sich leicht mit Wasser wieder entfernen.



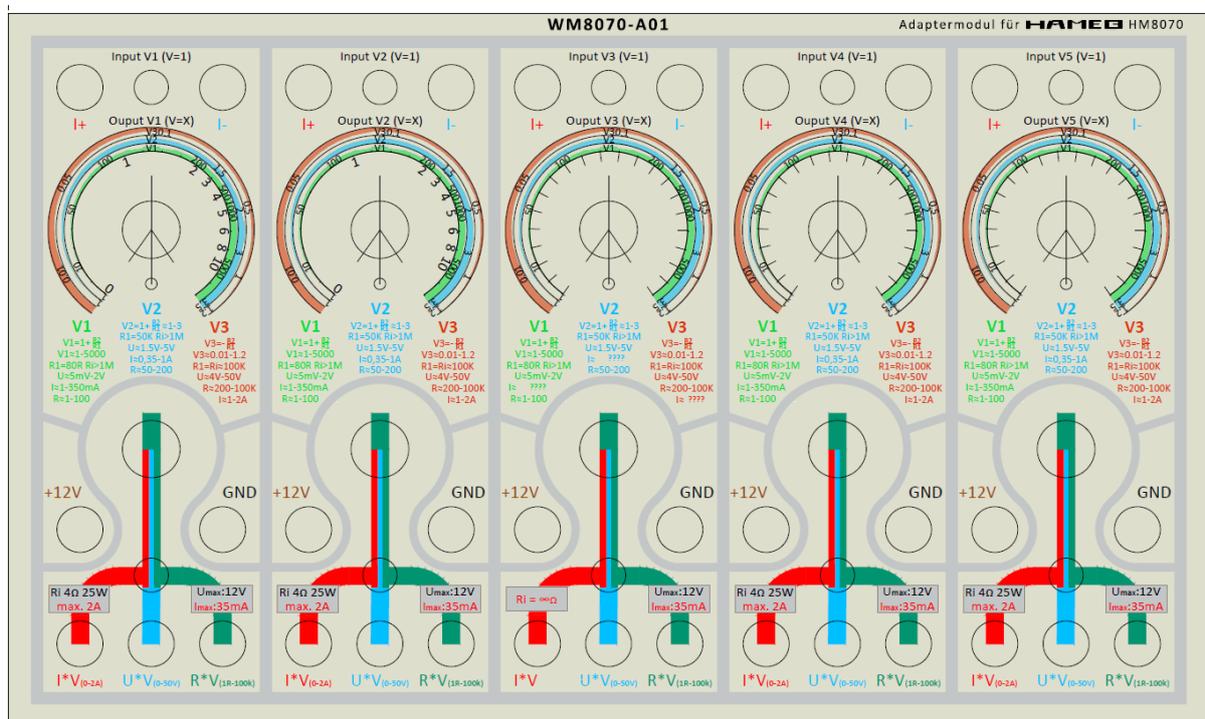
6.4.2 Gebohrte Frontplatte



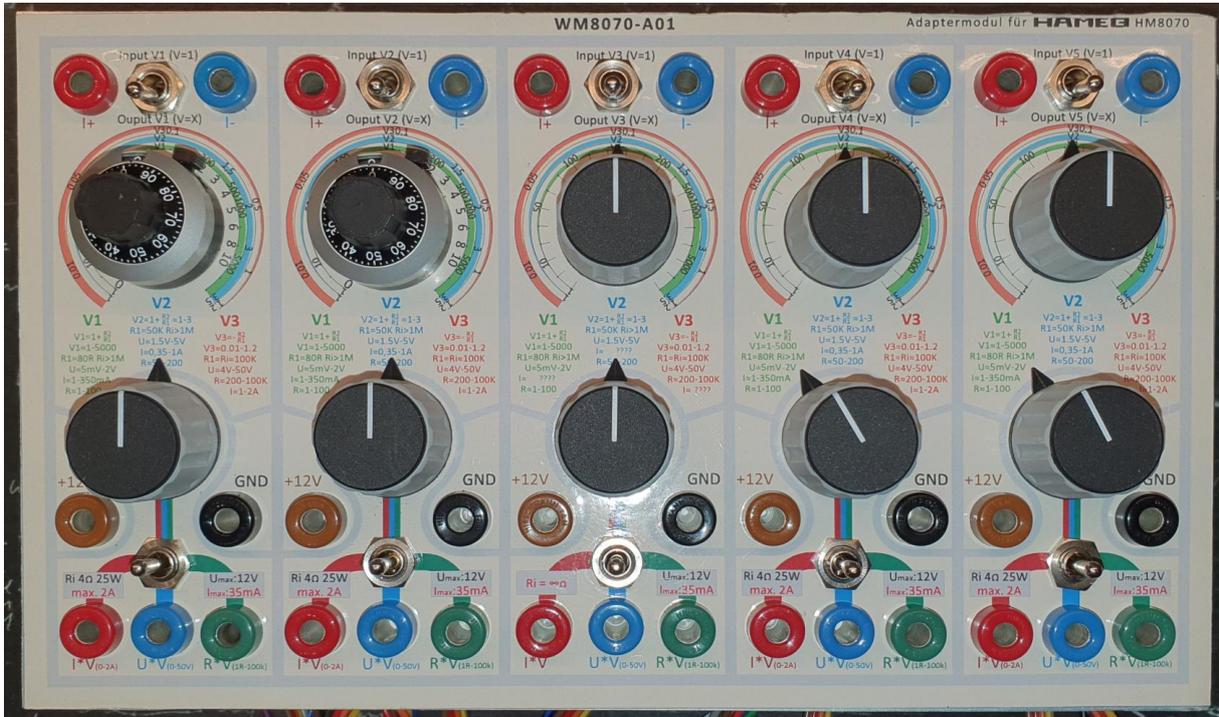
Leider waren mir hier einige Fehler unterlaufen weshalb ich einige Löcher wieder mit „Schweißnaht aus der Flasche“ wieder schließen und neu bohren musste.

6.4.3 Aufdruck Frontplatte

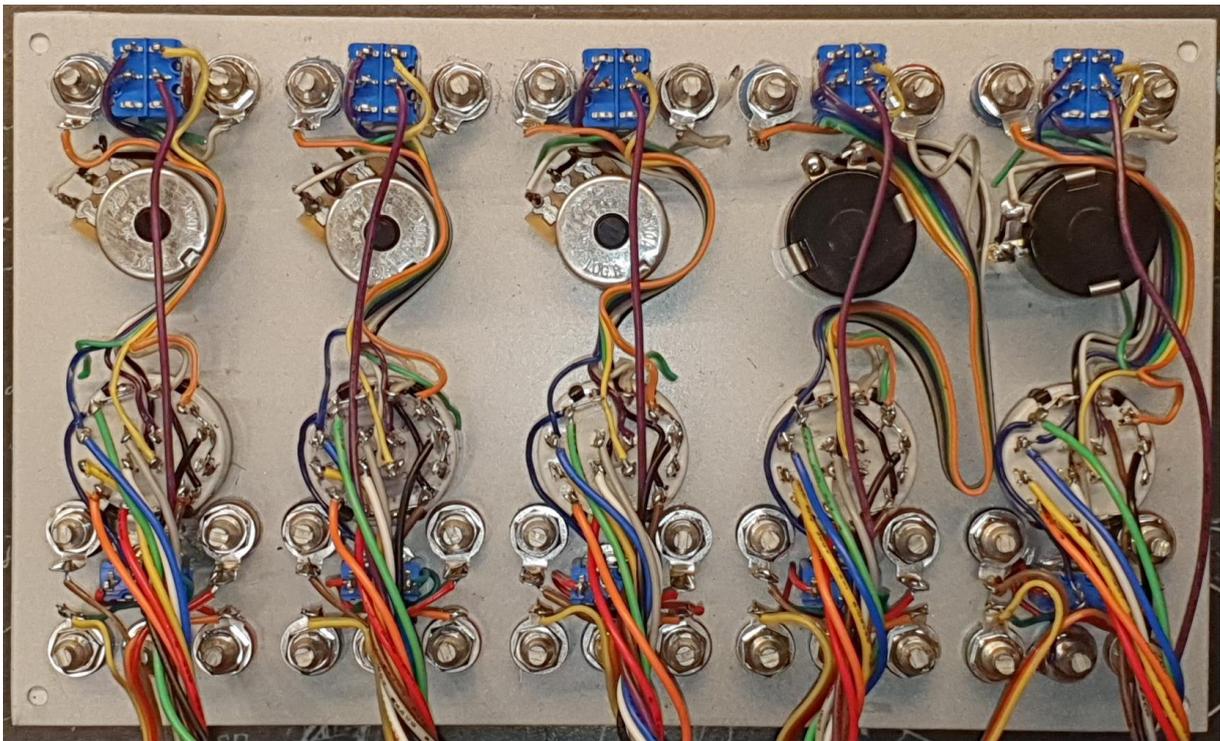
Auch hier handelt es sich um selbstklebendes, wasserdichtes A4-Fotopapier das ich mit einem normalen Tintenstrahldrucker bedruckt habe.



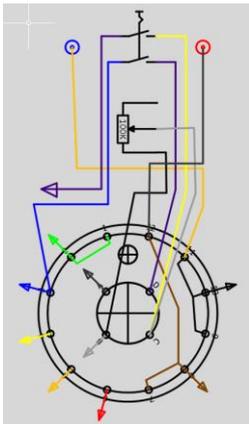
6.4.4 Bestückte Frontplatte



6.4.5 Bestückte und verkabelte Rückseite

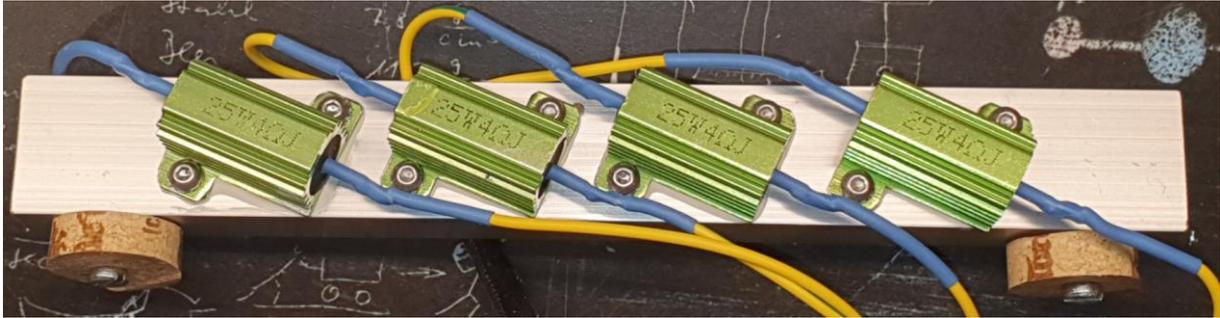


6.4.5.1 Verkabelungsskizze 4-poliger Drehschalter

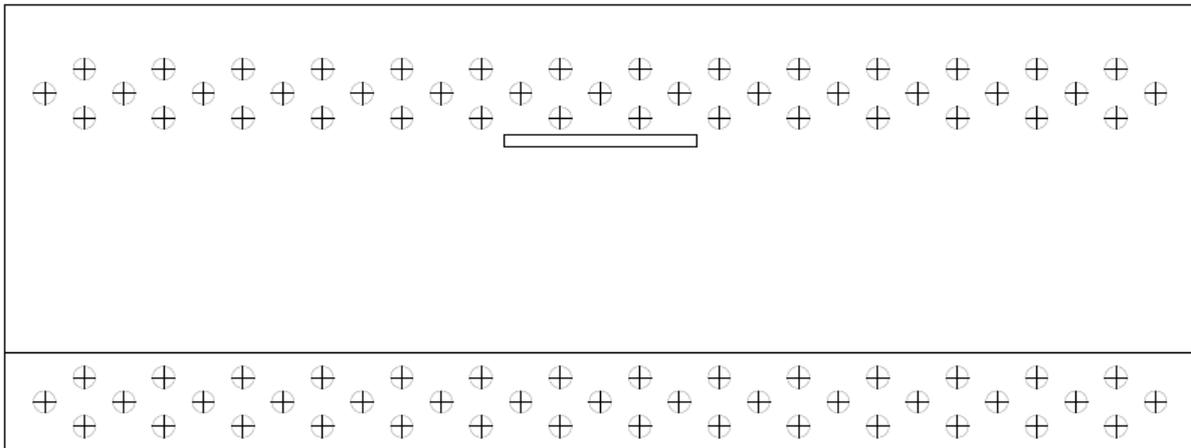


6.5 Strommesswiderstände

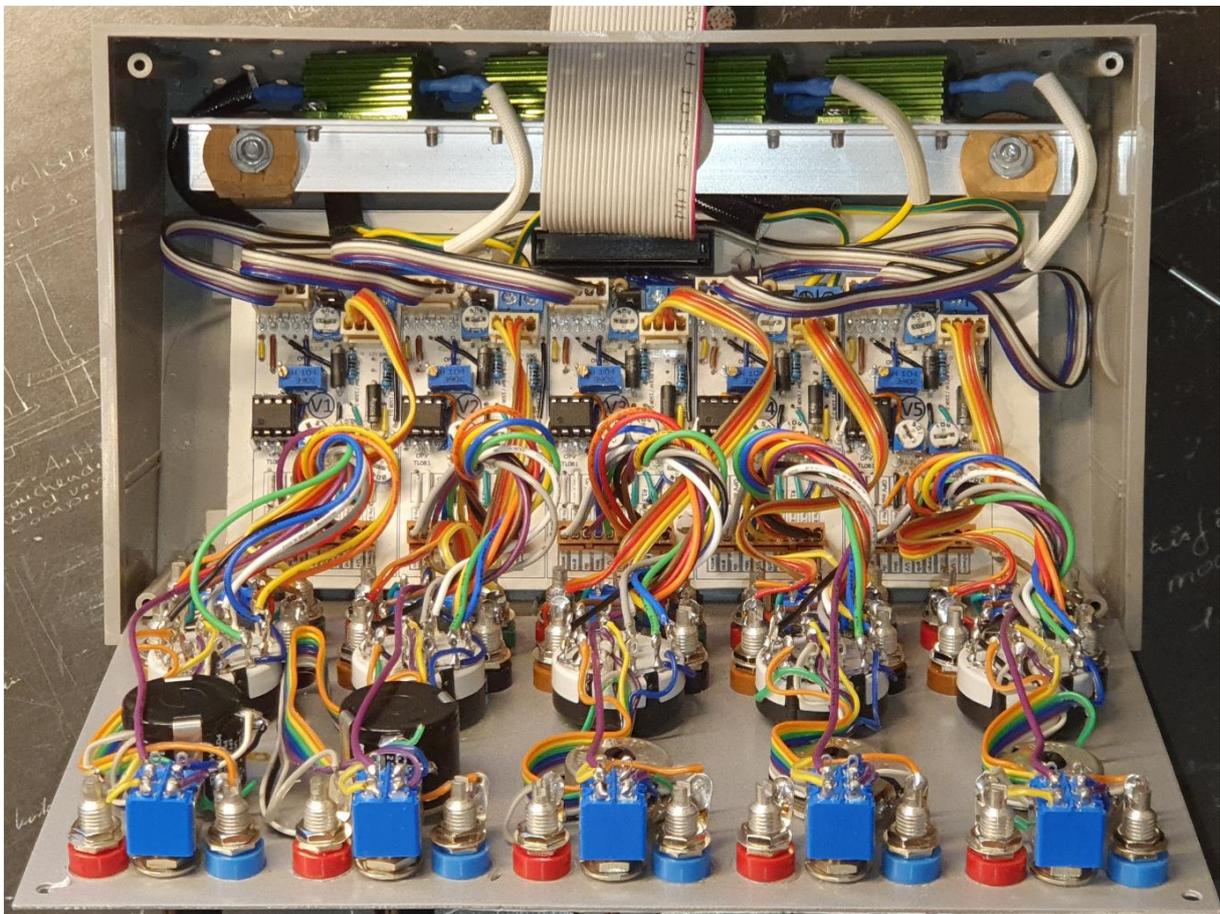
JA, das sind Weinkorken zur thermischen Isolation. Fangen erst ab 300° an zu verkohlen und stinken schon vorher! 😊



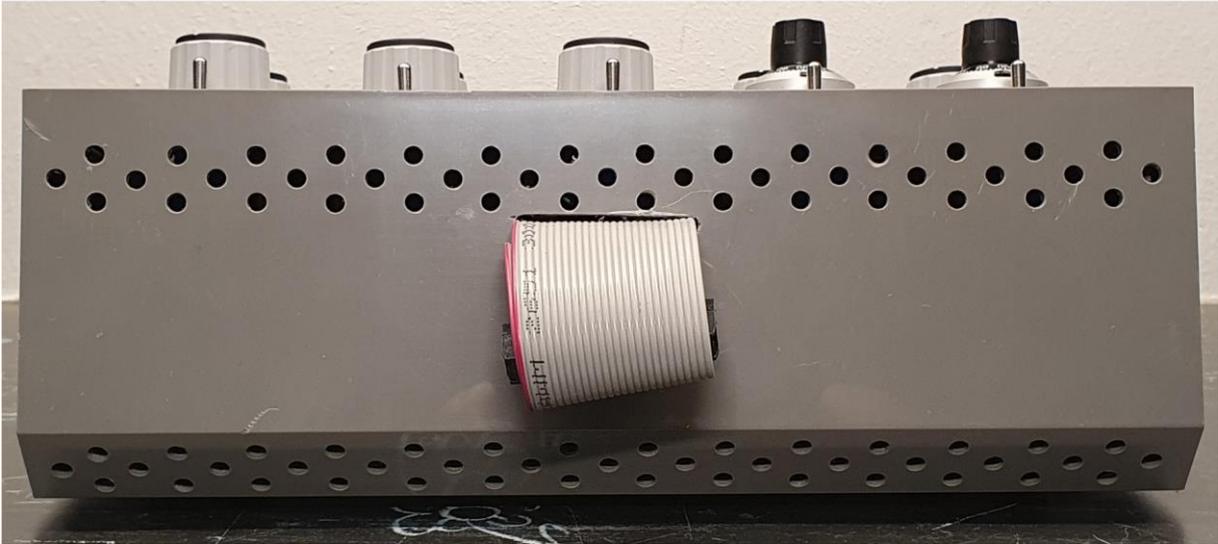
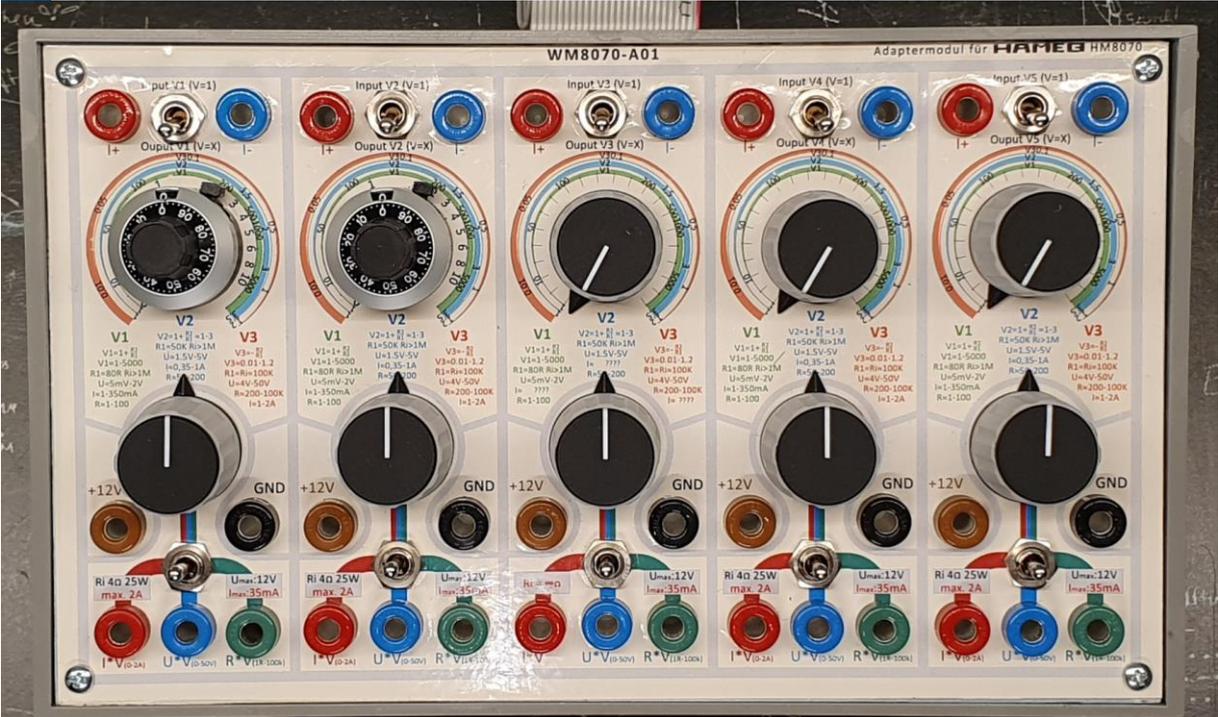
Zur besseren Kühlung habe ich die Widerstände mit Wärmeleitpaste auf ein Aluprofil geschraubt und die Rückwand mit Luftlöchern versehen.

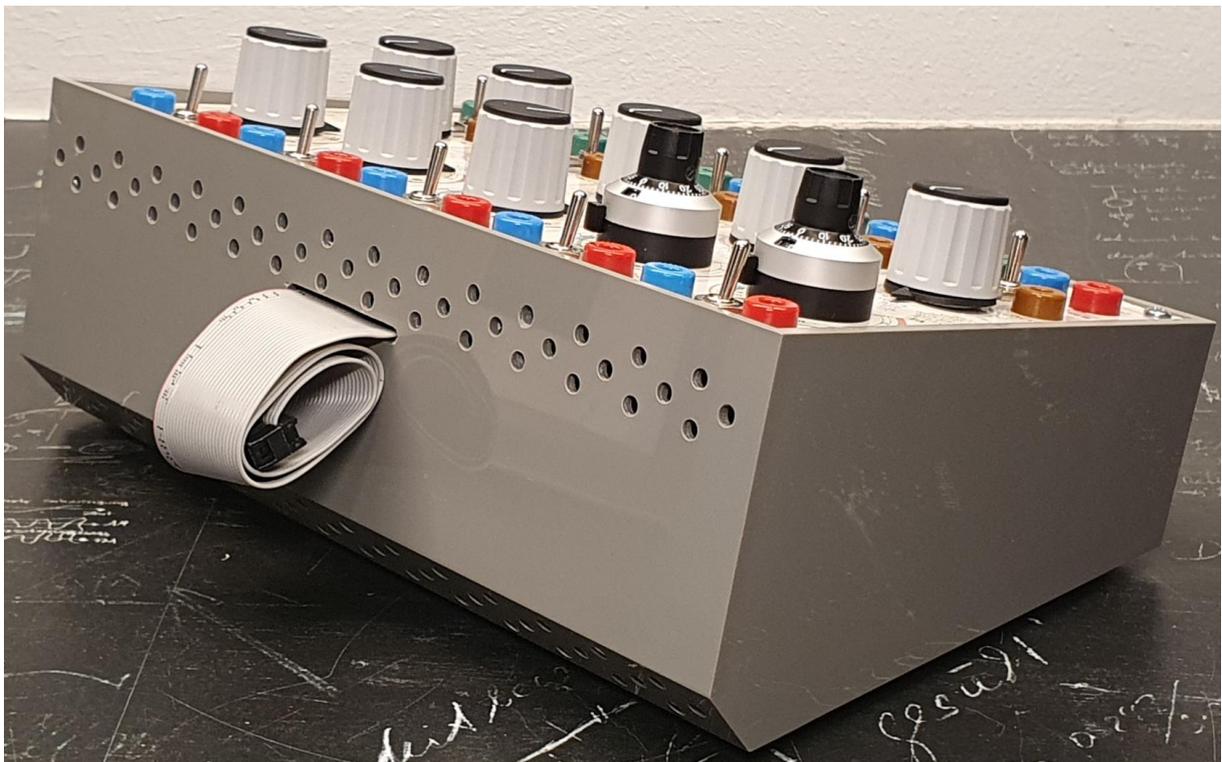


6.6 Einbau ins Gehäuse



6.7 Fertiges Gerät





6.8 Gerät im Betrieb

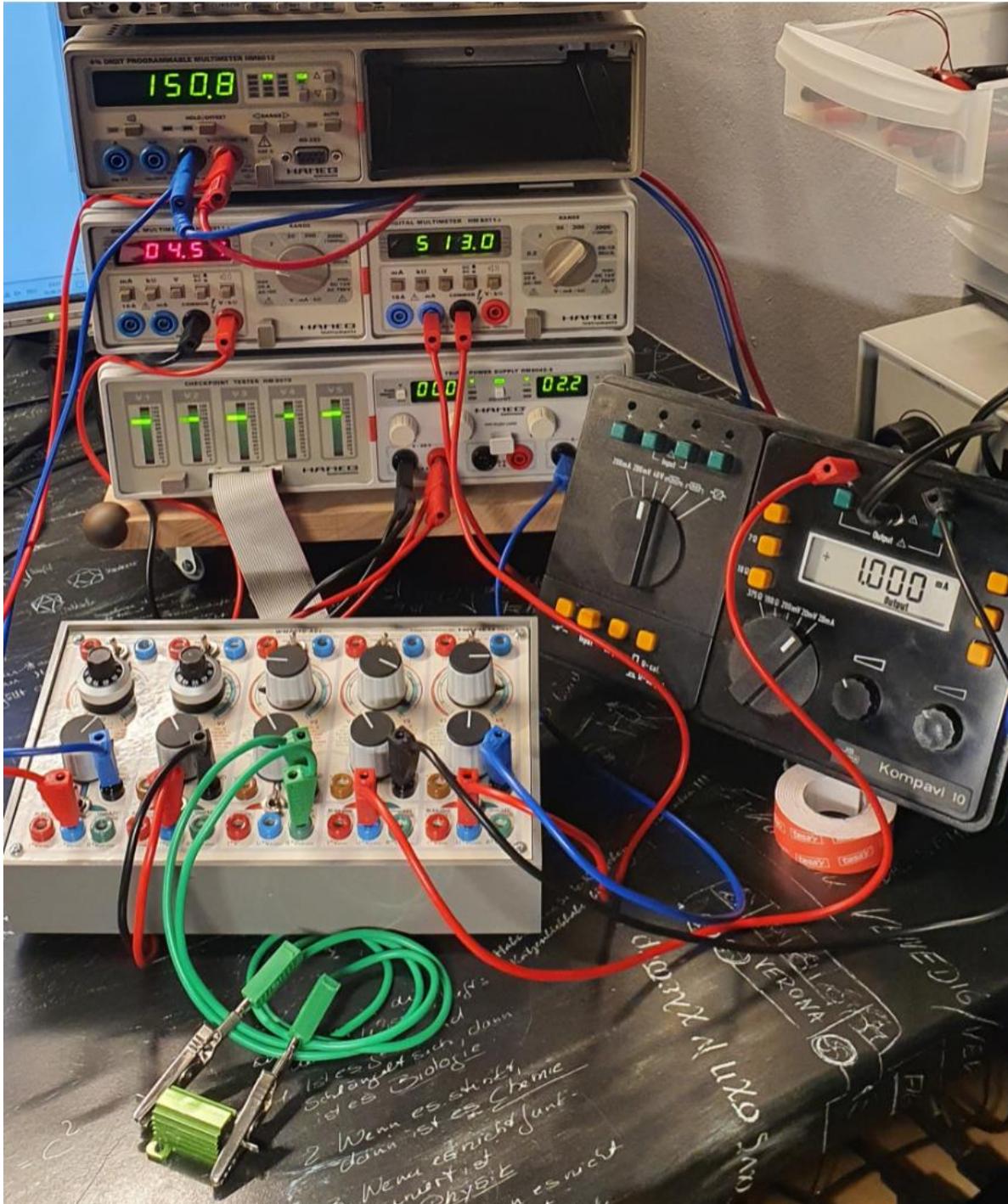
Hier wird die 12V-Speisung der Widerstandsmessung als Testspannung genutzt.

Kanal 3 und 4 lassen sich durch ihre hohe Empfindlichkeit ($V3: 4.993-5.000$; $V4: 4.999-5.000$) nur sehr schwer einstellen.



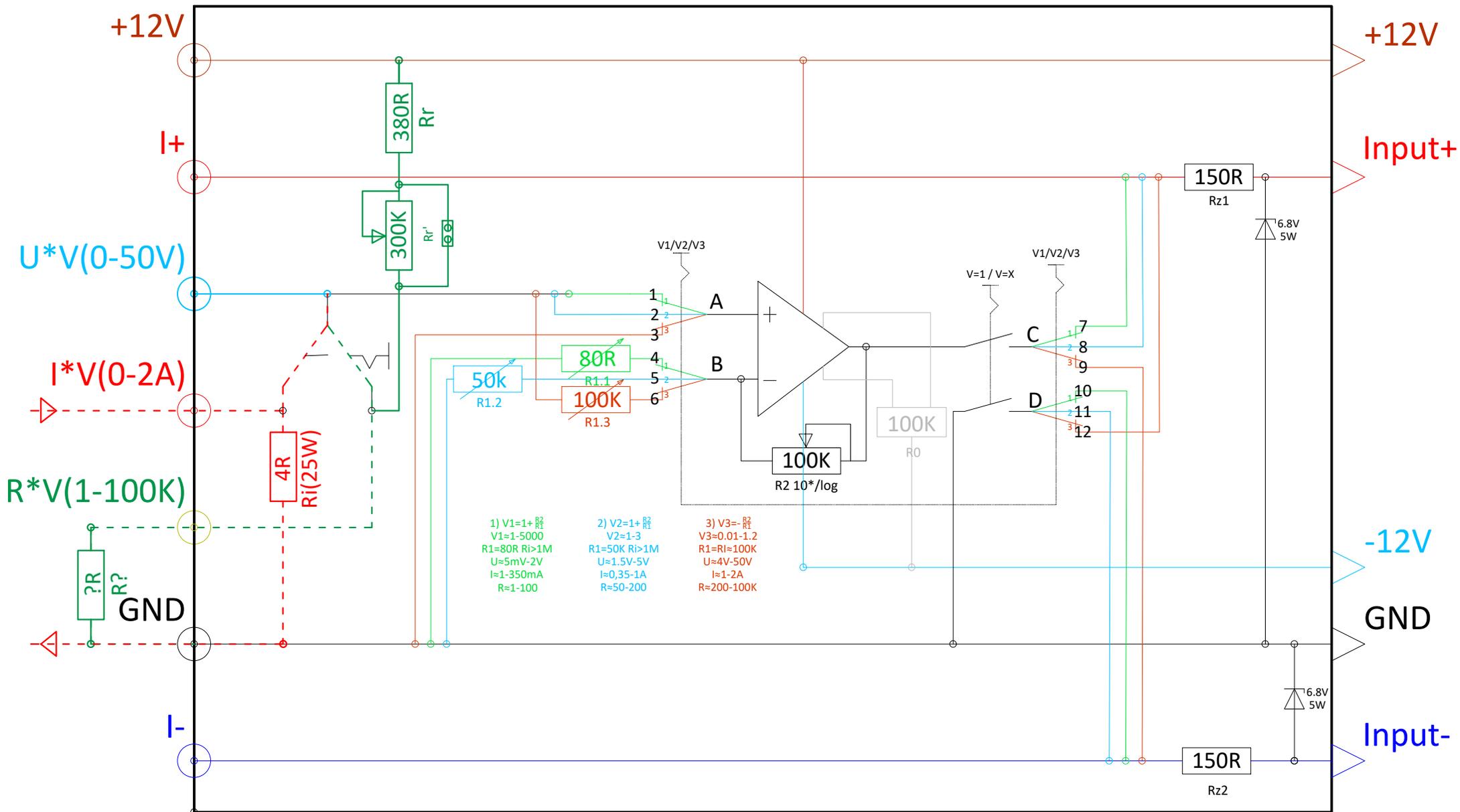
Hier voll im Einsatz:

- Kanal 1: 150V
- Kanal 2: 4.5mV
- Kanal 3: 4Ω
- Kanal 4: 1mA
- Kanal 5: 513mA

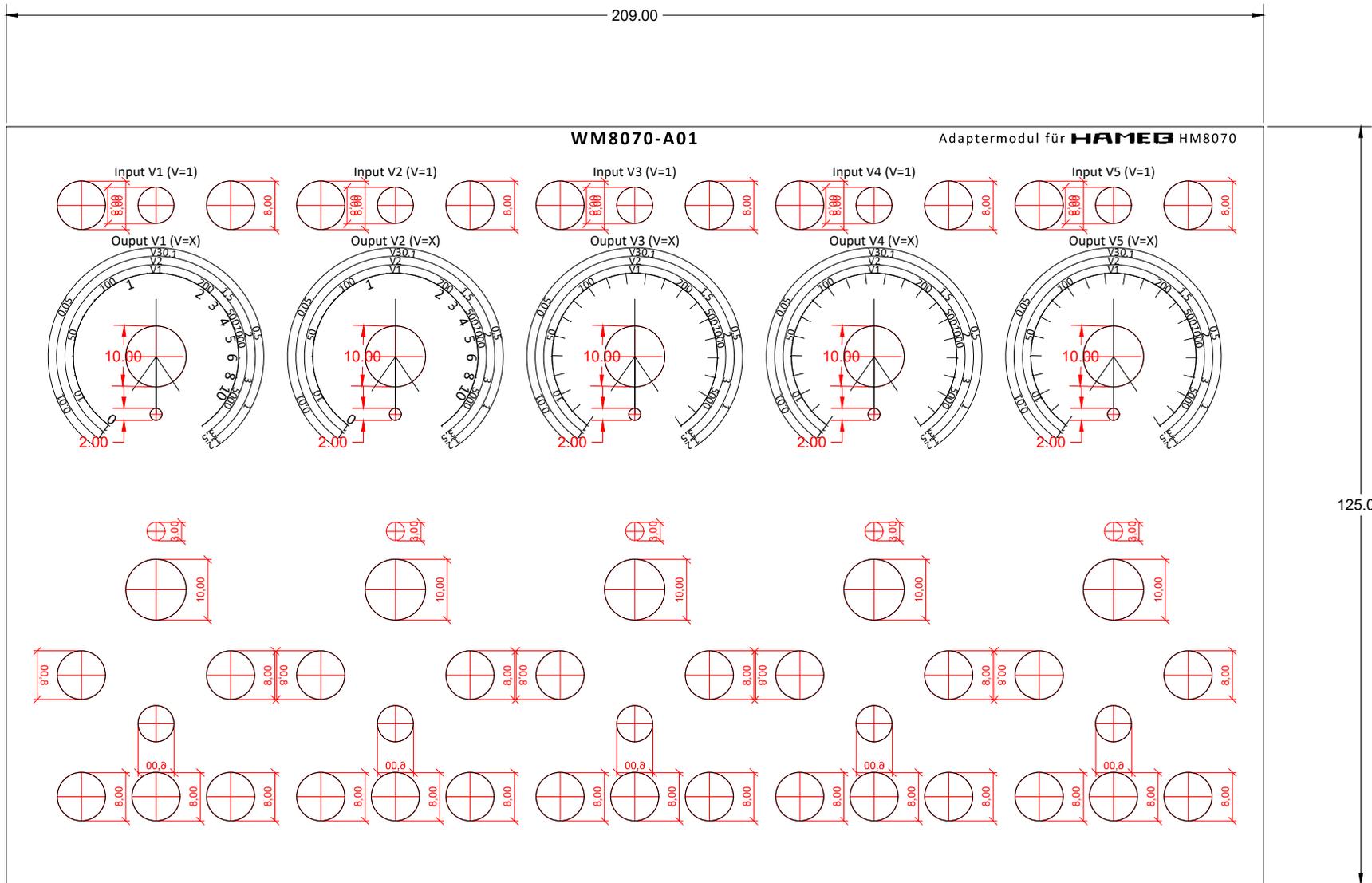


7 Anhänge

- WM8070-A01 - Schaltplan.pdf
- WM8070-A01 - Front - Bohrplan.pdf
- WM8070-A01 - Front - Druck.pdf
- WM8070-A01 - Platine - Druck.pdf
- WM8070-A01 - Platine - Verkabelungsskizze.pdf
- WM8070-A01 - Rückwand - Bohrplan.pdf

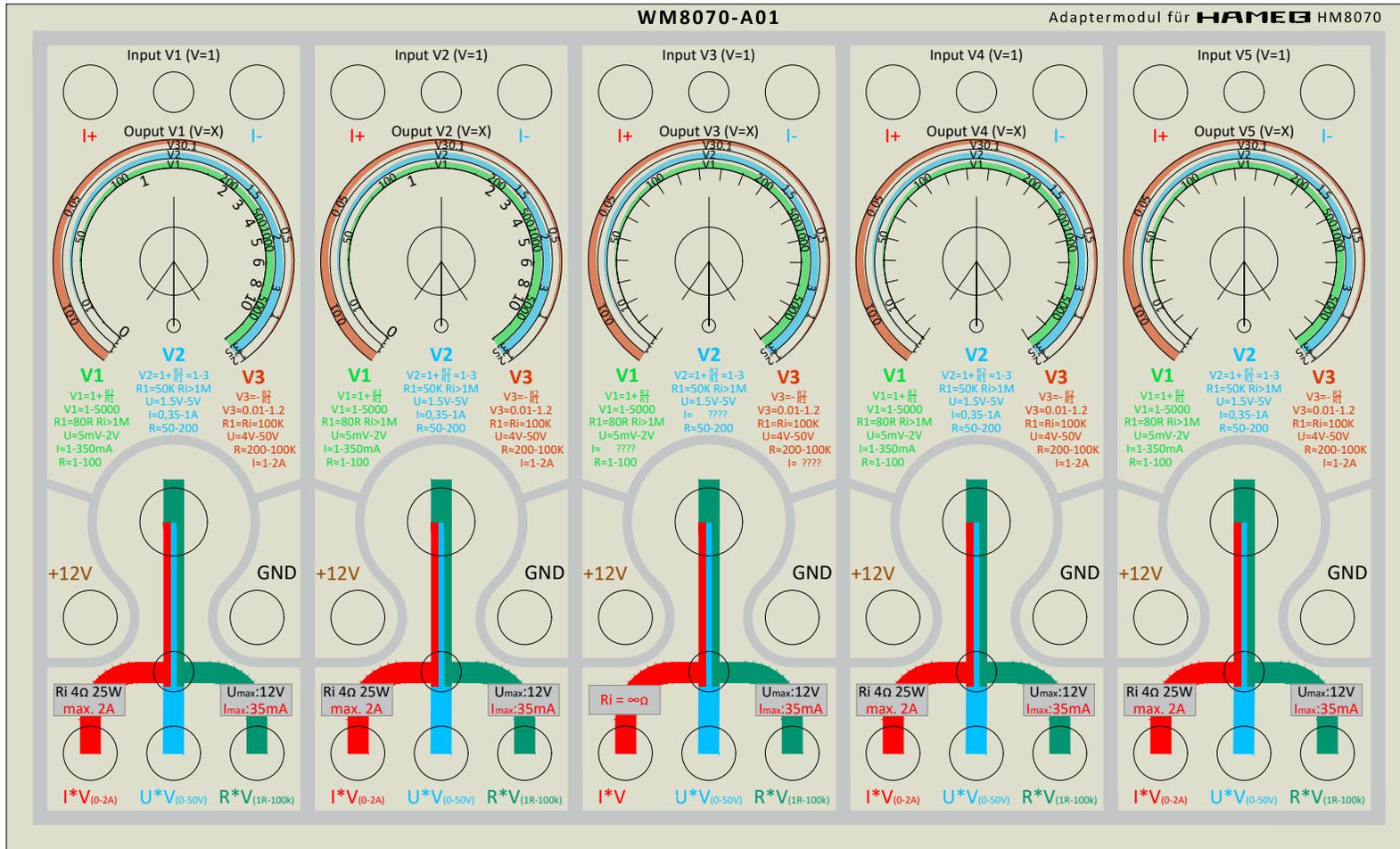


Schaltplan
WM8070-A01 Adaptermodul für **HAMEG** HM8070
 WOMA 2021/06

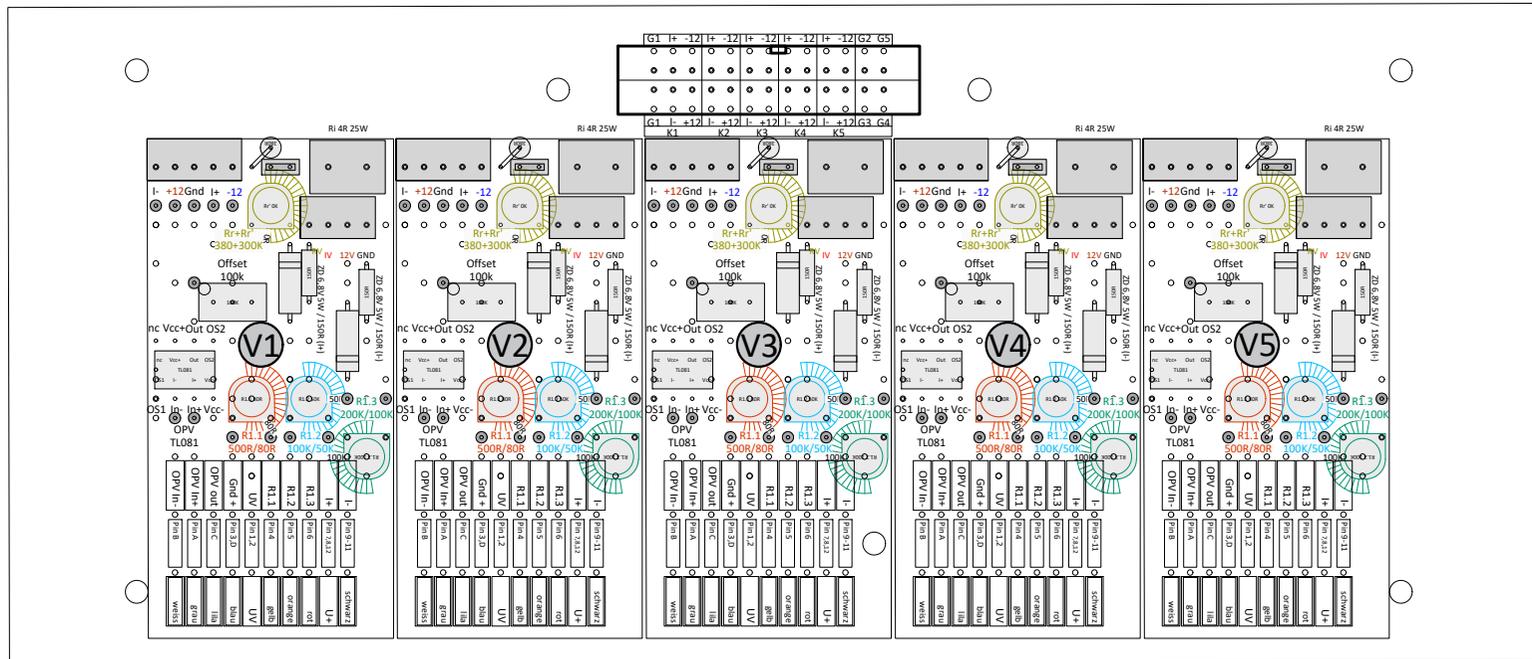


Bohrplan - Front
WM8070-A01 Adaptermodul für **HAMEG** HM8070
 WOMA 2021/06

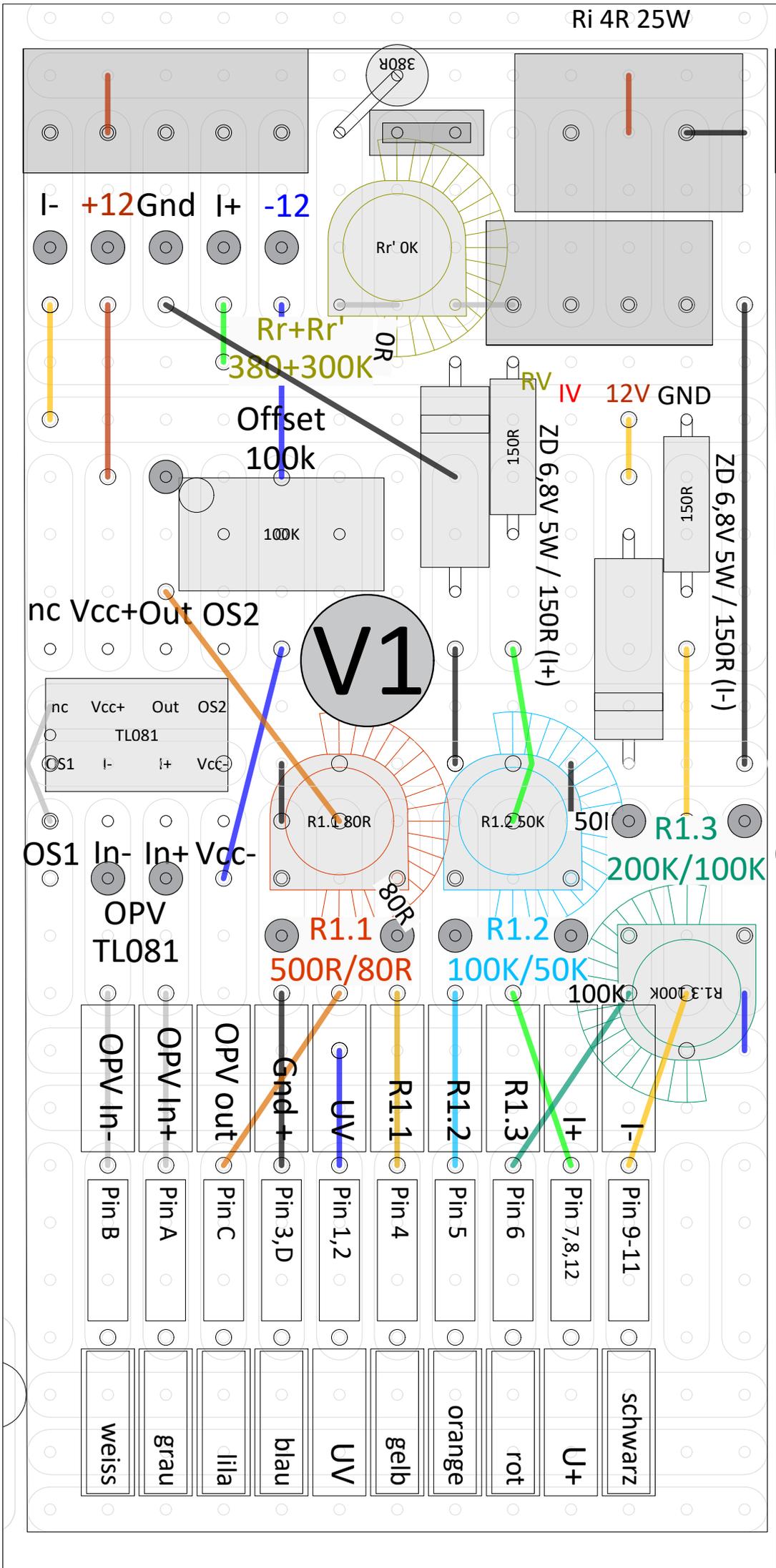
209.00



125.00



Platine Front - Druck
 WM8070-A01 Adaptermodul für **HAMEG** HM8070
 WOMA 2021/06



Platine - Verkabelungsskizze
WM8070-A01 Adaptermodul für **HAMEG** HM8070
 WOMA 2021/06

Ri 4R 25W

