
Das Hammond-Technikhandbuch Teil II

Der Ergänzungsband mit weiteren Erkenntnissen,
Erfahrungsberichten und neuen Themen.

von Marc Michalzik



Hammond® und Leslie® sind eingetragene Warenzeichen von Hammond Suzuki Inc.

© 2025 Marc Michalzik

Sämtliche Rechte an Text und Bildern vorbehalten. Fotomechanische und elektronische Vervielfältigungen nur für private Zwecke. Jeder kommerzielle Nachdruck, auch auszugsweise, und jede kommerzielle Nutzung von Text und Abbildungen, auch in verändertem Zustand, sind verboten. Es gilt das deutsche Urheberrecht in der jeweils aktuellen Fassung.

Printed in Germany – Imprimé en Allemagne.

Vorwort

Da glaubt man, auf mehr als vierhundert Seiten müsse man doch in der Lage sein, so ziemlich alles, was in irgendeiner Art und Weise mit "Hammond" und seinen "elektromagnetischen Nachfahren" zu tun hat, flächendeckend und detailliert beschreiben zu können. Doch kaum war das *Hammond-Technikhandbuch* in seiner ersten Auflage erschienen, beschäftigten den Autor bereits neue Themen und Entdeckungsreisen, die man doch auch noch hätte erwähnen und somit dieses Wissen ebenfalls hätte streuen können.

Der Erweiterung des damaligen Handbuches um weitere Kapitel gebot mein (damaliger) Computer definitiv Einhalt: mit Überschreitung der Seite 467 signalisierte eine sehr aufdringliche Fehlermeldung tatsächlich das endgültige Ende der Kapazität meiner Textverarbeitung und zwang mich damit, auch wirklich einmal „zum Ende zu kommen“. Im Nachhinein war das wahrscheinlich gar nicht schlecht, denn sonst würde ich wahrscheinlich noch heute am 1. Teil herumschreiben.

Da ich die neuen Ideen aber trotzdem irgendwo aufschreiben wollte, entstand (notgedrungen) dieser völlig neue Ergänzungsband. Er besitzt ganz gewollt keinen "roten Leitfaden", sondern handelt in loser Reihenfolge die Themen ab, die ich beim Blättern im ersten Band nachträglich vermisste, oder über die ich durch neu erworbenes Wissen erst jetzt berichten kann. Die Anleitung zum Auswechseln eines defekten Tastaturkontaktes ist ein gutes Beispiel dafür. Natürlich muss ich an einigen Stellen hin und wieder Bezug zum ersten Band des Technik-Handbuches nehmen, um bereits abgearbeitete nicht Themen noch ein zweites mal (=doppelt) beschreiben zu müssen.

Vermutlich werden sich einige fragen, weshalb denn meine Frau Monika nicht ebenfalls als Co-Autor(in) hier mit auftaucht. Das hat nichts damit zu tun, dass es sich hier um ein reines "Männerbuch" handelt ;-) sondern hängt alleine mit der Tatsache zusammen, dass die hier vorgestellten Themengebiete weniger "restaurationslastig", sondern eher (elektro)technisch/mechanischer Natur sind und dies auch in der Vergangenheit eher mein persönlicher Bearbeitungsschwerpunkt war. Somit sind wir dieser Linie sogar treu geblieben.

Die äußerst positiven Rückmeldungen der Lesenden des ersten Bands bestärken uns, dass die Dokumentation dieses Wissens eine nachhaltige und gute Sache zu sein scheint. Besonders gefreut hat mich ein Hammond-Freund aus München, dem ich auf einem Hammond-Clubtreffen nach erfolgter Präsentation dieses Buches auf sein unnachgiebiges Drängen hin sogar mein letztes (Ansichts-)exemplar verkauft hatte: bereits noch am selben Wochenende erreichte mich die Nachricht der erfolgreichen Selbst-Reparatur seiner Orgel. Das hat mich unheimlich gefreut und zeigt uns zugleich, dass wir auf dem richtigen Weg sind: Hilfe zur Selbsthilfe!

In diesem Sinne!

Marc Michalzik im Juni 2025

Und wie das Leben manchmal spielt, lag dieses Manuskript tatsächlich fast 20 Jahre(!) halbfertig in meinem Orgel-Projektordner herum. Längst aus den Gedanken verloren, erinnerte mich eine aktuelle Technikhandbuchbestellung für Teil I daran, dass da doch noch "irgendwo etwas war". Auch wenn sicherlich nicht perfekt- so wäre es doch schade, wenn dieses Wissen nicht auch irgendwie unter die Leute käme. Auch wenn wir nun gerade das Jahr 2025 haben. 😊

1 Präambel

Während all dieser vielen Jahre hat sich die Hauptmotivation zur Veröffentlichung dieses Dokuments aber nicht geändert. Es scheint jedoch an der Zeit, dies noch einmal etwas im Detail zu reflektieren- auch gerade unter heutigen Gesichtspunkten. Die Grundidee ist dabei (damals wie heute) noch immer gleich:

Ich möchte möglichst viele Menschen dazu ermutigen, sich nicht nur mit dem Spiel, sondern auch mit der Technik der Hammondorgel vertraut zu machen!

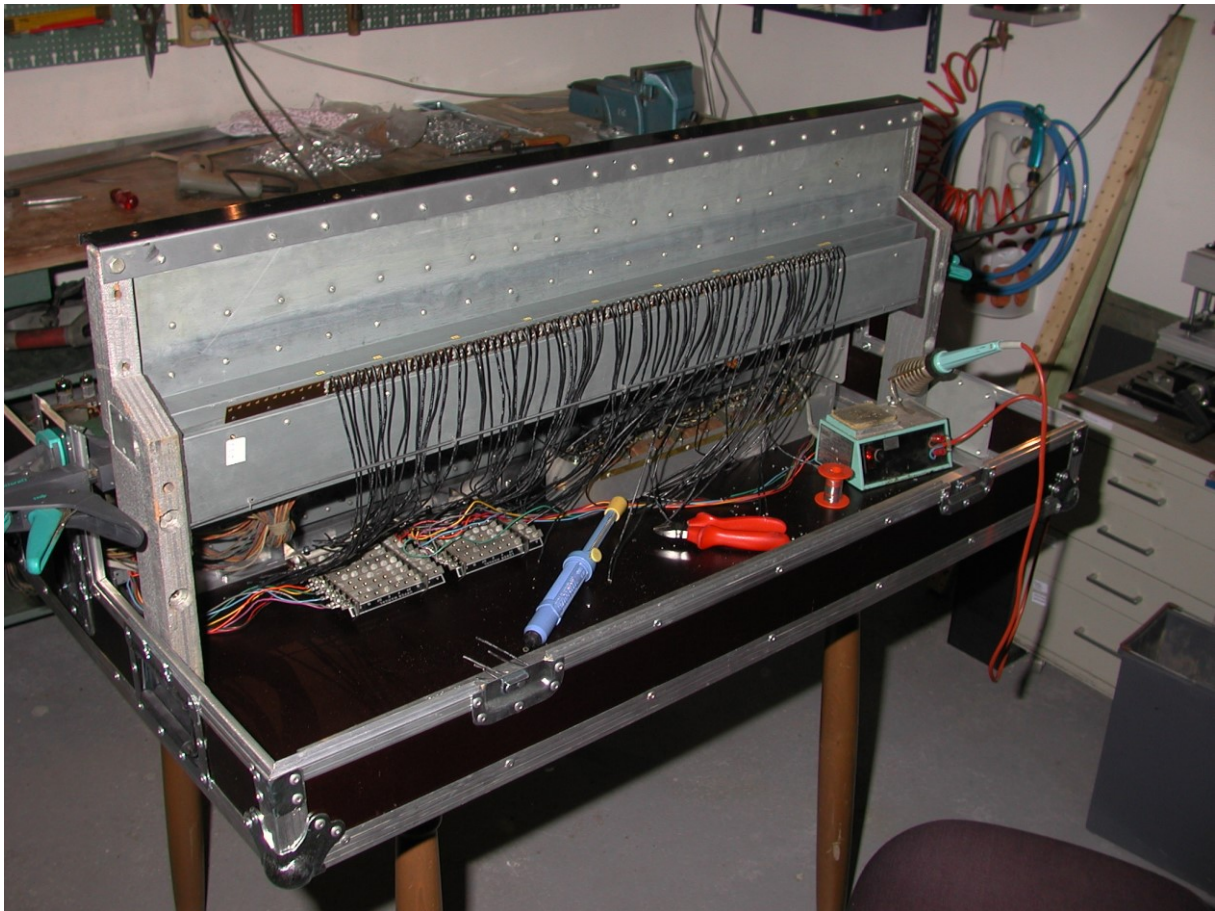


Abbildung 1: Ein robuster Lötkolben, Schraubendreher und Zangen- für die meisten Arbeiten an der Hammond reicht bereits der ganze normale Standard-Werkzeugkoffer

Aber warum ist mir das eigentlich so wichtig?

Schauen wir in die Listen ausgewiesener Hammond-Techniker*innen, so stellen wir fest, dass diese in den letzten Jahren nicht wirklich länger geworden sind. Genauso wie unsere Instrumente, werden auch wir selbst älter und mit ihnen zusammen all die fleißigen Techniker*innen, die unsere Instrumente immer wieder zusammenflicken, wenn irgendetwas streikt. Junge Nachwuchstalente, die technisch interessiert wären, werden -noch lange bevor sie überhaupt eine Chance bekommen, die Liebe zu einer Hammondorgel entdecken zu können- oft bereits im Vorfeld von einer anderen technologischen Errungenschaft abgeworben: dem inzwischen allgegenwärtigen Smartphone! So ist es nur allzu verständlich, dass die jungen Interessen nur

zu oft auf Arduino-Programmierung oder Webdesign gelenkt werden anstatt längst vergessener Röhrentechnik und bleihaltigem Lot. Mit seinen schier unendlichen Möglichkeiten, dem unmittelbaren und extrem schnellen Erfolg sowie der Omnipräsenz im heutigen Alltag ist es nahezu unmöglich, diesen jungen Menschen mit unseren Orgeldinosauriern ein wirklich wettbewerbsfähiges Alternativangebot für eine erfüllende Freizeitbeschäftigung entgegenzustellen.

Doch keiner der beiden Generationen können (und wollen!) wir daraus einen Vorwurf machen: uns nicht, dass wir einfach "älter" werden und irgendwann den Lötkolben nicht mehr ruhig halten oder die Lötstelle nicht mehr richtig sehen können; und den jungen Menschen allerdings auch nicht, dass sie nicht sofort zur Hammondorgel finden, wenn die computervernetzte Umwelt mit ihren bunten Möglichkeiten sie schon bereits im Kleinkindalter in ihren Bann zieht!

Es ist eben wie es ist, und es liegt mir absolut fern, mich darüber länger als nötig zu beklagen, denn das nützt nichts. Nüchtern betrachtet bleibt erst einmal der Fakt, dass uns heute niemand sicher versprechen kann, dass es in weiteren 20 Jahren noch genügend Hammond-Techniker*innen geben wird, die noch kompetent eine Orgel werden reparieren können. Übrigens werde ich dann selber bereits 70Jahre alt sein und bestimmt auch nicht mehr alleine irgendwelche Manualbaugruppen aus Hammondorgeln herausheben können ;-)

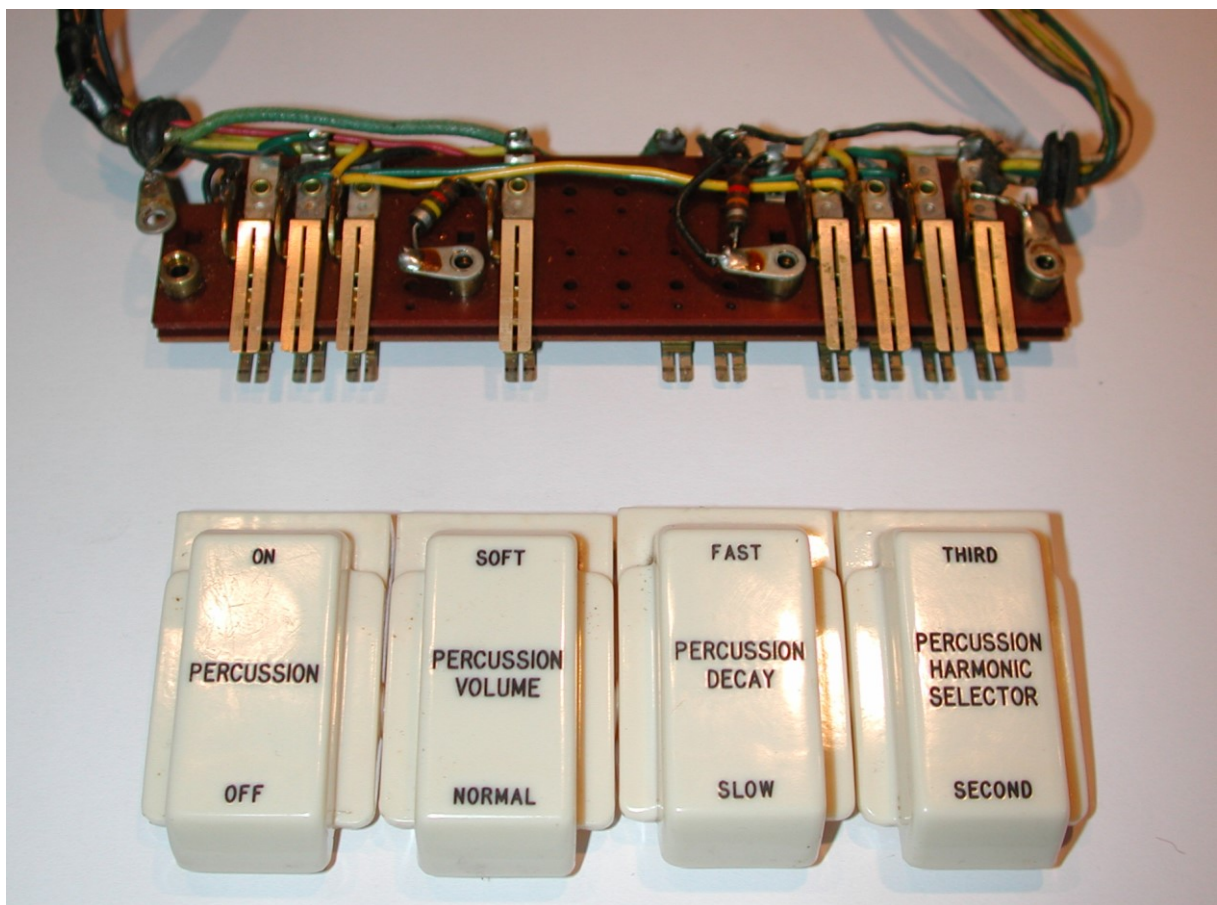


Abbildung 2: Beispiel "Rockerswitches"- nur einfache Bakelit-Schaltwippen und simple Schaltkontakte: selbst der Laie kann hier kaum etwas falsch machen!

Aus oben angeführten Gründen halte ich es für unsere Orgeln daher für geradezu **überlebenswichtig(!)**, dass auch wir selbst uns entsprechende Grundkenntnisse aneignen, um **zumindest einfache Reparaturen auch selber durchführen zu können!** Dabei findet jeder Musizierende natürlich sein eigenes "Level"- nicht jeder muss gleich eine Manualbaugruppe neu befilzen können. Doch es wäre schon viel gewonnen, wenn man sich auch traut, z.B. einen abgerissenen Draht am Tongenerator zu finden und selber wieder anlöten zu können!

Und gerade da muss ich etwas ansprechen: unsere Hammond's werden nicht selten "mystifiziert". Ob bewusst oder nicht- vorzugsweise kann man derartige Verhaltensweise jedoch bei einigen Gewerbetreibenden beobachten (glücklicherweise jedoch nicht bei allen), die nicht müde werden, uns stets eine Art "Mystik-Aura" um unsere Instrumente einzureden. Ich vermute, dass das möglicherweise sogar absichtlich gemacht wird, um einen teilweise überhöhten Verkaufspreis rechtfertigen zu wollen. Leider hat diese geschaffene Elitär-Aura aber einen ganz bösen Nebeneffekt: es schürt nicht selten bei uns eine große Angst, aus Unwissenheit etwas an diesem Instrument kaputtzumachen, daher lässt man dann doch lieber die Finger davon und fragt sicherheitshalber wieder den Händler- denn der kennt sich ja schließlich mit den Mythen aus!

Zumindest aus der reinen Techniker-Brille heraus behaupte ich: An Hammondorgeln ist sicher sehr Vieles faszinierend- jedoch absolut nichts "mythenhaft"!



Abbildung 3: hin und wieder erleichtern ein paar einfache, selbstgebaute Hilfsmittel die Arbeit- wie hier beispielsweise zwei einfache mit der Stichsäge zugeschnittenen Holzdreiecke als Unterlage

Sie sind eine erstklassige Ingenieursleistung und ich kenne nur sehr wenige Produkte, die sonst noch so robust entwickelt, gebaut und präzise gefertigt wurden, wie unsere Hammonds.

Es gibt so gut wie nichts, was man daran nicht wieder reparieren kann und sie verzeihen gutmütig nahezu jede Fehlbedienung. Von daher: trauen Sie sich bitte heran, unsere Orgel ist keine Raketenwissenschaft, sondern ein extrem robustes und dankbares Musikinstrument! Wenn Sie unsicher sind, lesen Sie hier vorher nach, was Sie bei einer Reparatur möglicherweise alles erwartet und dann können Sie anschließend selber einschätzen, ob Sie sich das zutrauen oder nicht.

Schon die Psychologie sagt uns, dass zwei Dinge ein ganz, ganz schlechter Berater sind: nämlich **Unwissenheit** und (daraus oft resultierende) **Angst**!

Doch der größte Feind dieser Angst ist: **Wissen**! Und das finden Sie u.a. hier in diesem Buch.

Von daher gibt es eigentlich keinen Grund mehr, zu zögern. Mein Aufruf ist hier ganz explizit: : **trauen Sie sich! Sie können dabei nur gewinnen!**



Abbildung 4: Eine eigene kleine Werkstatt zum Anfertigen nicht mehr erhältlicher Ersatzteile ist natürlich toll- für 95% der Arbeiten an der Hammond jedoch absolut nicht erforderlich...

Aber bitte immer nur so weit, wie Sie sich auch wirklich sicher fühlen. Die mehreren hundert Volt Anodenspannung im Vorverstärker sind vielleicht nicht gleich das allererste Anfänger-Projekt, mit dem man starten sollte. Aber selbst wenn Sie nur das gebrochene Notenpult wieder zusammenleimen oder die fehlenden Schrauben am Klavierband wieder eindrehen- selbstgemacht ist selbstgemacht und vielleicht fühlen Sie sich ja durch die ersten eigenen Reparatur-Erfolge so beflügelt, dass Sie sich auch schon bald an schwierigere Sachen heranwagen!

Bitte werden Sie aber nicht übermütig und beachten auch den Disclaimer am Ende dieses Dokuments- insbesondere wenn es um die Gefahren elektrischen Stroms geht.



Abbildung 5: ...denn auch im kleinen Vorratskeller einer Mietswohnung mit nur einer einfachen Werkzeug-Grundausstattung kann man sehr erfolgreich Hammonds schrauben!

Die umfangreiche Beschreibung über die Hintergründe meiner Motivation halte ich für sehr wichtig, denn nur dann versteht man, warum

- ich nichts gegen eine (hobbymäßige) Weitergabe dieses Dokuments habe
- ich keine Angst habe, irgendwelches elitäres "Mystik-Spezial-Wissen" zu enthüllen (es gibt meiner Ansicht nach nämlich keine Mythen in Hammondorgeln ;-)
- ich damit auch nichts verdienen will.

Um es klar zu sagen: meine Zielgruppe ist ganz klar der/die private Hammond-Organist*in, der/die dem Thema "Hilfe zur Selbsthilfe" gegenüber aufgeschlossen ist. Und denen möchte ich einen Leitfaden geben in der Hoffnung, dass es ihnen die Angst nimmt, auch selber mal einen Fehler zu suchen und zu beheben. Diese Hammond-Technikhandbücher sind also so etwas wie ein "Geländer", an dem man sich entlanghangeln kann. Gehen muss man natürlich selbst, aber im Zweifelsfall bietet einem das Geländer die notwendige Sicherheit zum Festhalten und zeigt einem den Weg in die richtige Richtung.

Weniger meine Zielgruppe sind Firmen, die daraus kommerziellen Erfolg ziehen. Daher untersage ich hier an mehreren Stellen auch die Nutzung dieses Wissens für rein kommerziell geprägte Zwecke.

Denn: dass ich als Autor absichtlich auf jegliche Einnahmen verzichte und dieses Dokument kostenlos zum Download für Jedermann anbiete, um das Wissen möglichst weit streuen zu können, soll am Ende jedoch nicht dazu führen, dass stattdessen Andere mit meinen Büchern (oder dem Wissen daraus) nun selber kommerzielle Einnahmen damit generieren. Falls das passiert, werde ich auch einschreiten, denn so ist die Sache nicht gedacht.



Abbildung 6: ein Teil meines eigenen Elektronik-Messplatzes, so wie er heute inzwischen aussieht

Wer aber hier rein privat unterwegs ist, wem es nicht ums Geldverdienen, sondern nur um die Liebe zur Musik, Hobby und Technik der Hammondorgel geht, der ist hier sicher gut aufgehoben Lassen Sie uns loslegen! 😊

Inhaltsverzeichnis

1 Präambel	4
2 Kontaktzungen.....	17
2.1 Verklemmte Kontaktzungen korrigieren.....	17
2.2 Kontaktzungen auswechseln: Ausbau	23
2.3 Kontaktzungen auswechseln: Einbau	27
2.4 Kontaktzungen elektrisch prüfen	32
3 Sammelschienen einfädeln.....	36
4 Kabeldurchführungsblock (Preset-Tasten)	38
4.1 Probleme?.....	43
5 Schubstangen-Schutz	44
6 Manualbaugruppe entrostet.....	46
7 Filze in der Manualbaugruppe.....	48
7.1 Upstop-Felt (Manualblende)	52
7.2 Downstop-Felt (Manualblende)	54
7.3 Drappstoff (Tastaturkamm).....	55
7.4 Downstop-Felt (Tastaturkamm)	56
7.5_ Filzunterlage (Tastaturkamm)	58
7.6 Fertig aufgearbeiteter Tastaturkamm	60
8 Material- Steckbriefe	61
9 Montage der Zugriegel-Einheit.....	65
10 Line-Box (neue Ausführung).....	66
10.1 Reparatur eines abgerissenen Drahtes	68
10.2 Elektrische Parameter einer LineBox (altes Modell)	71
11 Wilder Einbau.....	72
12 ToneWheel-Generator	73
12.1 Magnetstifte gängig machen	73
12.2 Magnetstift-Werkzeuge	78
13 Generatorschrauben-Troubleshooting.....	79
14 Gehäuserestauration: Arbeitsmaterialien	82
14.1 Schleifpapier.....	82
14.2 Schrauben	83
14.2.1 Typ 1 (Kupfer)	83
14.2.2 Typ2 (Messing)	85
Möglichkeit 1	85
Möglichkeit 2	86
15 Scanner	87
15.1 Zerlegen des Scanners	87
15.2 Messwerte: Kapazität gegen Gehäuse	103
15.3 Verlauf des rot/blauen Anschlusskabels an der LineBox.....	105
15.4 Scanner-Überblick: Ansicht von unten	107
15.5 Scanner-Überblick: Ansicht von oben	108
15.6 Zahnräder (Run-Motor und Scanner).....	109
16 Pre-Amplifier AO-28.....	110
16.1 Messbedingungen (Grundeinstellung)	114

16.2 Mess-Equipment.....	116
16.3 Schaltungsbeschreibung AO-28	117
16.4 Kanal "A"	118
16.5 Kanal "D"	120
16.6 Schweller und Loudness.....	121
16.7 Schwellerverstärker	123
16.8 Ausgangsverstärker	124
16.9 Kanal "B"	125
16.10 Kanal "H"	127
16.11 Percussion-Erzeugung	129
16.12 Netzteil	133
17 Arbeitspunkte am AO-28.....	134
18 Percussion-Klang.....	135
18.1 Grundlagen	135
18.2 Variationsmöglichkeiten	139
18.3 Kenngrößen	142
18.3.1 PERCUSSION DECAY	142
18.3.2 PERCUSSION VOLUME	142
18.3.3 MASTER VOLUME.....	142
19 AO-28 Prüfstand.....	143
20 AO-28 Messungen (Frequenzgang)	146
20.1 Klemme A => Klemme G1	146
20.2 Klemme B => Klemme C.....	147
20.3 Klemme H => Klemme P.....	148
20.4 Klemme H => Klemme J	149
20.5 AO-28 Messprotokoll.....	150
21 "in-circuit" Messung AO-28	151
21.1 Einfluss von C22	154
21.2 Einfluss des Schwellers	155
21.3 Klirrfaktor und S/N des AO-28	156
22 Messung der 6kHz-Modifikation	157
23 "Klemmende" Percussion	161
24 Matching Transformer	169
25 RC-Filter am Tongenerator	179
25.1.1.1. Einbauhinweise	180
25.1.1.2. Mechanische Ausführung.....	181
26 Alternative Generator-Frequenzgänge!.....	182
27 Abgleich auf alternative Referenzkurve	186
28 magnetische Flussdichte der Magnetstifte	190
29 Line-Box (alt): Messungen.....	193
30 String-Bass	202
31 Zuordnung Spieltaste zu Tonradnummer	204
32 Bleistiftpläne	206
32.1 Filterplatine Pedalzugriegel.....	207
32.2 Pedalfilter	208
32.3 Masseverdrahtung B-3	209
32.4 Matching-Trafo: Messung.....	210
32.5 Matching-Trafo: Anschlüsse	212

33 Disclaimer.....	214
---------------------------	------------

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ein robuster LötKolben, Schraubendreher und Zangen- für die meisten Arbeiten an der Hammond reicht bereits der ganze normale Standard-Werkzeugkoffer	4
Abbildung 2: Beispiel "Rockerswitches"- nur einfache Bakelit-Schaltwippen und simple Schaltkontakte: selbst der Laie kann hier kaum etwas falsch machen!	5
Abbildung 3: hin und wieder erleichtern ein paar einfache, selbstgebaute Hilfsmittel die Arbeit- wie hier beispielsweise zwei einfache mit der Stichsäge zugeschnittenen Holzdreiecke als Unterlage.....	6
Abbildung 4: Eine eigene kleine Werkstatt zum Anfertigen nicht mehr erhältlicher Ersatzteile ist natürlich toll- für 95% der Arbeiten an der Hammond jedoch absolut nicht erforderlich... ..	7
Abbildung 5: ...denn auch im kleinen Vorratskeller einer Mietswohnung mit nur einer einfachen Werkzeug-Grundausstattung kann man sehr erfolgreich Hammonds schrauben!	7
Abbildung 6: ein Teil meines eigenen Elektronik-Messplatzes, so wie er heute inzwischen aussieht	8
Abbildung 7: Sichtkontrolle Kontaktzungen.....	17
Abbildung 8: Verrastung entriegeln	18
Abbildung 9: Uhrmacher-Werkzeug	18
Abbildung 10: Zunge nach hinten schieben	19
Abbildung 11: zusätzlich leicht am Kabel ziehen	19
Abbildung 12: Verriegelungsbolzen greifen	20
Abbildung 13: Verriegelungsbolzen nach oben herausziehen	20
Abbildung 14: Verriegelungsbolzen entnommen	21
Abbildung 15: eine weitere Kontaktzunge entriegeln.....	21
Abbildung 16: Markierung mit Klebeband an der Schubstange	22
Abbildung 17: Manualbaugruppe aufstellen	23
Abbildung 18: Winkelblech abschrauben	23
Abbildung 19: Winkelblech herunterkippen	24
Abbildung 20: Verharfung unter dem Winkelblech.....	24
Abbildung 21: Verharfung	25
Abbildung 22: Kontaktzungenwechsel mit Pinzette	25
Abbildung 23: Kontaktzunge nach hinten herausziehen.....	26
Abbildung 24: Kontaktzunge ist draußen.....	26
Abbildung 25: Schubstange und Verriegelungsbolzen (vlnr)	27
Abbildung 26: Schubstange aufschieben	27
Abbildung 27: Schubstange aufgesteckt	28
Abbildung 28: Kontaktzungen einrasten.....	28
Abbildung 29: Verriegelungsbolzen einsetzen (1).....	29
Abbildung 30: Verriegelungsbolzen einsetzen (2).....	29
Abbildung 31: oberste Kontaktzunge einrasten	30
Abbildung 32: Kontaktprobe.....	30
Abbildung 33: Hartpapierführung und Sammelschiene.....	31
Abbildung 34: LED-Platine	32
Abbildung 35: Verbindungskabel bündeln	33
Abbildung 36: alle Messkabel angeklemmt	33
Abbildung 37: Messleitung	34
Abbildung 38: Messkabel an Lötösenleiste anklemmen.....	34

Abbildung 39: ausgedruckte Tabelle als Referenz zum Abhaken	35
Abbildung 40: "Druckstellen" beim Wieder-Einfädeln	36
Abbildung 41: Durchschläger einstecken	37
Abbildung 42: Bauteile des Kabelaustritts	38
Abbildung 43: Kabelaustritt	38
Abbildung 44: Schablone aufstecken	39
Abbildung 45: Kabel einzeln einschieben	39
Abbildung 46: Kabel eingeschoben	40
Abbildung 47: Kabelaustritt (andere Ansicht)	40
Abbildung 48: Befestigungsstreifen	41
Abbildung 49: Metall-Unterteil einschieben	41
Abbildung 50: Schraube von hinten einsetzen (1)	42
Abbildung 51: Schrauben von hinten einsetzen (2)	42
Abbildung 52: Blechstreifen am Kabelaustritt	43
Abbildung 53: Schubstangen-Schutz in der Anwendung	44
Abbildung 54: Schubstangen-Schutz im Detail	45
Abbildung 55: Drahtbürste für Bohrmaschine	46
Abbildung 56: Dremel im Einsatz	46
Abbildung 57: Holzklötzchen unterlegen	47
Abbildung 58: Filze in der Manualbaugruppe	48
Abbildung 59: Filzmuster von Laukhuff	49
Abbildung 60: Original und Fälschung: Downstop-Felts (Tastaturkamm)	50
Abbildung 61: Drappstoff und Filz	51
Abbildung 62: Downstop-Felt (=> Nr. 4)	56
Abbildung 63: Downstop-Felt (=>Nr. 5)	58
Abbildung 64: fertig aufgearbeiteter Tastaturkamm	60
Abbildung 65: Schraubenlöcher mit Klebestreifen markiert	65
Abbildung 66: neue Line-Box (Originalzustand)	66
Abbildung 67: neue Line-Box (nach Kondensatorentausch)	66
Abbildung 68: neue Line-Box (Schrägsicht)	67
Abbildung 69: Linebox öffnen	68
Abbildung 70: die defekte Spule (Unterbrechung)	68
Abbildung 71: Schalenkern abnehmen	69
Abbildung 72: Spule bis zur Schadstelle abwickeln	69
Abbildung 73: Unterbrechung geflickt	70
Abbildung 74: die reparierte Spule	70
Abbildung 75: so bitte nicht: "wilder" Einbau	72
Abbildung 76: Rohrzanze in Längsrichtung ansetzen	73
Abbildung 77: Rohrzanze in Querrichtung ansetzen und leicht wackeln	74
Abbildung 78: WD-40 von vorne unter den Klemmring sprühen	75
Abbildung 79: WD-40 von hinten auf die Magnetstiftachse sprühen	75
Abbildung 80: Detailansicht: WD-40 auf Magnetstiftachse sprühen	76
Abbildung 81: WD-40 direkt ins Schraubenloch	77
Abbildung 82: abgebrochene Klemmschraube	79
Abbildung 83: Biegehilfe	80
Abbildung 84: Klemmschraube ausbohren	81
Abbildung 85: Sackloch	81
Abbildung 86: Schraube Typ1 (links Original, rechts Ersatz von Obi)	83
Abbildung 87: Typ1-Ersatzschrauben von Obi	84
Abbildung 88: Schraube Typ2, Original	85
Abbildung 89: Schrauben Typ2, Ersatz von Merox	85

Abbildung 90: Schrauben Typ2, Ersatz von Variolux	86
Abbildung 91: Motor/Scanner-Einheit von vorne.....	87
Abbildung 92: Motor/Scanner-Einheit von der Seite.....	87
Abbildung 93: wichtiges Detail: Abschirmungsblech!	88
Abbildung 94: Ölfäden abwickeln	88
Abbildung 95: Ölschwämmchen entnehmen	89
Abbildung 96: Ölfäden entwirren und ordnen	89
Abbildung 97: Befestigungsschrauben herausdrehen	90
Abbildung 98: Ölwanne abnehmen.....	90
Abbildung 99: letzte Befestigungsschraube herausdrehen.....	91
Abbildung 100: Motor und Scanner trennen.....	91
Abbildung 101: das Abschirmblech!.....	92
Abbildung 102: Schrauben nicht verlieren!	92
Abbildung 103: obere Deckelschrauben lösen (2 Stück)	93
Abbildung 104: oberen Deckel abheben	93
Abbildung 105: Anschlussdraht ablöten	94
Abbildung 106: Schrauben für Kontaktschleifer lösen	94
Abbildung 107: Kontaktschleifer abheben, Ringkohlen abnehmen.....	95
Abbildung 108: Kontaktschleifer ist nun frei.....	95
Abbildung 109: vier Gehäuseschrauben lösen	96
Abbildung 110: Deckel lösen durch: Ziehen.....	96
Abbildung 111: Hebeln	97
Abbildung 112: vorsichtiges (!) Drücken.....	97
Abbildung 113: Deckel abnehmen.....	98
Abbildung 114: Das Innere des Scanners	98
Abbildung 115: Toilettenrolle als Halterung	99
Abbildung 116: Kabelbaum abschrauben (16 Schrauben).....	99
Abbildung 117: Schrauben ohne Lötösen wieder eindrehen.....	100
Abbildung 118: verölte Isolierplättchen.....	100
Abbildung 119: vorher: Isolierplättchen verölt.....	101
Abbildung 120: nachher: Isolierplättchen gereinigt.....	101
Abbildung 121: Reinigungsbad.....	102
Abbildung 122: Trocknung	102
Abbildung 123: die Messwerte der vorstehenden Tabelle als Kreisdiagramm dargestellt	104
Abbildung 124: Kabel rot/blau an alter LineBox.....	105
Abbildung 125: Kabel rot/blau führt zum Scanner	105
Abbildung 126: Kabel rot/blau an neuer LineBox	105
Abbildung 127: Verlauf rot/blau Kabel	106
Abbildung 128: Schema des Scanners mit Blick von unten	107
Abbildung 129: Schema des Scanners mit Blick von oben.....	108
Abbildung 130: Zahnrad Run-Motor (23 Zähne).....	109
Abbildung 131: Zahnrad Scanner (67 Zähne).....	109
Abbildung 132: schematische Ansicht des AO-28	110
Abbildung 133: Blockschaltbild des AO-28	111
Abbildung 134: Funktion der von außen sichtbaren AO-28-Bauelemente.....	112
Abbildung 135: Rohde&Schwarz UPL Audio-Analyzer.....	116
Abbildung 136: Hammond AO-28 Preamp (Michalzik edit).....	117
Abbildung 137: Schaltungsauszug Kanal A.....	118
Abbildung 138: Frequenzgang von A->D.....	119
Abbildung 139: Beispiel der Rückwirkung von Trimmer=100% (gelbe Linie)	119
Abbildung 140: Schaltungskanal "D"	120

Abbildung 141: Schaltungsauszug "Schweller und Loudness"	121
Abbildung 142: Wirkung der Loudness-Schaltung (C22 rausgedreht).....	122
Abbildung 143: Wirkung der Loudness-Schaltung (C22 reingedreht)	122
Abbildung 144: Schaltplanauszug "Schwellerverstärker"	123
Abbildung 145: Schaltplanauszug "Ausgangsverstärker"	124
Abbildung 146: Schaltplanauszug "Kanal B"	125
Abbildung 147: Frequenzgang B -> C	126
Abbildung 148: Schaltplanauszug "Kanal H"	127
Abbildung 149: Frequenzgang H -> J	128
Abbildung 150: Schaltplanauszug "Percussion-Erzeugung"	129
Abbildung 151: Frequenzgang H -> P	130
Abbildung 152: Verlauf eines Tons mit aktivierter Percussion	131
Abbildung 153: Schaltplanauszug "Netzteil"	133
Abbildung 154: Arbeitspunkte von zwei AO-28 Vorverstärkern	134
Abbildung 155: Hüllkurve der Percussion	135
Abbildung 156: Hüllkurven: Perc aus (links) und Perc ein (rechts)	136
Abbildung 157: Hüllkurve (2).....	137
Abbildung 158: mittels dieser Tasten kann man den Klang der Percussion verändern	139
Abbildung 159: Messstand für AO-28	143
Abbildung 160: Kontrollfeld	143
Abbildung 161: sicheres Arbeiten im Prüfstand	144
Abbildung 162: Layout des Schaltfelds	144
Abbildung 163: Schaltbild des AO-28 Prüfstands	145
Abbildung 164: Frequenzgang AO-28 von Klemme A auf Klemme G	146
Abbildung 165: Frequenzgang AO-28 von Klemme B nach Klemme C	147
Abbildung 166: Frequenzgang AO-28 von Klemme "H" auf Klemme "P"	148
Abbildung 167: Frequenzgang AO-28 von Klemme "H" auf Klemme "J"	149
Abbildung 168: AO-28 Messprotokoll Vorlage (nur zur Info).....	150
Abbildung 169: Unterschied zwischen angelötetem und abgelötetem Anschlusskabel an Klemme A.....	151
Abbildung 170: Messaufbau "in-situ"	152
Abbildung 171: Anschlussbeispiel "in-circuit"	153
Abbildung 172: mit herausgedrehtem C22 ergibt sich die größte Verstärkung.....	154
Abbildung 173: C22 ganz eingedreht (links) und ausgedreht (rechts).....	154
Abbildung 174: Frequenzgang A->G mit Schweller max (gelb) und min (grün).....	155
Abbildung 175: Klirrfaktor des AO-28 bei Vollaussteuerung	156
Abbildung 176: Schaltung der 6kHz-Modifikation nach U.Zwarg.....	157
Abbildung 177: Fotos vom Einbau der Modifikation	157
Abbildung 178: Frequenzgang A->G mit 0% und 100% Trimmereinstellung.....	158
Abbildung 179: nachträglich eingebaute 6kHz-Modifikation nach Ulrich Zwarg	159
Abbildung 180: wachsende Zink-Dendrite an der Lötösenleiste einer RT-3.....	161
Abbildung 181: Fehlersuchbaum für defekte Percussions-Triggerleitung.....	162
Abbildung 182: Widerstand Klemme K nach Masse prüfen	163
Abbildung 183: keine Taste gedrückt	163
Abbildung 184: Taste im unteren Bereich gedrückt	164
Abbildung 185: Taste im oberen Bereich gedrückt	164
Abbildung 186: Spannung an Klemme K	165
Abbildung 187: Spannung bei gedrückter Taste	165
Abbildung 188: Übersicht Percussion-Schalter	167
Abbildung 189: blaue Leitung an "Klemme K"	167
Abbildung 190: RC-Filter: Nachgleichen erforderlich	179

Abbildung 191: RC-Filter, nachträglich eingebaut	181
Abbildung 192: alternative Generatorfrequenzgänge	182
Abbildung 193: Vergleich der Zwarg-Referenz mit meinen Messungen	183
Abbildung 194: alle drei im Vergleich: Zwarg, meine "runde" und Kon's TG Data Kurve..	184
Abbildung 195: zusätzlich mit Referenzkurve des Cam Organ Analyzers.....	185
Abbildung 196: Originalzustand	186
Abbildung 197: nach elektr. Abgleich	187
Abbildung 198: Klirrfaktor im Originalzustand.....	187
Abbildung 199: Klirrfaktor nach Kondensatorenwechsel.....	188
Abbildung 200: mechanischer Abgleich	189
Abbildung 201: Ergebnis Messung einer RT-3 mit serial #4212.....	190
Abbildung 202: Abweichung vom Mittelwert	190
Abbildung 203: Häufigkeitsverteilungen	191
Abbildung 204: Statistikdaten.....	191
Abbildung 205: Überlagerung mit Tonspannung.....	191
Abbildung 206: Magnetstifte Generator-Vorderseite.....	192
Abbildung 207: Magnetstifte Generator-Rückseite	192
Abbildung 208: LineBox (alt) aus Hammond RT-3, serial #4212.....	193
Abbildung 209: nachgerüsteter String-Bass in einer B-3.....	202
Abbildung 210: String-Bass-Kabelbaum	203

2 Kontaktzungen

Das Auswechseln defekter Kontaktzungen in der Spieltastatur ist eine beherrschbare, aber insgesamt doch recht zeitaufwändige Arbeit, da man sich erst durch den Ausbau der Manualbaugruppe zum Spieltisch vorarbeiten muss. Ist man jedoch so weit, dauert das Aushaken und Ausziehen der Kontaktzungen für eine geübte Hand mit dem richtigen Werkzeug nur noch wenige Sekunden.

Bei normaler Spielweise und vernünftigem Umgang mit der Orgel bricht eine Kontaktzunge glücklicherweise nur äußerst selten. Dennoch kann es eben vorkommen, dass mal eine Zunge Kontaktschwierigkeiten macht, verbogen oder tatsächlich gerissen ist. Besonders nach dem Reinigen und Neu-Einfädeln der Sammelschienen ist die Gefahr relativ groß, dass man mal „danebengesteckt“ hat und die Kontaktzungen nun zwischen Führung und Sammelschiene klemmen – insbesondere dann, wenn man das Glück hatte, dass einem beim Einfädeln ungewollterweise auch die dünnen, und gut einen Meter langen Hartpapierstreifen entgegengedrückt kommen. Hier hilft nur: Ruhe bewahren und mit nahezu unendlicher Geduld alles wieder einfädeln und in Ordnung bringen.

2.1 Verklemmte Kontaktzungen korrigieren

Aber zurück zum Thema: zum Wechseln der Kontaktzungen muss erst einmal die Manualbaugruppe nahezu komplett zerlegt werden (wie gesagt: das ist wohl das Übelste an der ganzen Arbeit). Ich setze hier nun voraus, dass wir einen Ausbaustand erreicht haben, wie ihn Abbildung 7 zeigt.

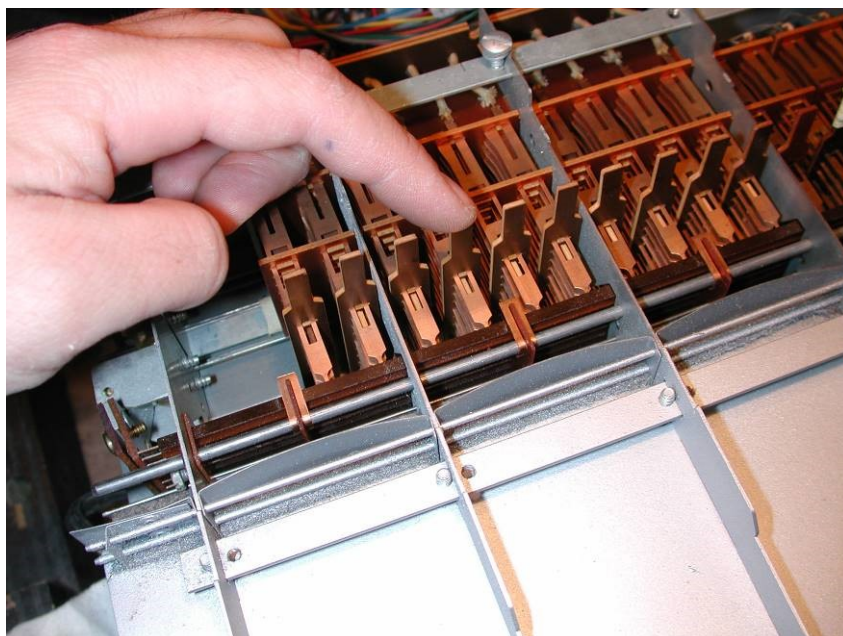


Abbildung 7: Sichtkontrolle Kontaktzungen

Bei uns galt es, folgendes Problem zu lösen: etliche Kontaktzungen hatten sich zwischen Sammelschiene und dem jeweils darunter liegenden Hartpapierstreifen verklemmt- eine Folge des Reinigens und danach nicht gewissenhaft genug durchgeführtem Wiedereinsetzens der Sammelschienen.

Weil die Erinnerung an die stundenlangen Mühen des Einschiebens noch gut in Erinnerung war, entschlossen wir uns –statt des erneuten Aus- und Einbaus- für die Korrektur jeder einzelnen Kontaktzunge. Eine verklemmte Zunge erkennt man sehr leicht, wenn man mit einem Finger vorsichtig auf die Schubstange drückt und dabei die Kontaktspitzen beobachtet: federn sie nicht im Kollektiv mit allen anderen nach unten, hat man eine verklemmte Kontaktzunge gefunden.

Nehmen wir einmal an, dass die dritte Kontaktzungen (von oben gezählt) verklemmt sei. **Ganz wichtig: egal, welche Zunge defekt ist; man muss immer mit der obersten beginnen, sonst kann man das Zungenpaket nicht auseinander bauen.**

Also los geht's. Mit einem Werkzeug, das Uhrmacher normalerweise für das Entriegeln von Armbändern benutzen (siehe Abbildung 9), drückt man vorsichtig auf die hintere, linke Flanke der Kontaktzunge und entriegelt so die Verrastung.

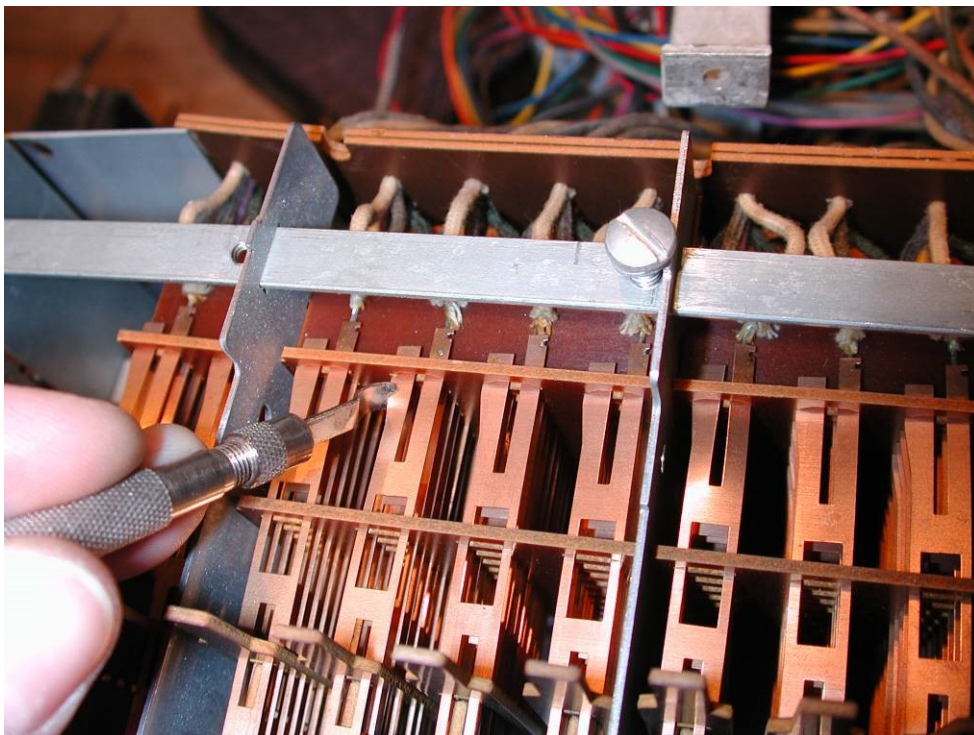


Abbildung 8: Verrastung entriegeln

Hinweis: mit einem Schraubendreher oder einem Küchenmesser geht's meistens auch, aber nicht ganz so gut. Dieses Spezialwerkzeug hat eine kleine Kerbe in der Klinge (siehe Pfeil in Abbildung 9) und so kann man nicht versehentlich abrutschen- ein großer Vorteil!

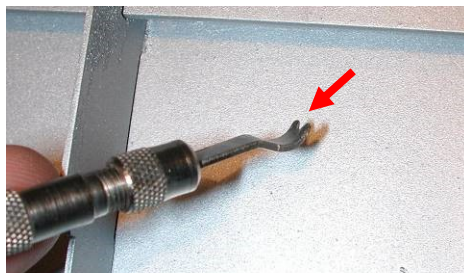


Abbildung 9: Uhrmacher-Werkzeug

Nun schieben wir gleichzeitig (auf dem Bild der Übersichtlichkeit halber nicht zu sehen) mit der anderen Hand die Kontaktfeder vorsichtig nach hinten. Dazu kann man mit einem dünnen Schraubendreher in eines der Langlöcher fassen. Ich verwende hier ein Instrument, das wohl einmal einem Zahnarzt als Werkzeug gedient haben muss. Es besitzt am Ende einen kleinen Haken, mit dem diese Arbeit sehr gut gelingt. Wo man solche Werkzeuge kaufen kann? Auf dem Flohmarkt!

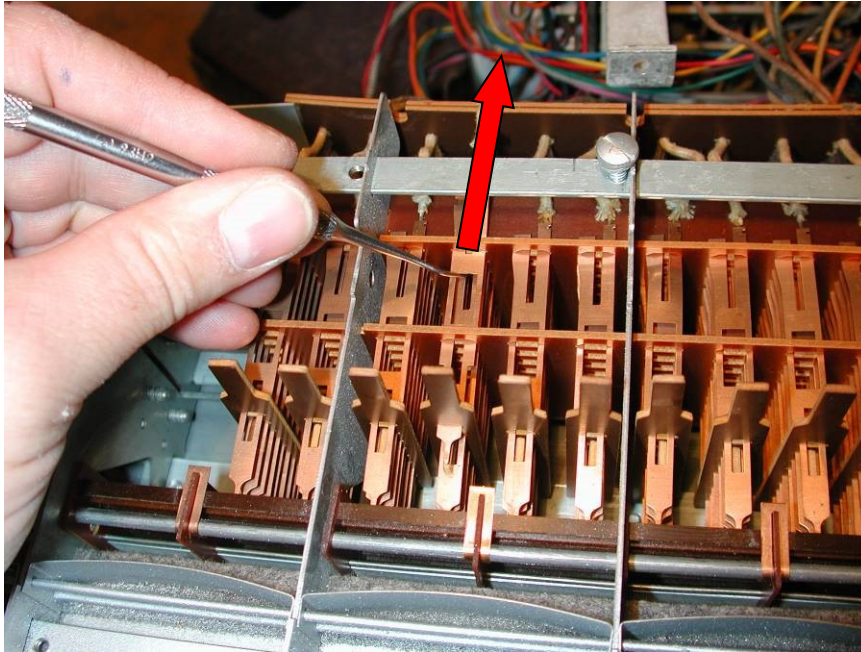


Abbildung 10: Zunge nach hinten schieben

Befinden wir uns im Bereich des Preset-Tastenblocks, so müssen wir zusätzlich noch leicht am hinten angelöteten Kabel ziehen, da hier die Drähte sehr dick und entsprechend starr sind und so die Kontaktzunge sonst leicht verbiegen können.

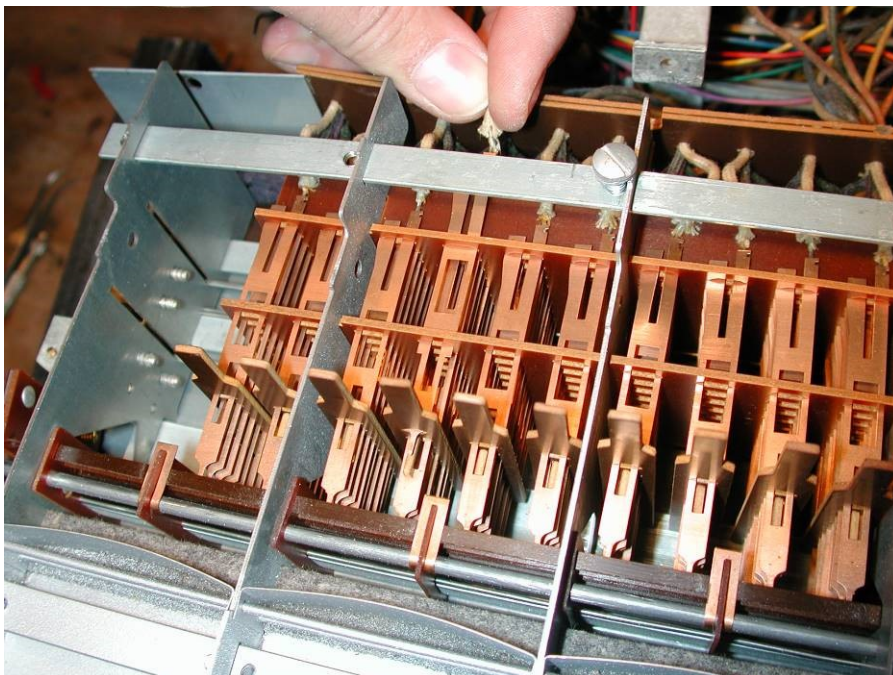


Abbildung 11: zusätzlich leicht am Kabel ziehen

Haben wir die oberste Kontaktzunge so weit wie möglich nach hinten gezogen (die Spitze muss kurz hinter die erste Schubstange bewegt werden), kommt das Ende eines kleinen Verriegelungsbolzens aus Hartpapier zum Vorschein.

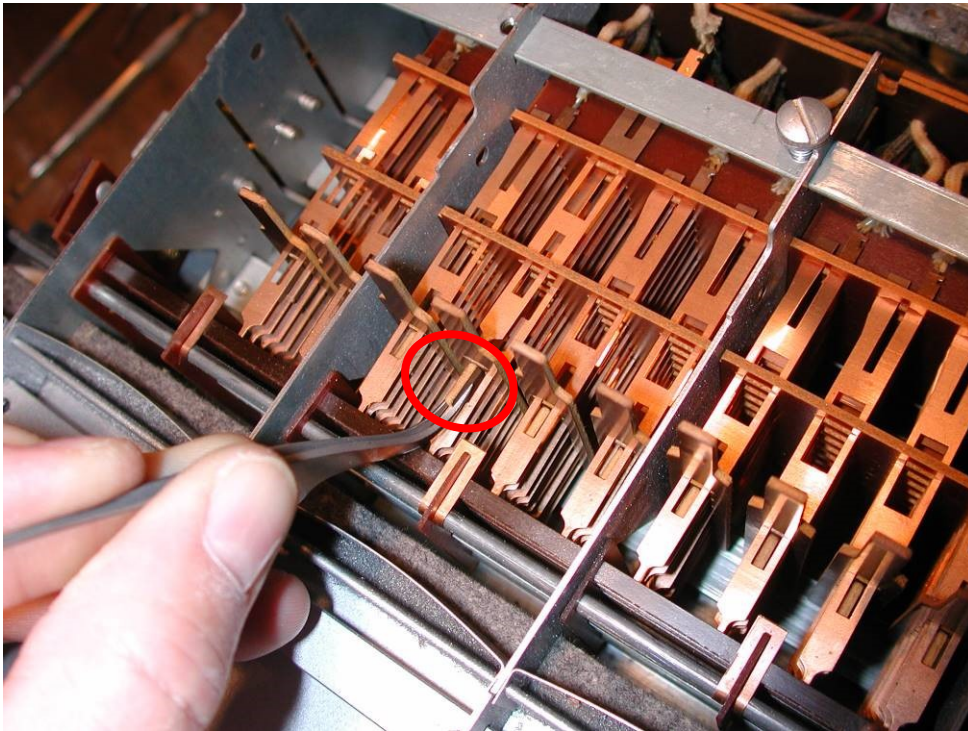


Abbildung 12: Verriegelungsbolzen greifen

Diesen greift man nun (z.B. mit einer Pinzette oder kleinen Zange) und zieht ihn vorsichtig nach oben hinaus.

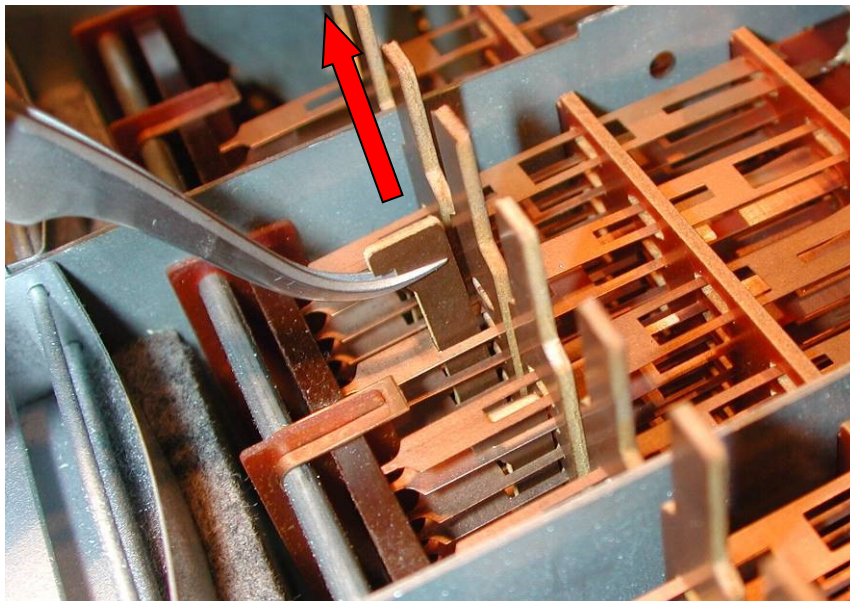


Abbildung 13: Verriegelungsbolzen nach oben herausziehen

So sieht der Verriegelungsbolzen aus:

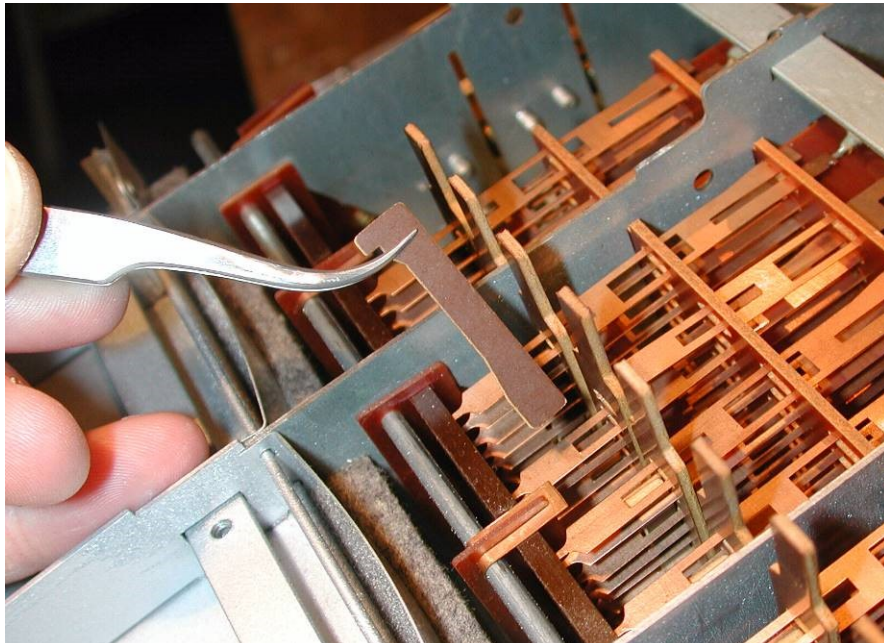


Abbildung 14: Verriegelungsbolzen entnommen

Erst jetzt können die anderen Kontaktzungen einzeln und unabhängig voneinander entnommen werden!

Es hat in unserem Beispiel ja die dritte Zunge von oben geklemmt. Also wird (nur!) diese jetzt entriegelt und –genauso wie bereits oben gezeigt- nach hinten geschoben.



Abbildung 15: eine weitere Kontaktzunge entriegeln

Beim Zusammenbau bitte darauf achten, dass die empfindliche Spitze der Kontaktzunge an die richtige Stelle gelenkt wird, bevor man sie wieder in den Führungen verrastet.

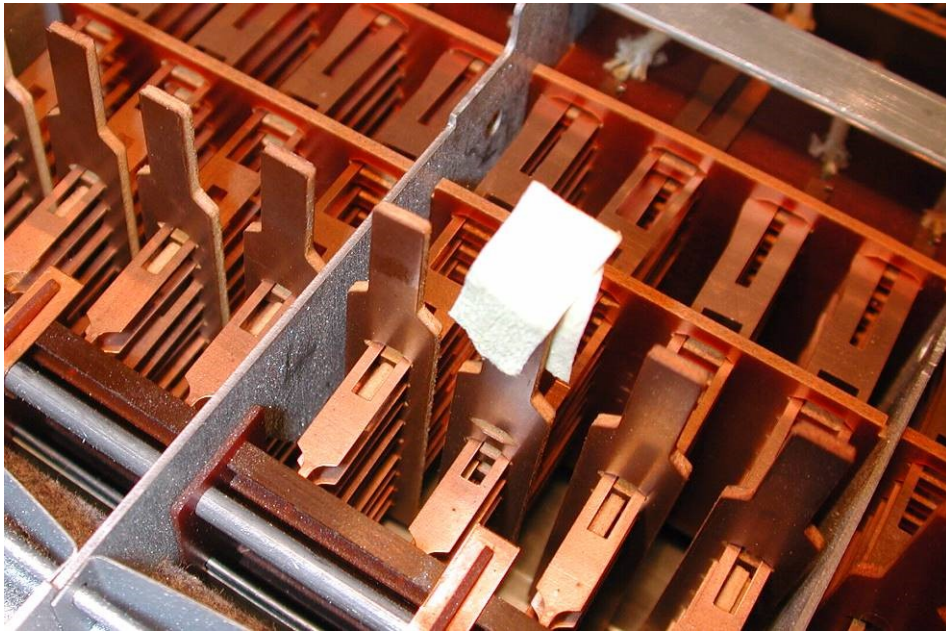


Abbildung 16: Markierung mit Klebeband an der Schubstange

Trick:

Damit man beim Arbeiten nichts verwechselt, hat es sich bei mir als vorteilhaft herausgestellt, das gerade bearbeitete Kontaktzungenpaket mit einem Klebestreifen zu markieren. Man glaubt nicht, wie schnell man sich sonst vertut; an der einen Zunge drückt und versehentlich die andere entriegelt...

GANZ WICHTIG:

Beim Zusammenbau den Verriegelungsbolzen wieder einsetzen, bevor die oberste Kontaktzunge wieder eingerastet wird!

2.2 Kontaktzungen auswechseln: Ausbau

Um eine Kontaktzunge komplett auszuwechseln, muss das lange Winkelblech abgeschraubt werden, das die Verharfung und Anschlüsse der Metallzungen schützt. Nur so kann man die Kontaktzungen auch komplett nach hinten herausziehen.



Abbildung 17: Manualbaugruppe aufstellen

Man kippt sich die Baugruppe zweckmäßiger Weise hochkant hoch und legt dicke Holzklötze unter, damit sie nicht zurückkippt. Dieses Winkelblech muss nun abgeschraubt werden.

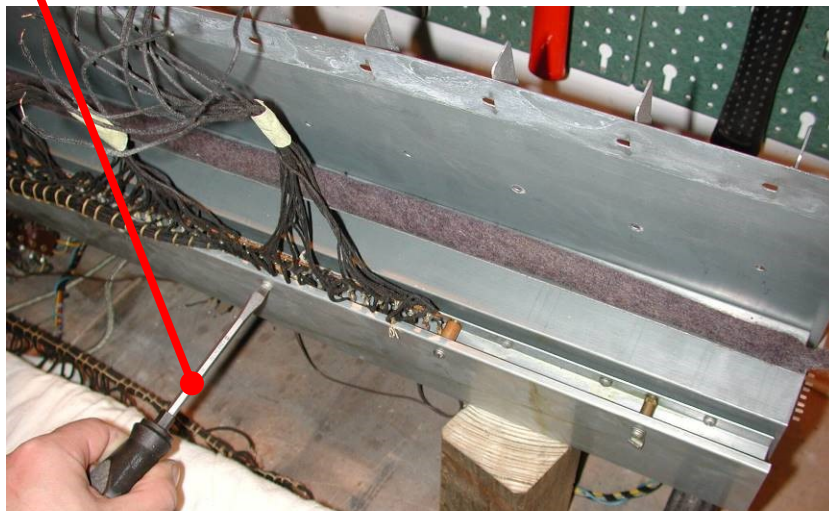


Abbildung 18: Winkelblech abschrauben

Sind die insgesamt zehn Schrauben gelöst (Stellen für die Befestigungslaschen der Öl-Pipeline und der Schutzpappe ggfs. markieren), kann man das Winkelblech herunterklappen.



Abbildung 19: Winkelblech herunterkippen

Zum Vorschein kommt –aaaahhhh!!!- die Verharfung!

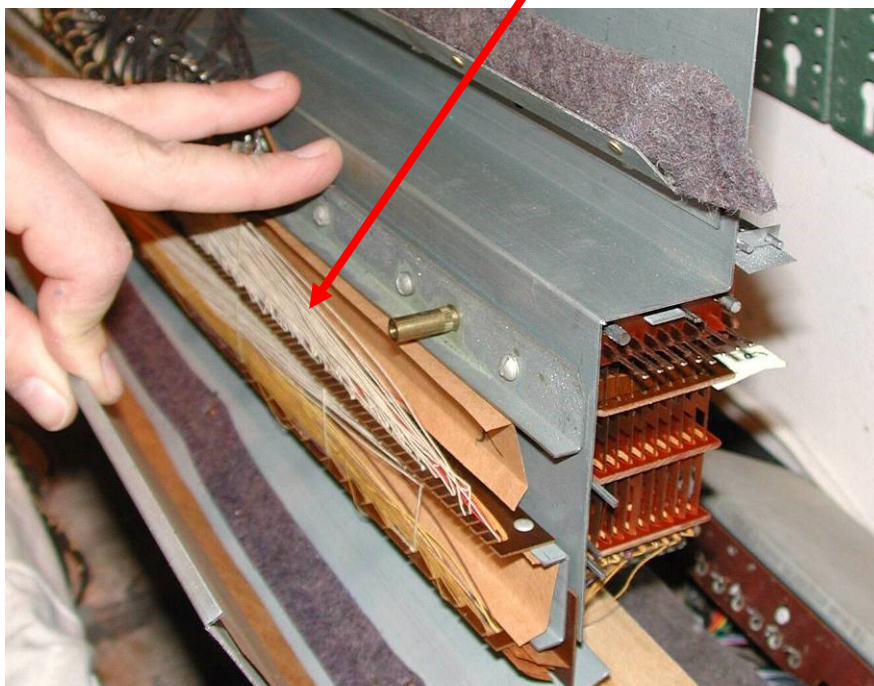


Abbildung 20: Verharfung unter dem Winkelblech

Ein letzter Blick noch, bevor wir uns weiter an das Kontaktzungen-Wechseln machen...



Abbildung 21: Verharfung

Das Winkelblech kann man leider nur recht schwer komplett abbauen, da es von den Kabeldurchführungen der Preset-Tasten gehalten wird und dazu erst die Kabeldurchführungsplatte gelöst werden müsste (Zusammenbau: eklige Arbeit!). Man kann es aber nun stark nach unten abkippen. Das schafft jedoch meistens genügend Spielraum, um die Kontaktzungen entnehmen zu können.

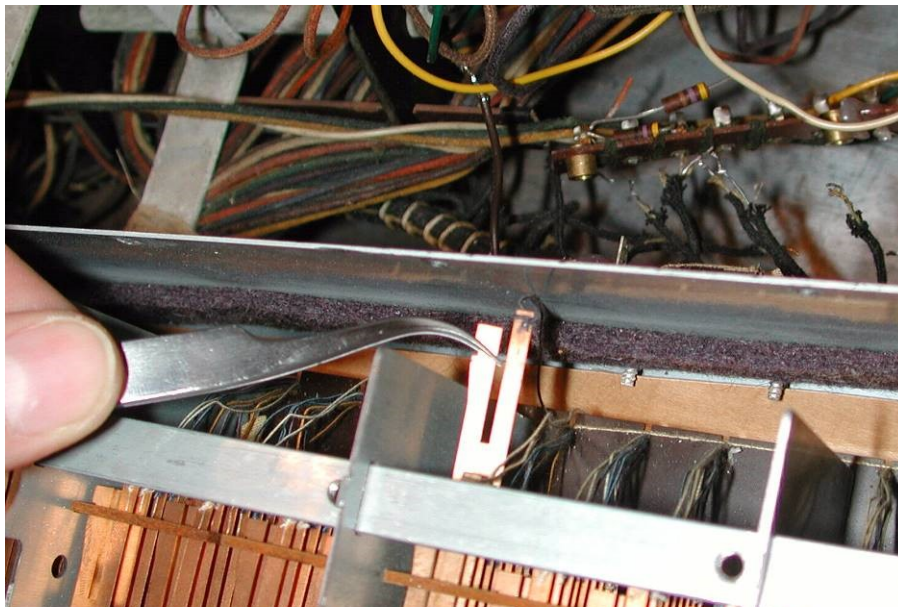


Abbildung 22: Kontaktzungenwechsel mit Pinzette

Das nun folgende Bild zeigt eine Aufnahme von hinten. Mit etwas Fingerspitzengefühl kann an die defekte Kontaktzunge nun nach hinten herausziehen.

Man muss nur aufpassen, dass man sich beim Herausziehen nicht in den Anschlussdrähtchen der Nachbarn verheddert.

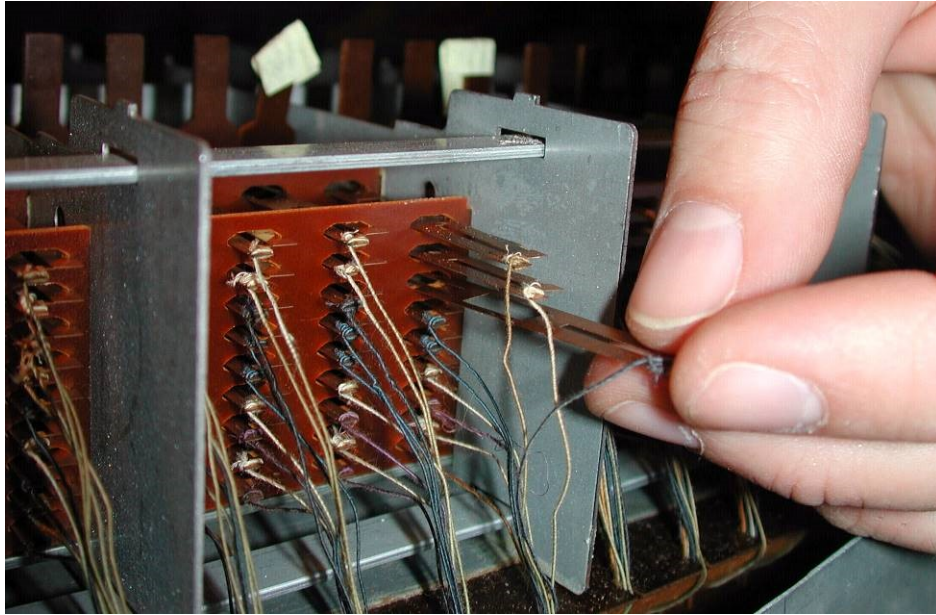


Abbildung 23: Kontaktzunge nach hinten herausziehen

So hat man sie also dann in der Hand. Wenn sie nun gewechselt werden muss, knipst man den Anschlussdraht direkt hinter der Zunge ab (Draht möglichst lang lassen!) und lötet es an die neue Kontaktzunge an. Diese wird dann wieder von hinten eingeschoben und eingerastet.

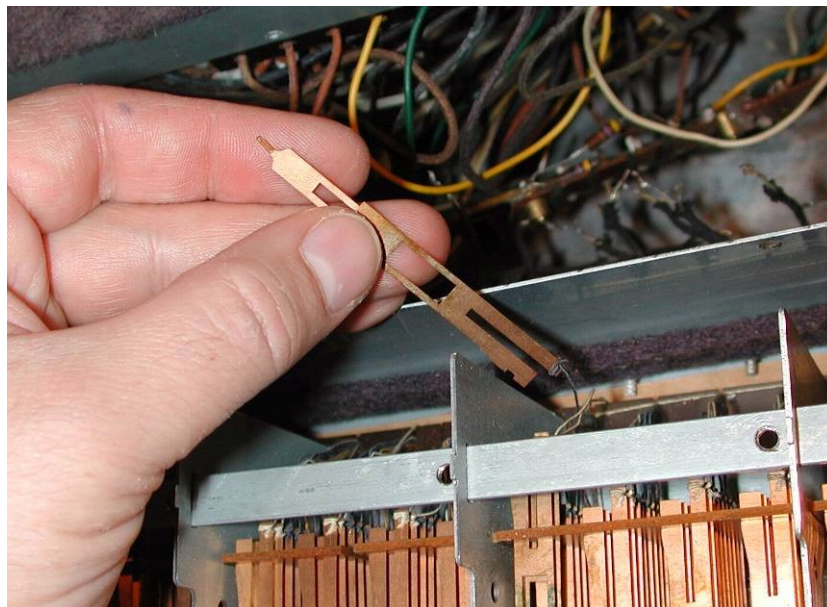


Abbildung 24: Kontaktzunge ist draußen

2.3 Kontaktzungen auswechseln: Einbau

Obwohl sich der Einbau eigentlich in nichts vom Ausbau unterscheidet, möchte ich ihn hier am Beispiel des allerletzten Kontaktzungenpakets doch noch einmal im Detail zeigen (hier hat man die beste Sicht für Fotos).

Gehen wir also einmal davon aus, dass wir ein Kontaktzungenpaket komplett auseinander genommen hatten. Wir führen also alle Zungen nach und nach wieder von hinten ein.

Zwei Teile, die Sie beim Auseinanderbauen eigentlich bemerkt haben müssten: Die Schubstange  und der Verriegelungsbolzen .

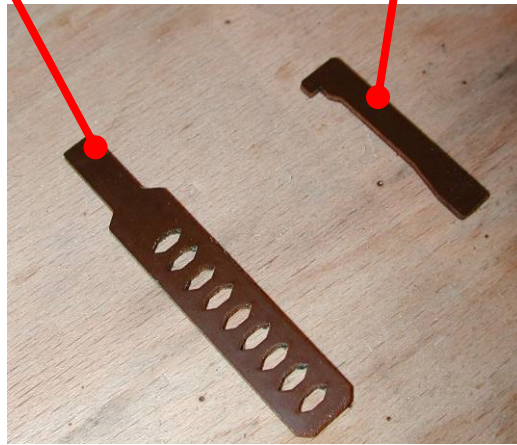


Abbildung 25: Schubstange und Verriegelungsbolzen (vlnr)

Wir greifen uns also die Schubstange  und fädeln alle Kontaktzungen durch die Führungsschablone hindurch.

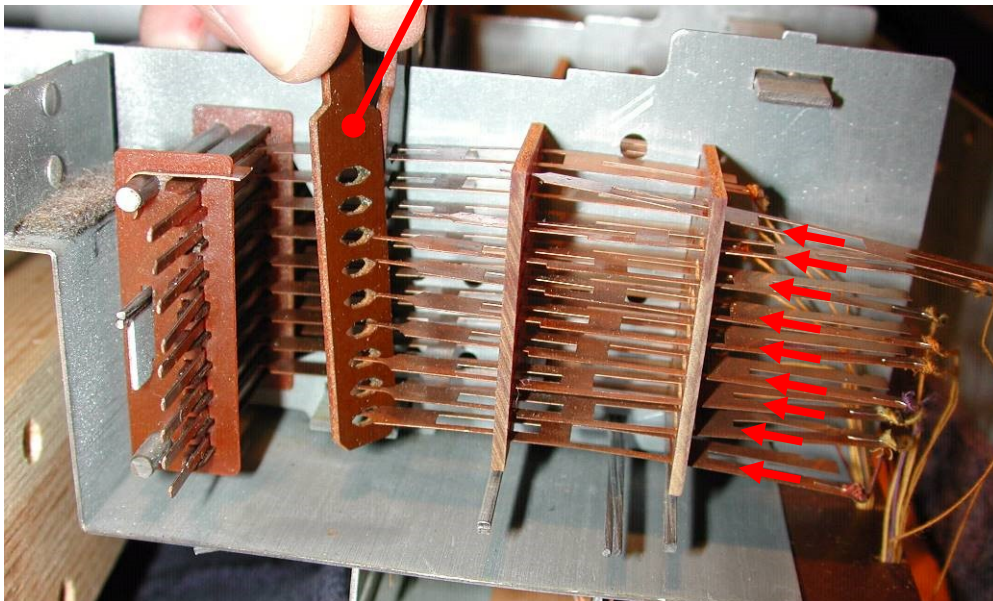


Abbildung 26: Schubstange aufschieben

Bitte darauf achten, dass nicht versehentlich zwei Kontaktzungen in dasselbe Loch rutschen und sich so gegenseitig verklemmen.

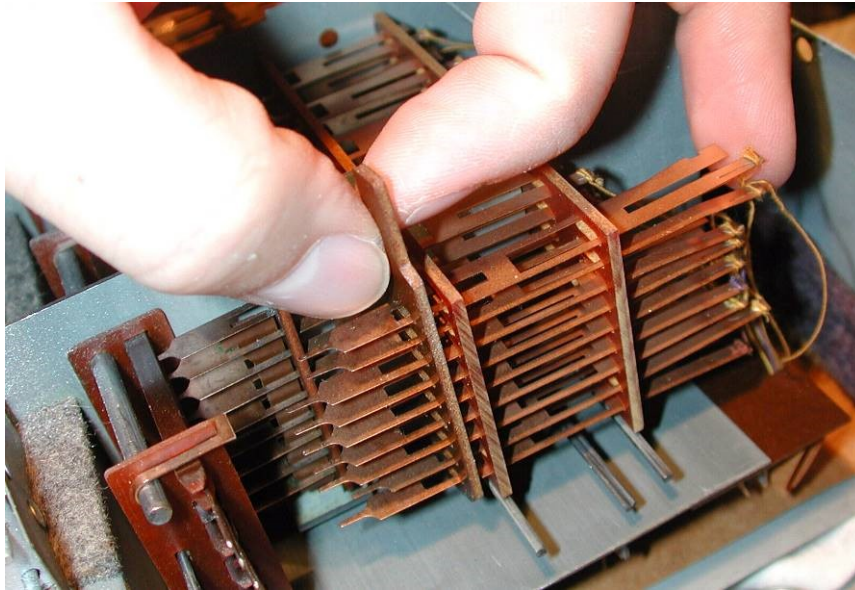


Abbildung 27: Schubstange aufgesteckt

Nun drücken wir vorsichtig gegen das hintere Ende und schieben alle Zungen (außer der obersten) nach und nach komplett ein, bis sie verrasten. Wichtig: bitte genau hingucken und sicherstellen, dass die Spitzen auch genau den Kontaktraum (• = kleiner Zwischenraum zwischen zwei Sammelschienen) treffen!

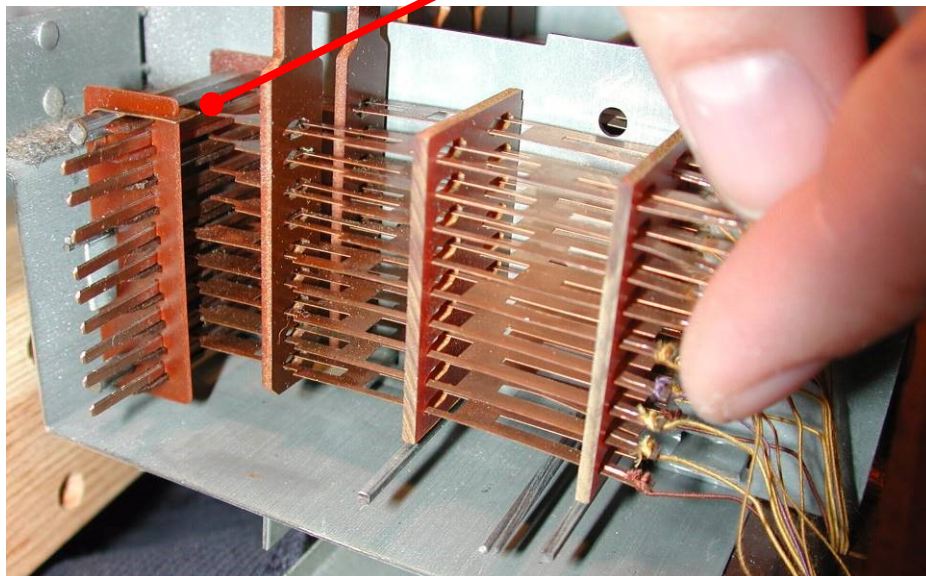


Abbildung 28: Kontaktzungen einrasten

Danach setzen wir den Verriegelungsbolzen wieder ein. Er wird von oben in das erste Längsloch eingeführt. Normalerweise fällt der Bolzen ganz leicht die Öffnung hinein....

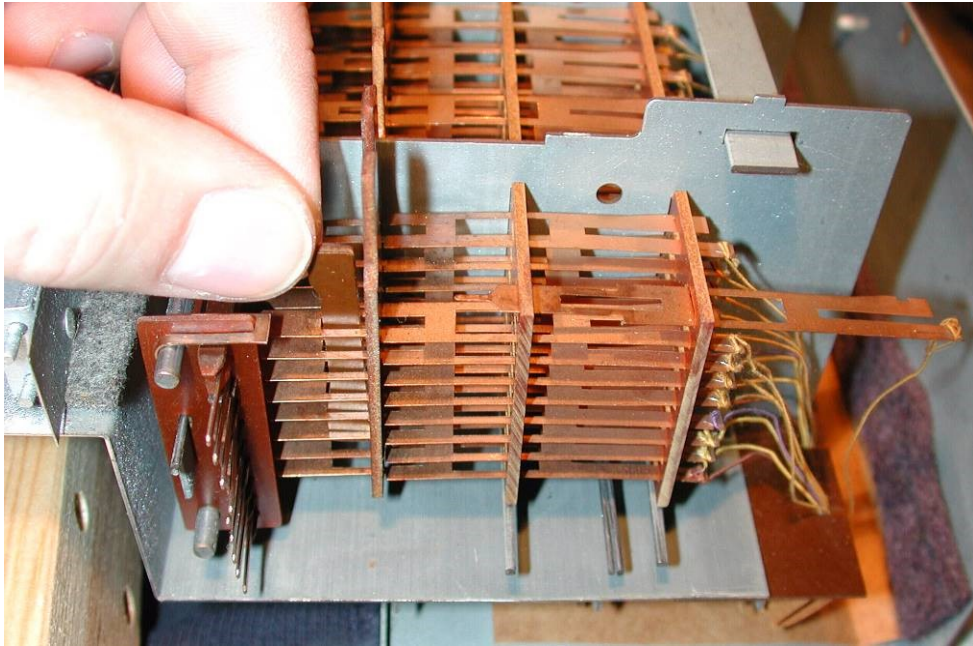


Abbildung 29: Verriegelungsbolzen einsetzen (1)

...viel zu drücken braucht man daher eigentlich nicht.

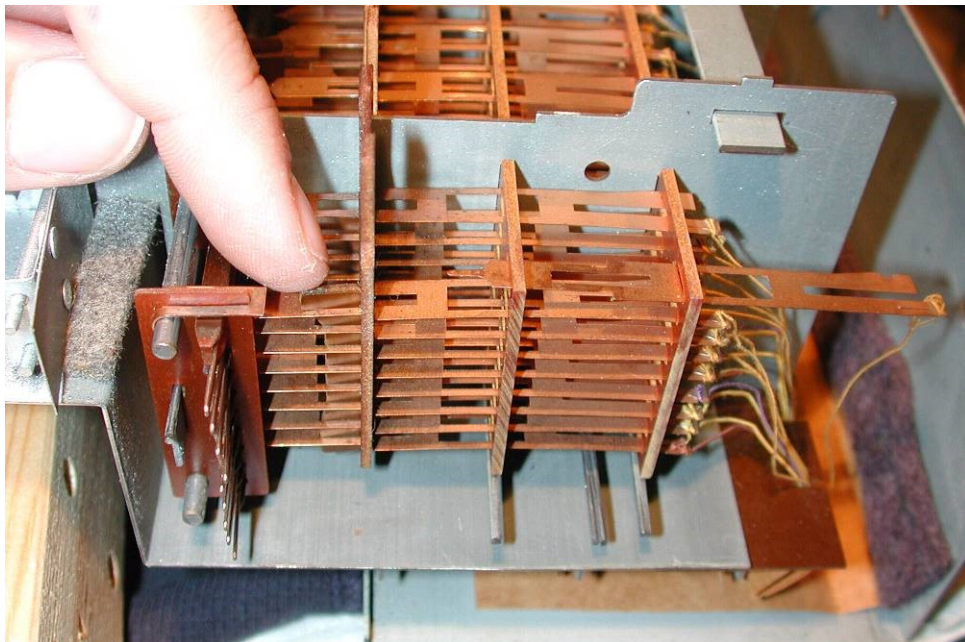


Abbildung 30: Verriegelungsbolzen einsetzen (2)

Erst jetzt darf auch die oberste Kontaktzunge eingeschoben und verrastet werden.

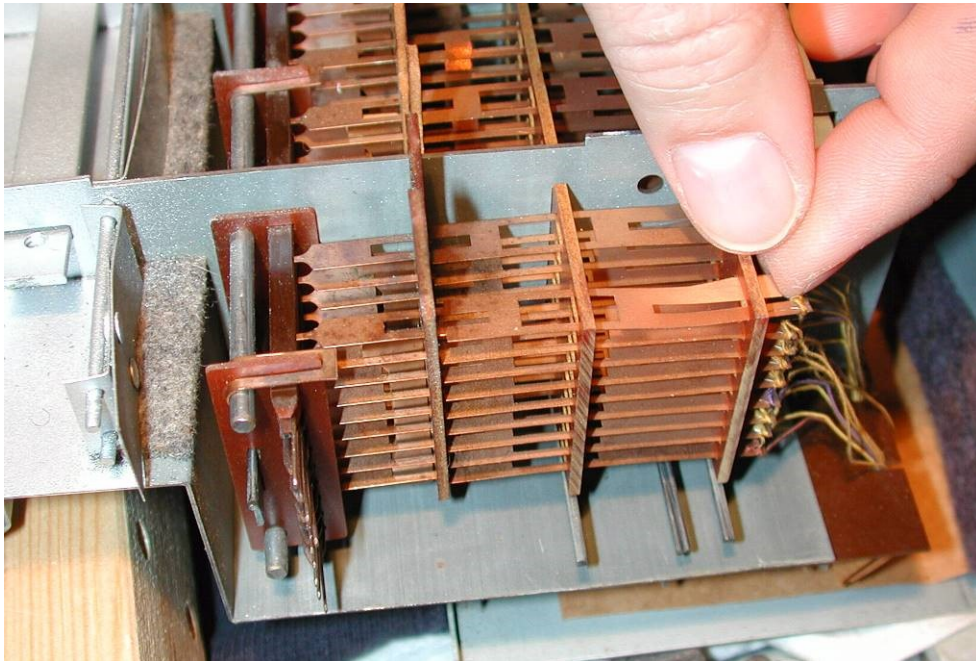


Abbildung 31: oberste Kontaktzunge einrasten

Zur Kontrolle tippt man nun die Schubstange nun noch ein paar mal herunter und beobachtet dabei, ob sich auch alle Kontaktspitzen wirklich parallel (=gemeinsam) im Kontaktraum bewegen.

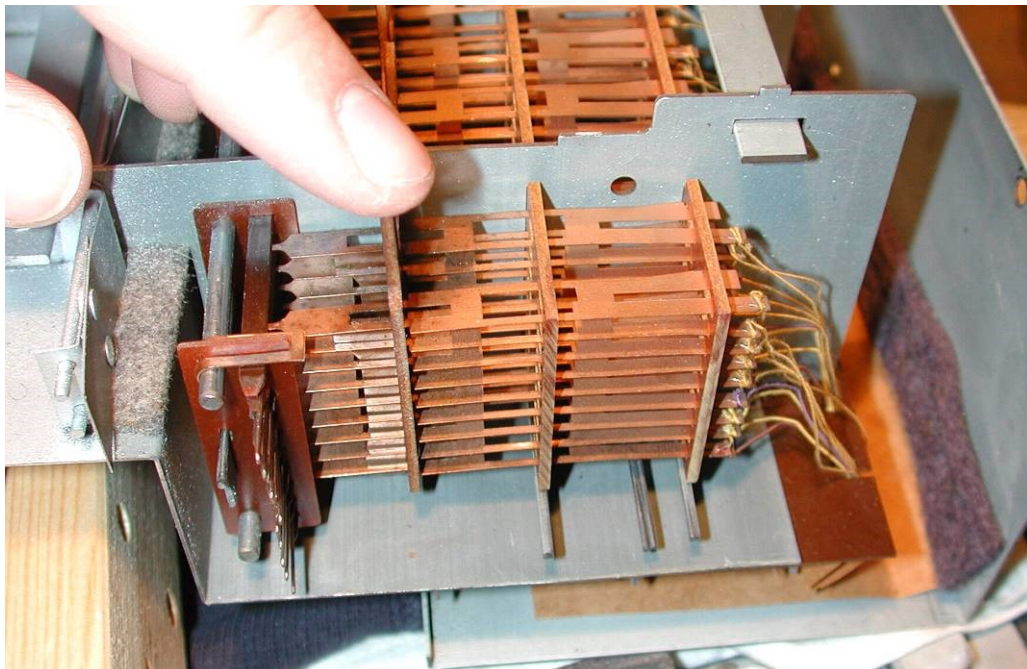


Abbildung 32: Kontaktprobe

Der häufigste Fehler:
die Kontaktspitze sitzt nicht im Kontaktraum über der Sammelschiene, sondern ist beim Einschieben versehentlich zwischen die Hartpapierführung und Sammelschiene eingeklemmt worden!

eine Hartpapierführung (ca.1m langer Streifen)

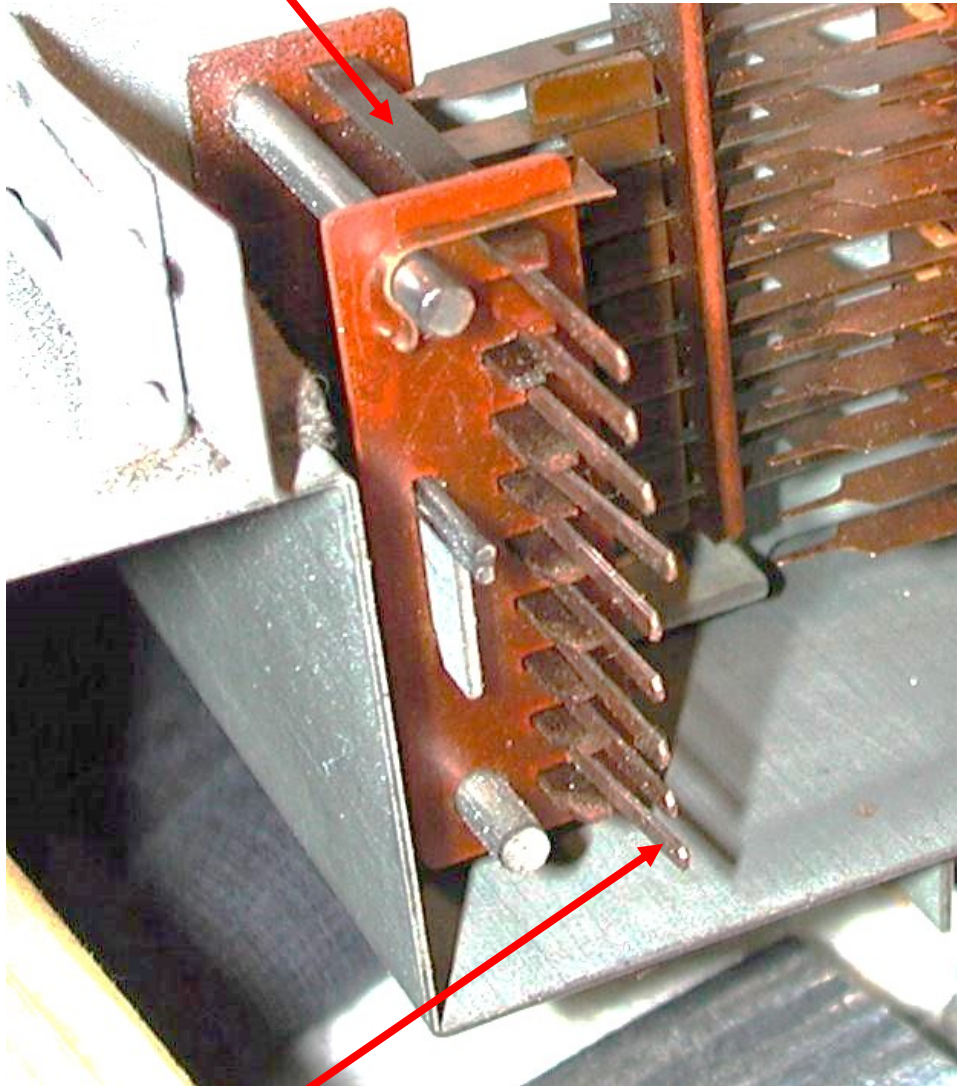


Abbildung 33: Hartpapierführung und Sammelschiene

eine Sammelschiene

Hier hilft dann nur: Kontaktzunge aushaken, vorsichtig etwas zurückziehen und neu einrasten. Diesmal aber besser "zielen"! Es hat sich als vorteilhaft gezeigt, während des Einschiebens leicht an der Druckstange zu wackeln. Durch die Bewegung der Kontaktspitze kann man dann schneller erkennen, ob sie irgendwo anhakt oder verklemmt und ggfs. neu zielen.

2.4 Kontaktzungen elektrisch prüfen

Spätestens nach einem Wechsel einer oder mehrerer Kontaktzungen bietet es sich an, die einwandfreie Funktion aller Tastaturkontakte nachzumessen. Wer konzentriert arbeitet und dabei noch einigermaßen fix ist, schafft diese Arbeit in etwa 40 Minuten (pro Manual).

Das wichtigste Werkzeug ist dabei die so genannte "LED-Platine", die wir bereits aus dem ersten Band des Technikhandbuches her kennen.

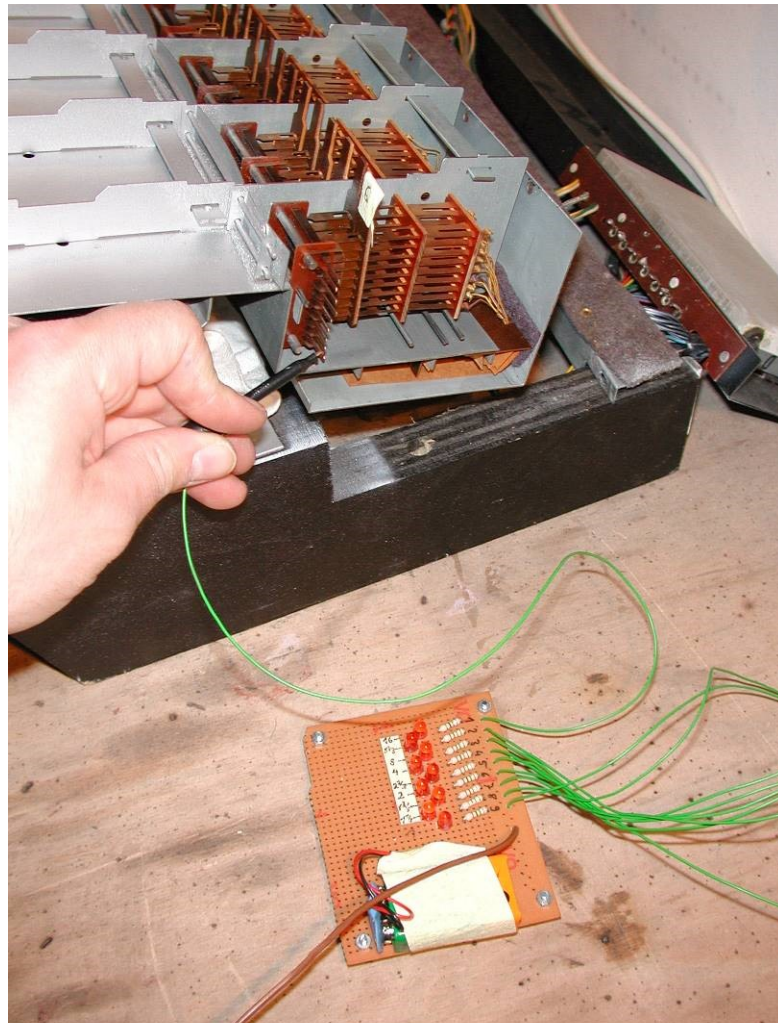


Abbildung 34: LED-Platine

Mit neun Leuchtdioden, 150Ohm-Vorwiderständen und einer 9V-Blockbatterie bestückt, lassen sich nun alle Kontakte (einschließlich Verharfung!) auf einwandfreie Funktion testen.

Man beginnt damit, die neun Anschlusskabel der LEDs an die Sammelschienen anzuklemmen. Das kann man an verschiedenen Stellen tun; eine sehr schöne Abgriffmöglichkeit zeigt aber Abbildung 34. Die unterste Sammelschiene ist übrigens die 16'-Schiene; entsprechend die oberste die 1'-Schiene.

Ganz wichtig: die LED-Platine kann nur funktionieren, wenn der Manual-Kabelbaum vollständig abgelötet wurde und darauf geachtet wird, dass sich keine der Drähte berühren (Kurzschluss). Es geht dabei zwar nichts kaputt, jedoch erhalten wir dadurch verkehrte Messergebnisse.

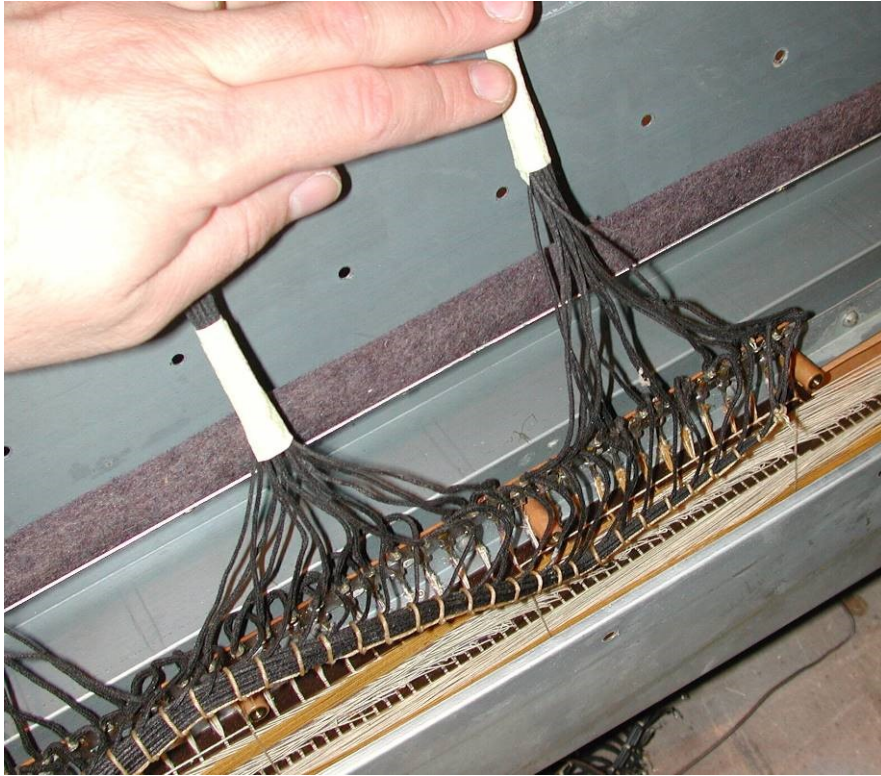


Abbildung 35: Verbindungskabel bündeln

Ganz gut funktioniert das, wenn man die abgelöteten Verbindungsdrähte zwischen den beiden Manualen mit Maler-Klebeband zu kleineren Bündeln zusammenklebt und vorsichtig hochbiegt.

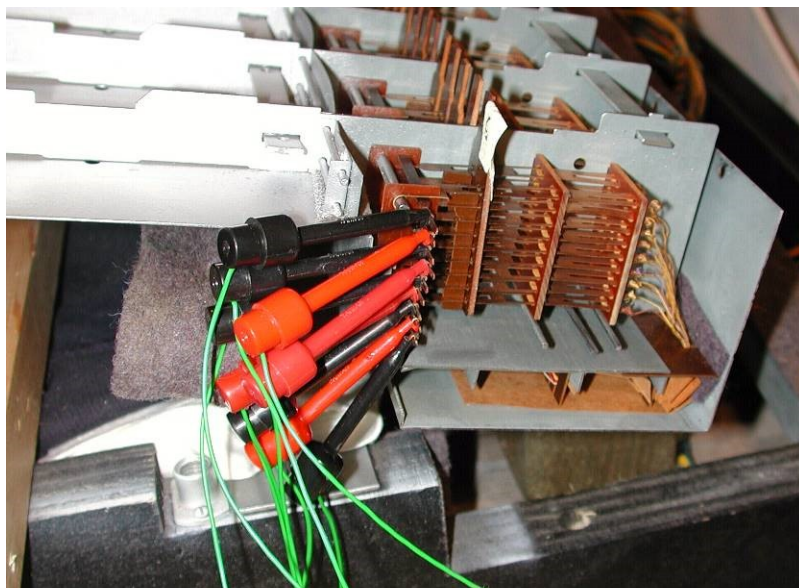


Abbildung 36: alle Messkabel angeklemmt

Sind alle neun Messkabel an die neun Sammelschienen angeklemmt (Abbildung 36), so kann mit der Messung begonnen werden.

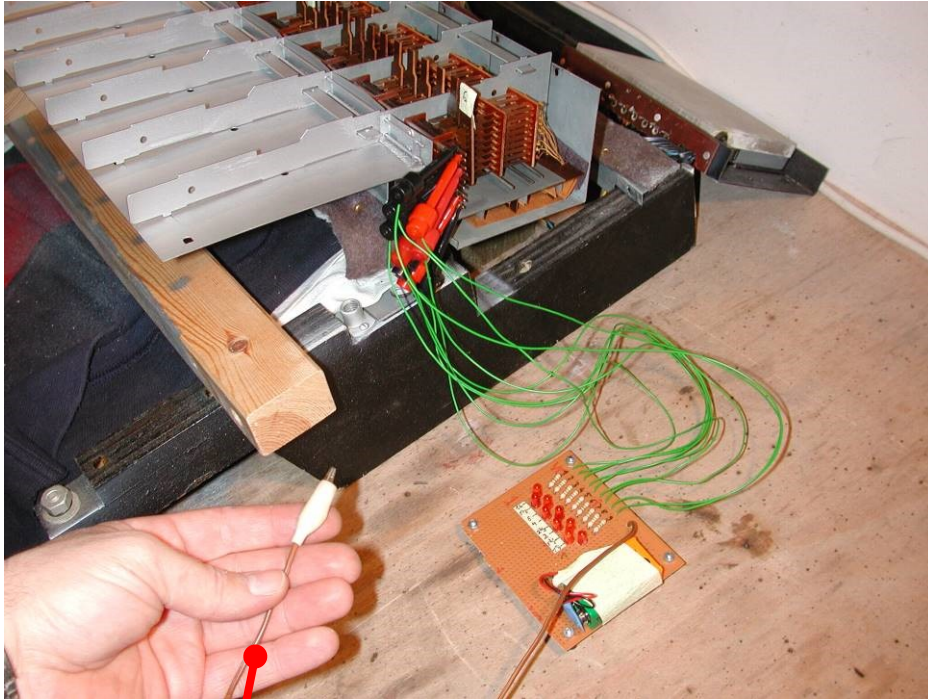


Abbildung 37: Messleitung

Mit dem zehnten Kabel der Prüfschaltung wird nun der zu prüfende Stromkreis versorgt. man beginnt mit Ton Nr. 13; also an der Manual-Lötösenleiste ganz links.

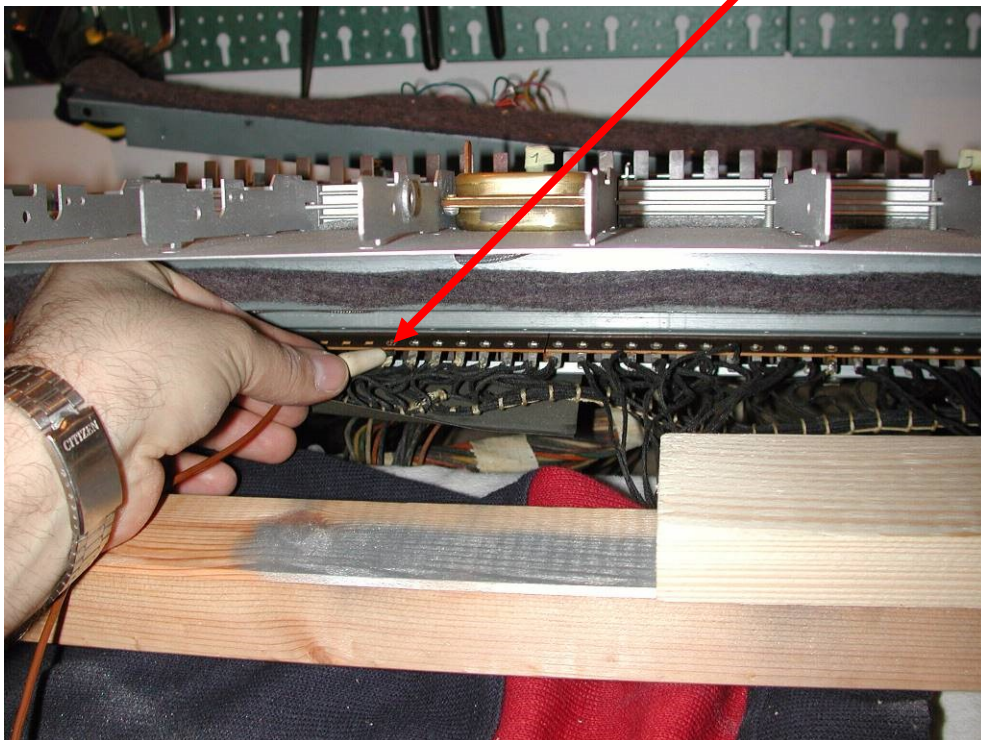


Abbildung 38: Messkabel an Lötösenleiste anklemmen

Damit beginnt die ganze Arbeit. Anhand einer ausgedruckten Tabelle (siehe Hammond-Technikhandbuch, 1. Teil) werden nach und nach alle einzelnen Spielkasten/Töne geprüft. Welche LED's bei welchen Spielkasten-Nummern leuchten müssen, verrät jeweils die Tabelle.

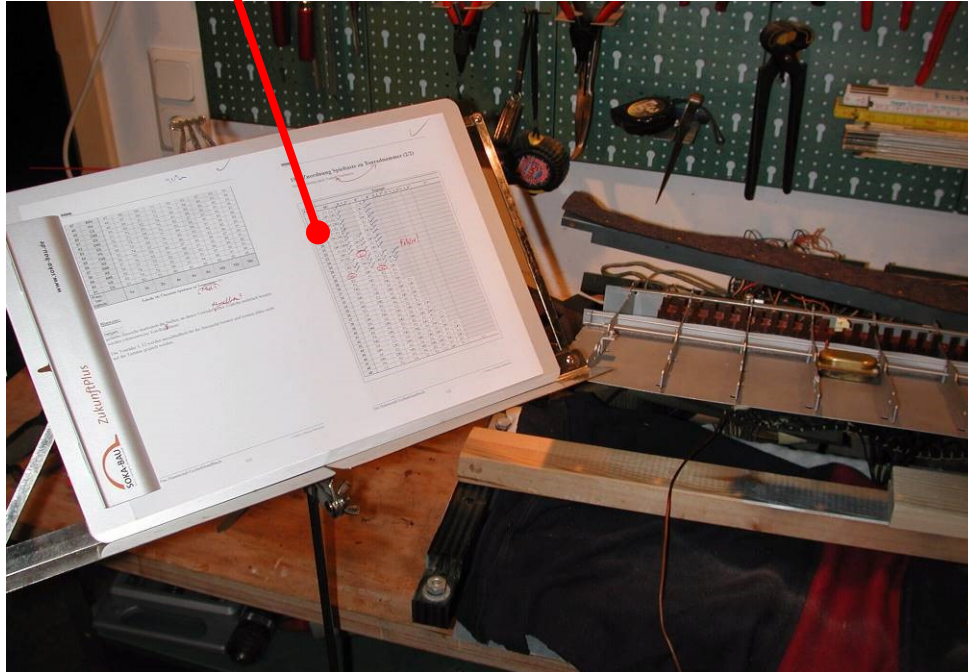


Abbildung 39: ausgedruckte Tabelle als Referenz zum Abhaken

Wenn man sie systematisch Stück für Stück auf der ausgedruckten Tabelle mit einem Filzstift abhakt, ist man sich hinterher auch sicher, nichts vergessen zu haben.

3 Sammelschienen einfädeln

Hin und wieder trifft man auf Orgeln, bei denen die Sammelschienen leider schon ziemlich verbogen oder geknickt sind. Das macht das Einfädeln natürlich nicht unbedingt leichter.

Ich begegne solchen Situationen mit drei Waffen:

1. Geduld
2. 2mm Durchschläger
3. Gummihammer.

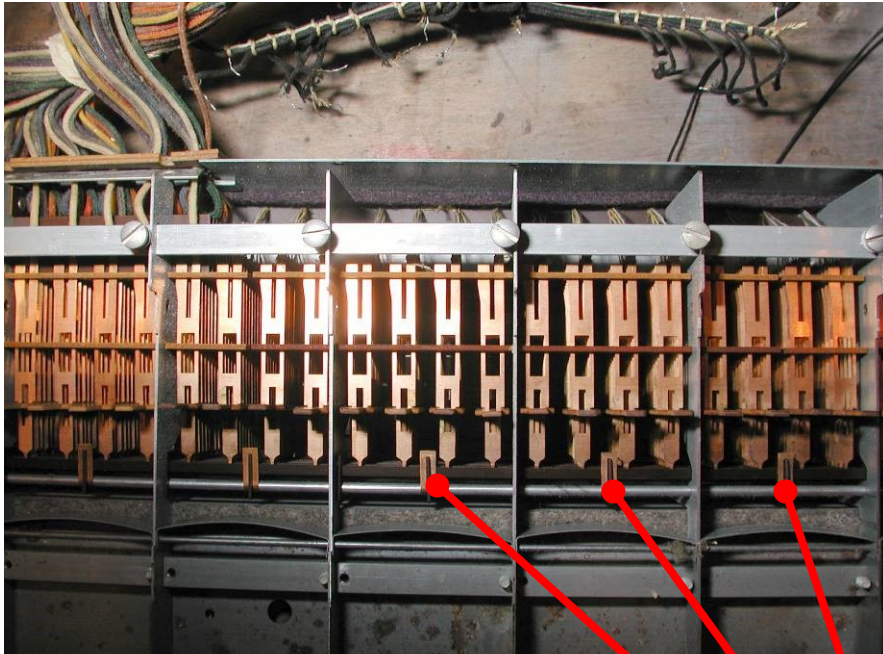


Abbildung 40: "Druckstellen" beim Wieder-Einfädeln

Das ist völlig ernst gemeint! Ist die „Fahrt“ beim Einschieben irgendwann definitiv zu Ende und alles Ruckeln und Stochern hilft nichts, dann ermittelte ich zuerst die Stelle, an der die Sammelschiene hakt. Indem ich mit einem Zollstock (korrekt „Gliedermaßstab“) den links noch herausstehenden Teil der Sammelschiene abmesse, kann ich dieses Maß auf die rechte Seite übertragen und ermittele dabei meist eine dieser Führungen als die Problemstelle.

Das häufigste Problem:

Die Sammelschiene steht unmittelbar vor dem Führungsloch, trifft es aber nicht mittig, sodass es anhakt und nicht von alleine einzufädeln geht.

Die Lösung:

Je nachdem, ob die Sammelschiene einen Höenschlag oder eher einen Seitenschlag hat, hilft nun der Gummihammer oder der Durchschläger.

Höhenschlag:

Die Sammelschiene ist so verbogen, dass sie nach oben oder nach unten leicht gekrümmt ist. Jetzt den Gummihammer holen und ganz leicht auf und auch neben die Führungsstellen klopfen. Bei gleichzeitigem Stochern mit der Sammelschiene rutscht sie dann letztendlich doch irgendwann in das Führungsloch. Mann kann auch mit dem Finger an diesen Führungen leicht wackeln oder mit dem Gummihammer in der Nähe auf das Metallchassis klopfen. (Dabei nur höllisch aufpassen, dass man die Schubstangen der Kontaktzungen nicht dabei versehentlich erwischt und so abbricht.)

Durch die so entstehenden Vibrationen hat man gute Chancen, dass man die Sammelschiene irgendwann über die Problemstelle hinwegschieben kann.

Seitenschlag:

Für den Fall, dass die Sammelschiene jedoch zur Seite hin verbogen ist, nützt der Gummihammer nichts. Ich habe in meiner Werkstatt immer einen Satz Durchschläger griffbereit, daraus greife ich mir in diesem Fall dann immer den dünnsten, den ich besitze (2mm Durchmesser). Es geht zur Not aber auch ganz dünner Schraubendreher, ein Schaschlikspieß oder gar eine Stricknadel. Wichtig ist nur, dass sie dünn genug ist, sie unmittelbar links neben der Führung senkrecht nach unten einzustecken, bis sie auf Höhe der hakenden Sammelschiene angekommen ist.

hier einstecken!

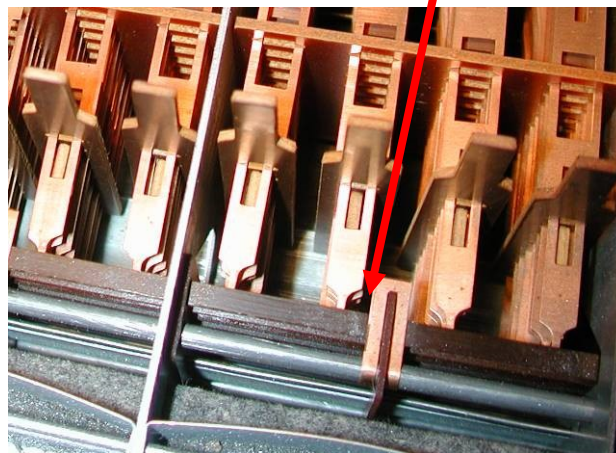


Abbildung 41: Durchschläger einstecken

Ist das entsprechende Stocher-Werkzeug (Durchschläger, Stricknadel oder Schaschlikspieß) auf Höhe der hakenden Sammelschiene angekommen, dann drücken wir damit das Sammelschienenende leicht nach hinten zurück (also in Richtung Gehäusewand, zu sich herziehen). Meistens ist in solchen Fällen die ärgerliche Seitenkrümmung der Sammelschiene in Richtung Orgelrückwand, daher muss man sie zu sich hin ziehen.)

4 Kabeldurchführungsblock (Preset-Tasten)

Besonders kribbelig wird es, wenn man eine Kontaktzunge im Bereich des Preset-Tastenblocks wechseln muss, denn dann muss man die komplette Durchführung des Kabelbaums ausbauen, ansonsten kann man die Kontakte nicht nach hinten hinausziehen.

Die Durchführung besteht aus einem zweiteiligen Befestigungsstreifen (eine Metallunterlage von hinten und ein Hartpapierstreifen von vorne) ...

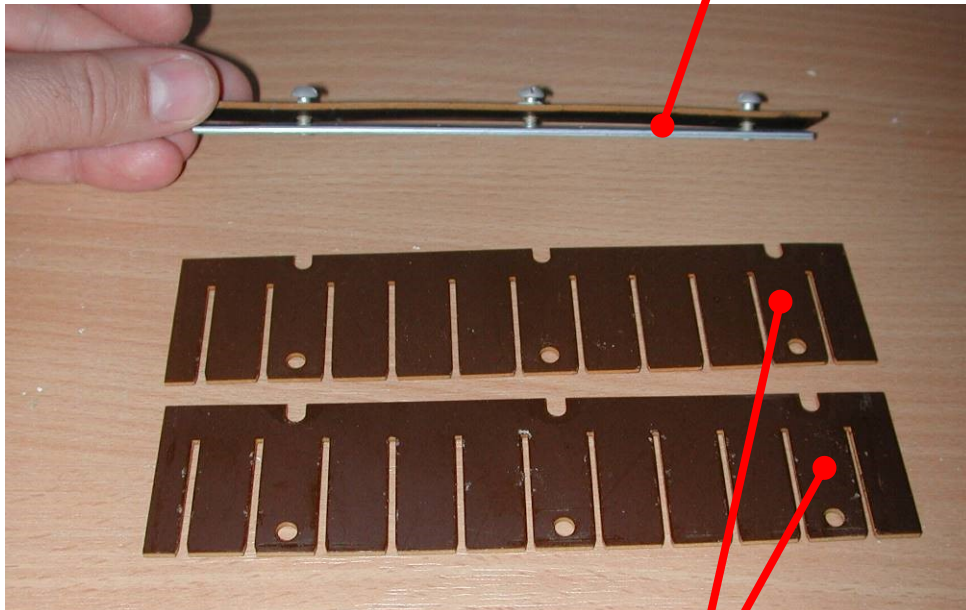


Abbildung 42: Bauteile des Kabelaustritts

... sowie aus zwei identisch gefertigten Hartpapierschablonen, die über kammartige Einschnitte verfügen. In diese Einschnitte werden später die Kabelstränge eingeschoben.

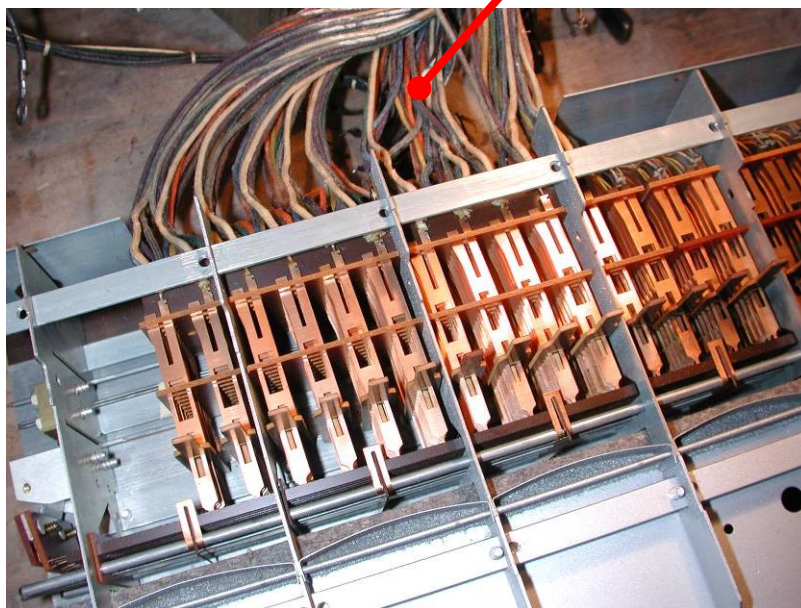


Abbildung 43: Kabelaustritt

Das Wiedereinfädeln der Kabelstränge in die Schlitzte der Führungsschablone ist manuelle Fleißarbeit. Zuerst setzt man die Schablone von oben an....

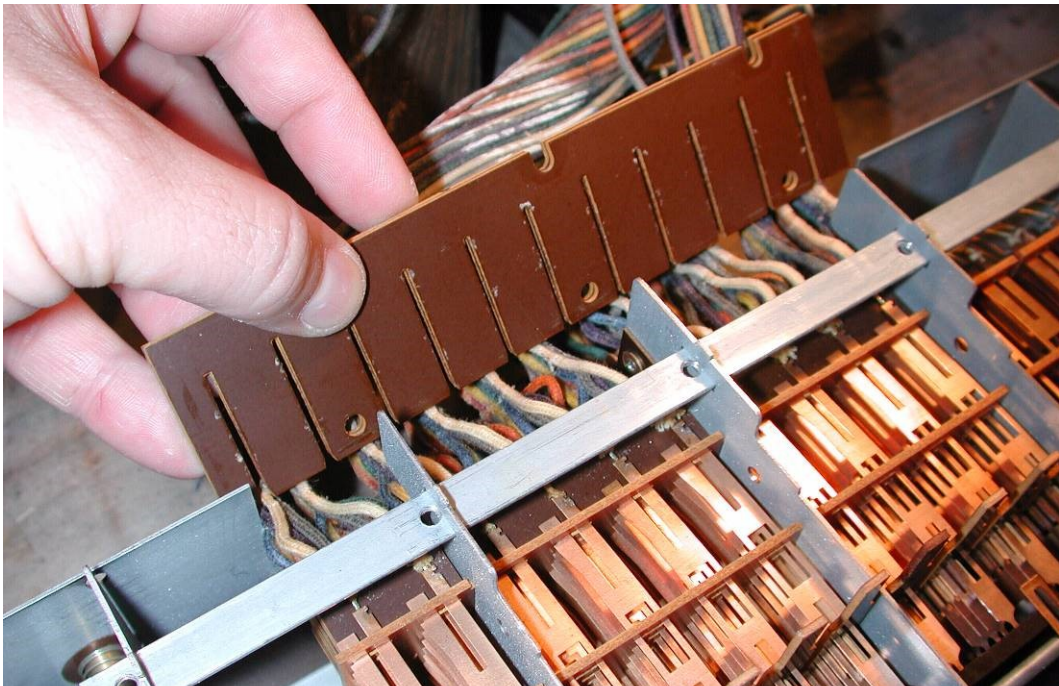


Abbildung 44: Schablone aufstecken

...danach zieht man die Kabel nacheinander einzeln mit einem stabilen Haken von unten in den jeweiligen Schlitzten hoch.

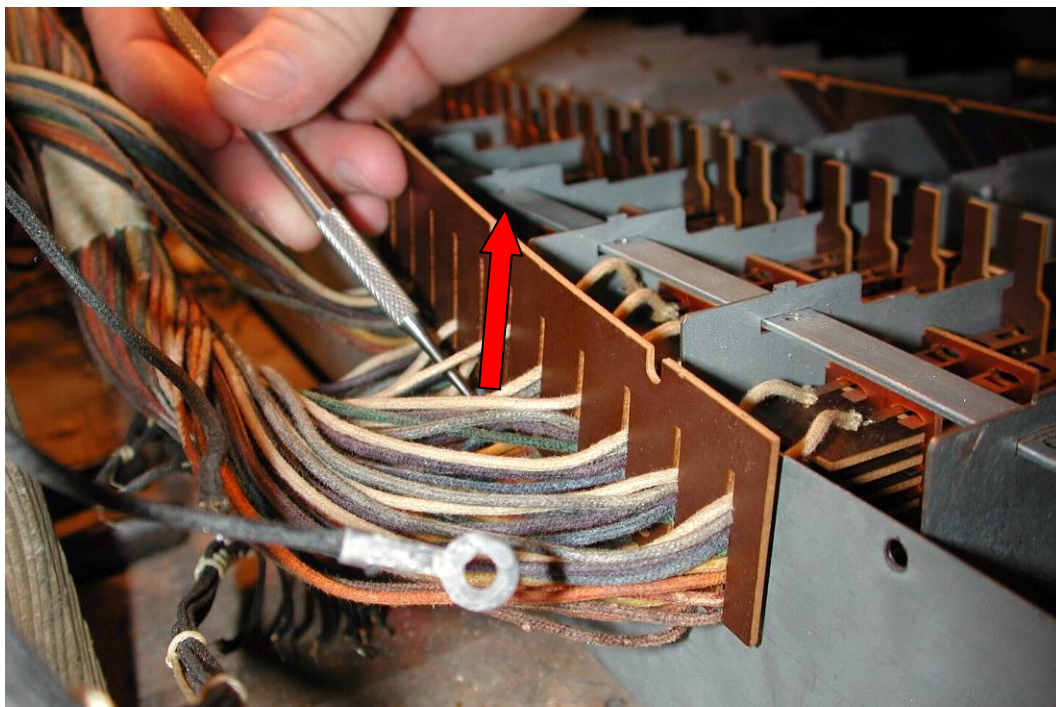


Abbildung 45: Kabel einzeln einschieben

Bei dieser Arbeit ist unbedingt auf die richtige Reihenfolge der Kabel zu achten (von oben nach unten als auch von links nach rechts). Ansonsten ist eine saubere und ordnungsgemäße Kabelverlegung nicht zu erreichen.

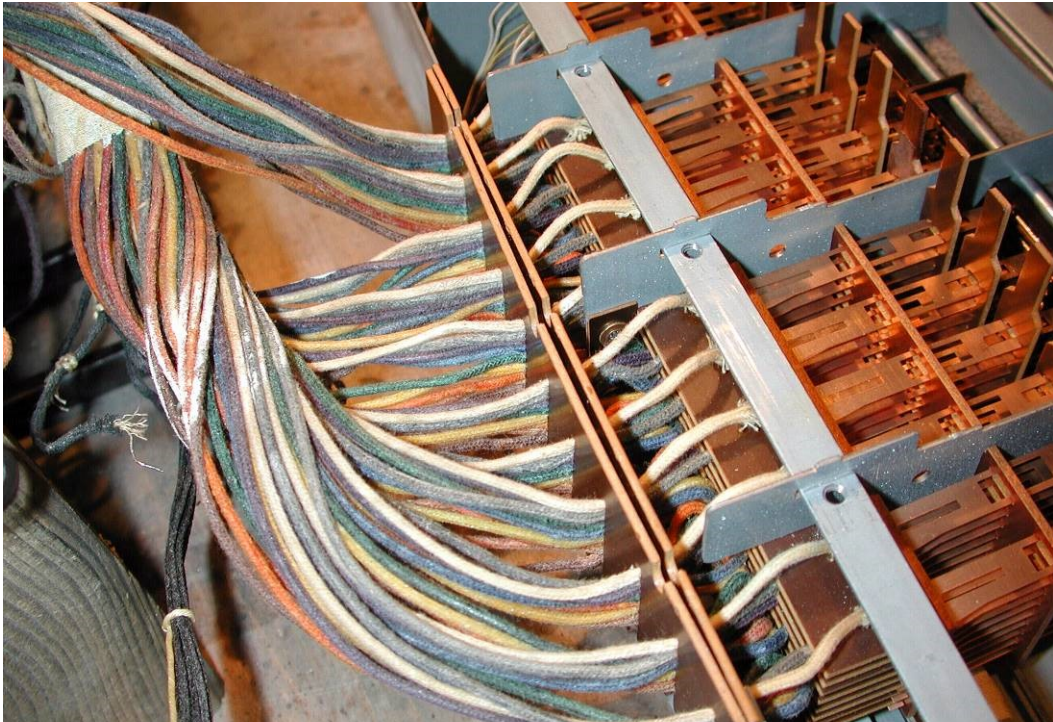


Abbildung 46: Kabel eingeschoben

Abbildung 47 zeigt die aufgesteckten Kabelschablonen aus einer anderen Perspektive.

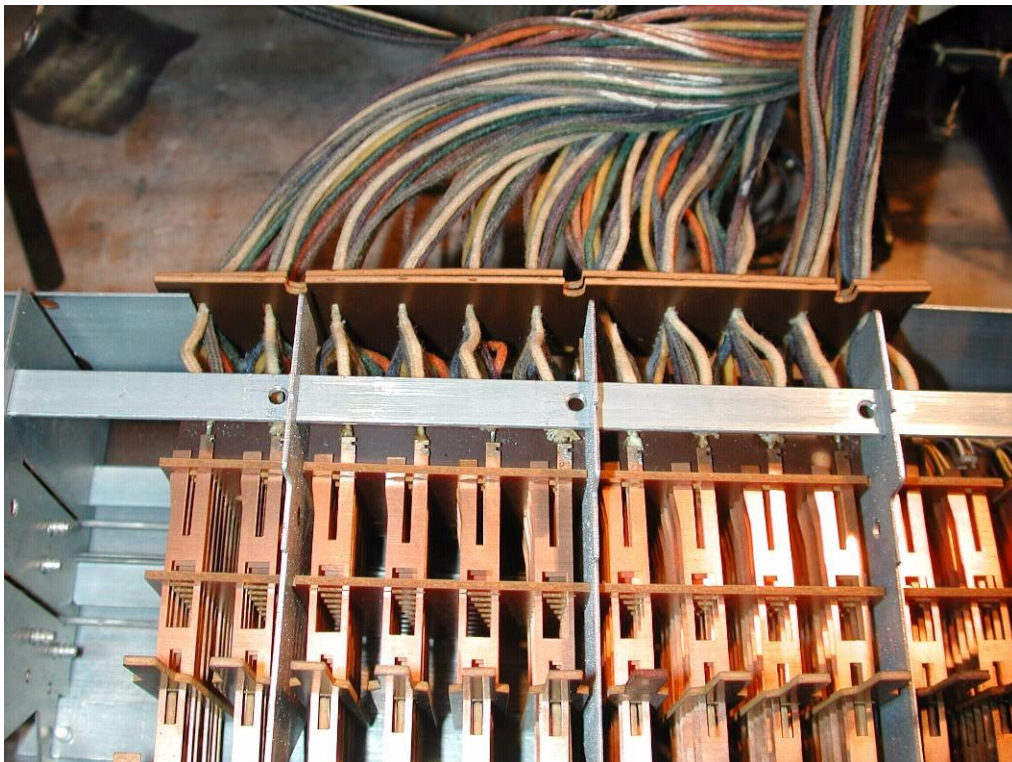


Abbildung 47: Kabelaustritt (andere Ansicht)

Im nächsten Schritt wird der Befestigungsstreifen eingesetzt (zwei Teile).

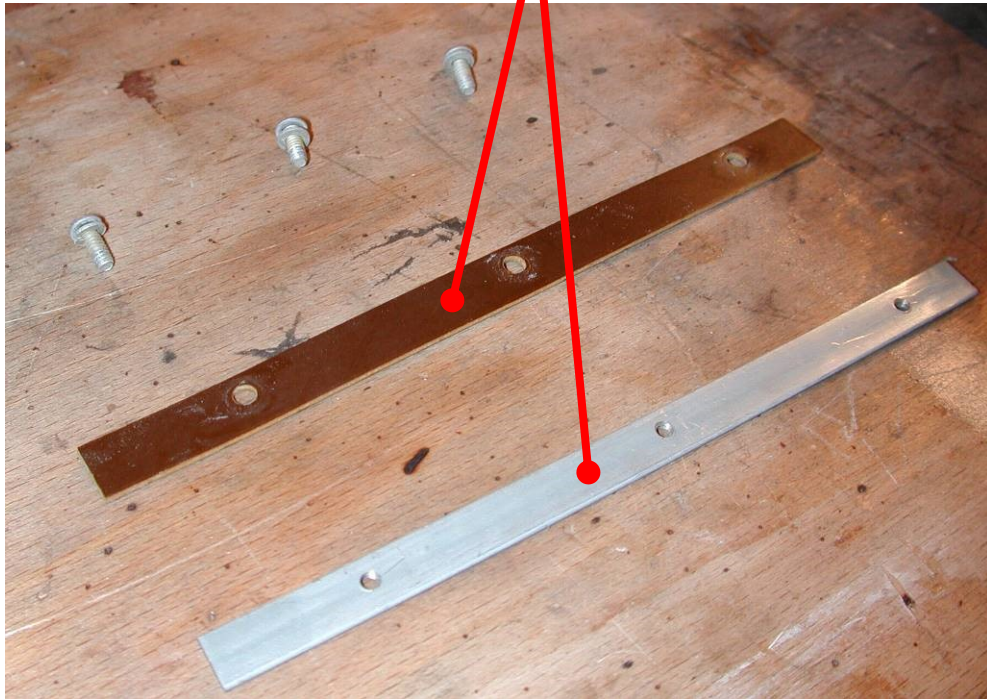


Abbildung 48: Befestigungsstreifen

Man schiebt zuerst den Metallstreifen von der Seite aus ein. Achtung: auf korrekte Einbaulage achten- die Bohrungen in dem Streifen sind nicht symmetrisch! (Das Ende mit dem näher am Ende liegenden Bohrloch voran!) Den Metallstreifen so ausrichten, dass er genau zentrisch unter den Kabelaustritten liegt (mittig im Ausschnitt des Gehäuses).

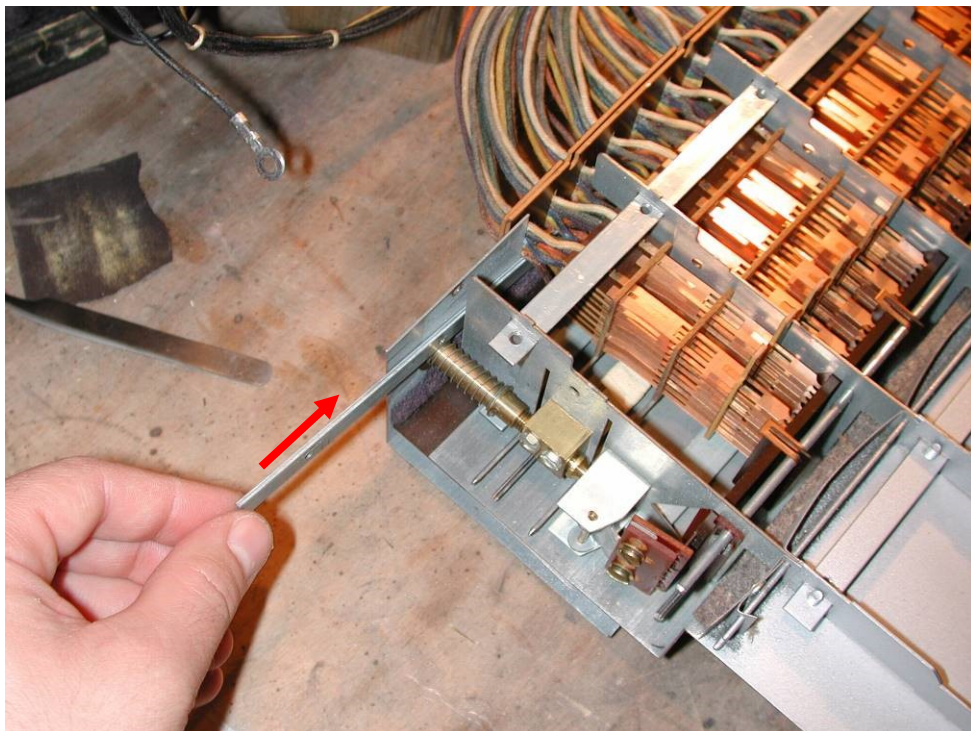


Abbildung 49: Metall-Unterteil einschieben

Dann wird der Hartpapierstreifen (ebenfalls seitenrichtig) von der Rückseite her angelegt...



Abbildung 50: Schraube von hinten einsetzen (1)

... und durch drei Schlitzschrauben befestigt. Das Schraubengewinde greift dabei in die Löcher des eben gerade in Abbildung 49 eingeschobenen Metallstreifens.

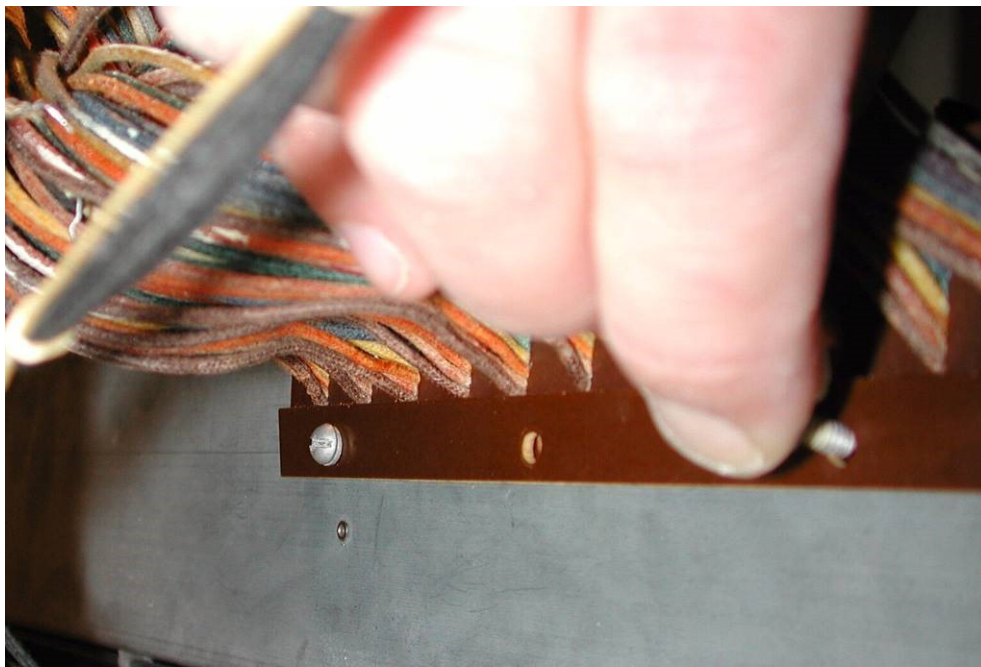


Abbildung 51: Schrauben von hinten einsetzen (2)

Damit wäre der Kabelaustritt des Preset-Tastenblocks wieder eingebaut.

4.1 Probleme?

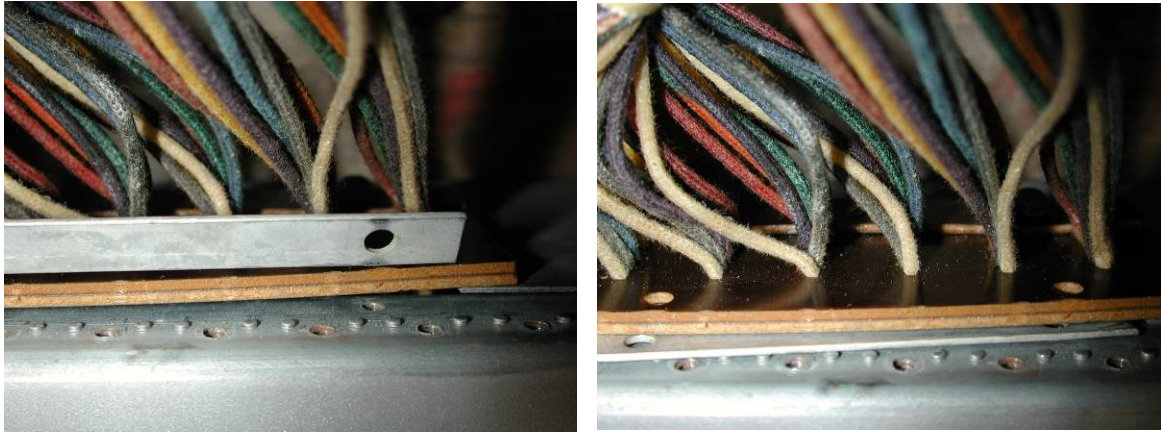


Abbildung 52: Blechstreifen am Kabelaustritt

Wichtiger Hinweis für den Wiedereinbau:

Stellt man beim späteren Zusammenschrauben fest, dass kein Schraubenloch richtig fluchtet, oder man die Schrauben nur mit Gewalt eingedreht bekommt, wenn man das Gehäuse mit Schraubzwingen mutwillig verspannt, dann liegt vermutlich das Problem vor, dass der komplette Kabelaustritt-Streifen nicht mehr richtig zentrisch im Manualchassis sitzt. Zur Problembehebung dann bitte doch (zusätzlich) auch die drei unteren Schrauben so weit lösen, bis die komplette Einheit beweglich wird. Dann kann solange ausgerichtet werden, bis die Chassis-Schrauben wirklich ganz leicht und völlig verspannungsfrei (sogar von Hand) eingedreht werden können!

Bei uns zum Beispiel musste das komplette Kabelpaket ganz weit nach unten gedrückt werden (keine Angst, man kann dadurch konstruktionsbedingt keine Kabel abquetschen), bis alle Schrauben richtig passten.

5 Schubstangen-Schutz

Aus leidiger Erfahrung weiß ich leider, wie schnell man beim eifrigen Basteln versehentlich eine der Schubstangen aus Hartpapier abbrechen kann. Aus Fehlern soll man ja bekanntlich lernen, und daher habe ich mir folgenden Schutz ausgedacht, den man einfach von oben auf die nach oben herausragenden Schubstangen drauflegt:

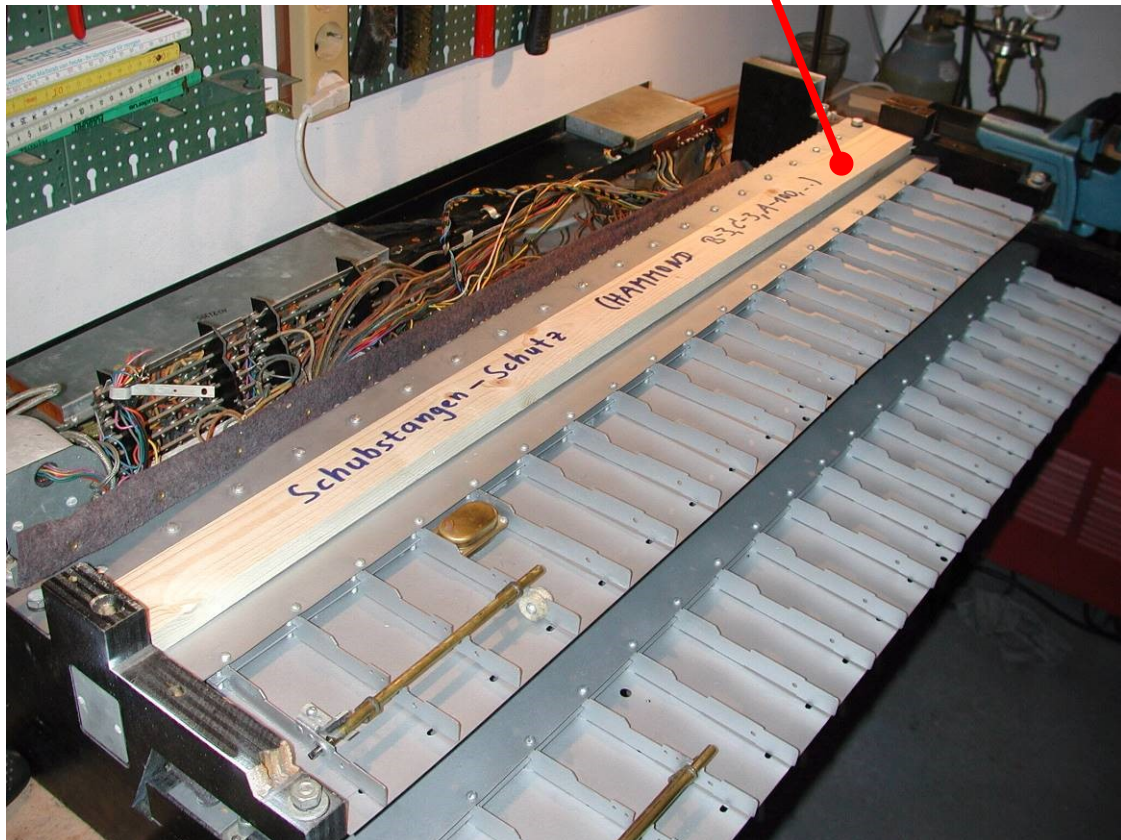


Abbildung 53: Schubstangen-Schutz in der Anwendung

Wie man in Abbildung 54 sehen kann, besteht er aus einer ca. 20mm dicken Holzleiste, die man (z.B. mit einer Kreissäge) der Länge nach einkerbt. Das Profil wählt man so, dass die nach oben herausragenden Schubstangen...

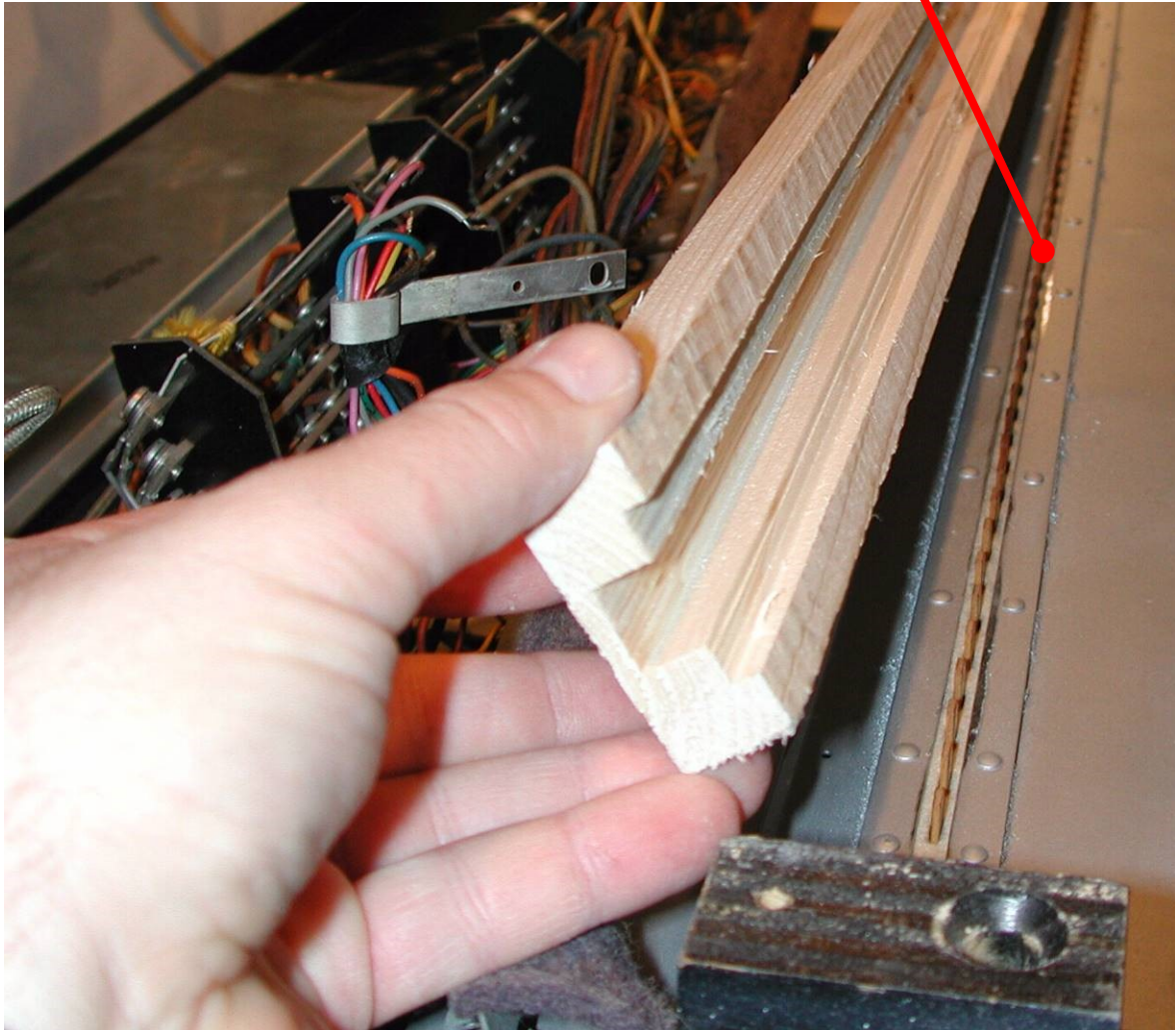


Abbildung 54: Schubstangen-Schutz im Detail

... frei von jeglicher mechanischen Belastung in der ausgeschnittenen Längsrille liegen können. Ist die Leiste fertig, legt man sie einfach von oben auf die Schubstangen (gezeigt in Abbildung 53) und gewährt ihnen damit Schutz vor unbeabsichtigtem Abbrechen beim Herumhantieren mit der Manualbaugruppe.

Wer keine Kreissäge oder Fräse zum Herstellen der Nutz hat, kann sich den Schubstangen-Schutz auch durch das Zusammenleimen (-schrauben) zweier kleiner seitlichen Holzleisten und einem darüber liegenden Holzbrett selber bauen. Der Aufbau wird durch das relativ dicke Brett dann sicher etwas klobiger ausfallen und nicht ganz so elegant wie die Lösung mit dem gesägten/gefrästen Ausschnitt, aber seinen Zweck wird er trotzdem erfüllen.

6 Manualbaugruppe entrosten

In intensiven Fällen gibt es eine weitere Art, den Rost in der Manualbaugruppe effektiv los zu werden. Man besorgt sich eine kleine Topfdrabtbürste für den Einsatz in der Bohrmaschine (siehe Abbildung 55).



Abbildung 55: Drahtbürste für Bohrmaschine

Damit kann man auch ganz hervorragend (und schnell!) großflächig Rost wegschleifen. Wichtig: Schutzbrille aufsetzen- es soll schon Fälle gegeben haben, bei denen sich einzelne Draht-Härchen der Topdrahtbürste losgerissen und zu schlimmen Augen-Verletzungen geführt haben!

Für die engen Stellen ist der „Dremel“ aber weiterhin unverzichtbar, denn oft kommt man nur mit seinen kleinen Werkzeugen auch in die hintersten Ecken.



Abbildung 56: Dremel im Einsatz

Hinweis: natürlich existieren -neben Dremel- auch viele andere Hersteller, die ähnliche und genauso hochwertige Stabschleifgeräte anbieten

Auch noch wichtig: immer einen dicken Holzklotz unterlegen, sonst biegt sich das Chassis unter dem Druck des Schleifens zu doll durch!



Abbildung 57: Holzklotz unterlegen

7 Filze in der Manualbaugruppe

Dieses Kapitel ergänzt den Abschnitt aus dem ersten Teil des Hammond-Technikhandbuchs. Dort hatten wir beschrieben, wie man die Drappstoffe der Tastaturkämme erneuert und so wirksam und professionell gegen eine klappernde Spieltastatur vorgehen kann.

Diesmal knöpfen wir uns auch die anderen Filze und Stoffe vor, die einem in der Manualbaugruppe so begegnen. Ganz wichtig war mir dabei, Lieferanten zu finden, bei denen man sich neue Filze beschaffen kann, wenn die alten zu verschlissen oder gar nicht mehr vorhanden sein sollten. Das nun folgende Bild unterteilt die verschiedenen Filze in fünf Kategorien, die nachher auch alle einzeln behandelt werden.

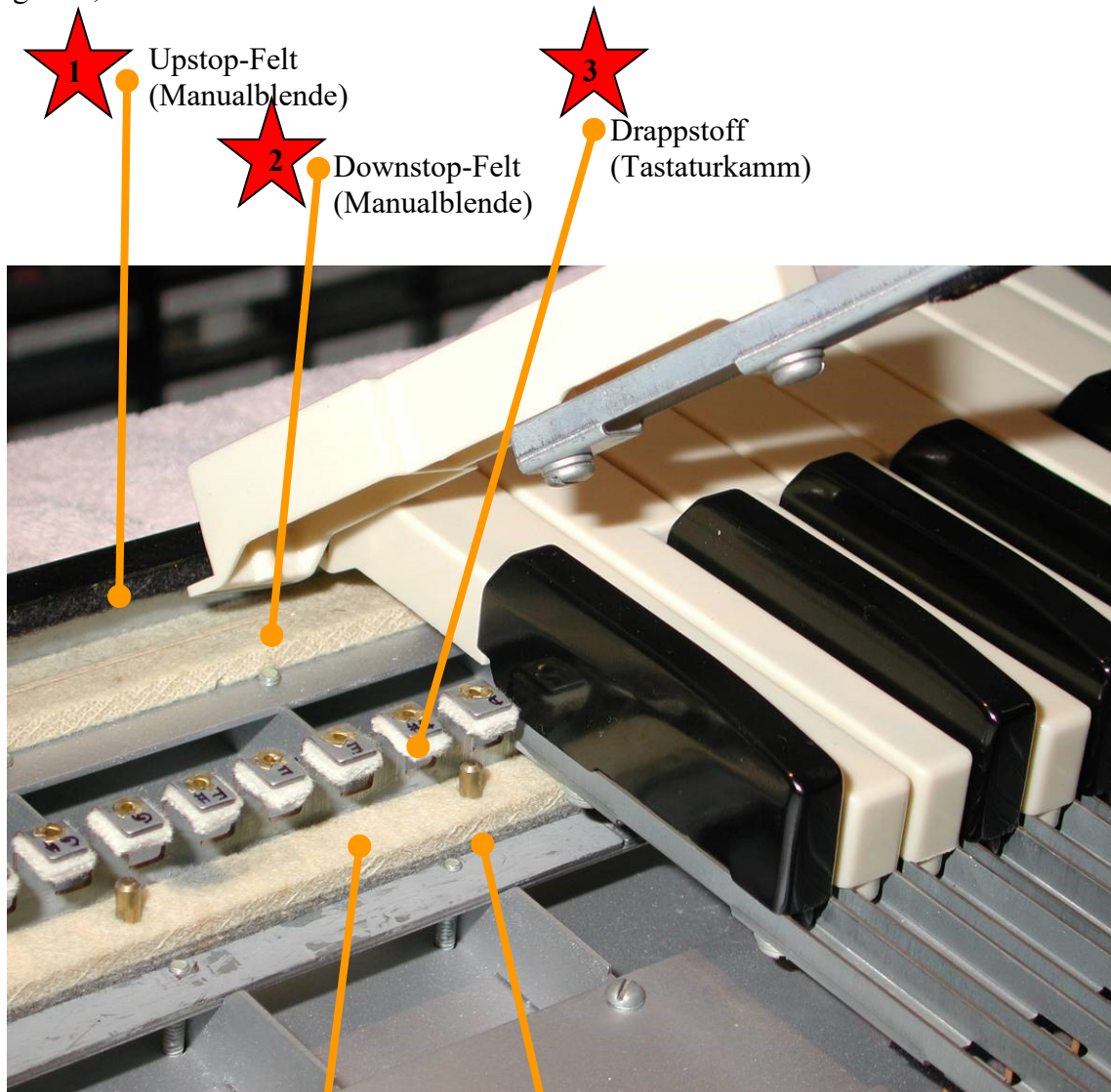


Abbildung 58: Filze in der Manualbaugruppe



Die Ermittlung geeigneter Produkte war gar nicht so einfach- oft hört man in Hammond-Kreisen zum Thema „Ersatzteile“ nur einen einzigen Namen: TREK-II (www.trekii.com). Immerhin ein Lichtblick in der Situation größter Verzweiflung (ein einzelner 15cm langer Filzstreifen kostet dort derzeit um die 10\$ + Shipping), jedoch konnte ich mir beim besten Willen nicht vorstellen, dass hierzulande nicht auch Stoffe in ähnlicher Qualität erhältlich sein sollten.

Es dauerte zwar etwas, aber ich hatte mit meiner Überzeugung letztendlich dann doch Erfolg: tapfer antworteten die meisten der angeschriebenen zehn Firmen, und es kristallisierten sich bei genauerem Hinsehen auch genau drei Anbieter heraus, die sich wirklich redlich bemühten, meine –zugegeben- nicht besonders profitabel klingende Anfrage zu bearbeiten und entsprechende Materialien für unsere Orgeln zu finden.

Diese drei besonders positiv herausstechenden Beispiele möchte ich hier unbedingt nennen und mich bei dieser Gelegenheit für Ihre großartige Hilfsbereitschaft bedanken. Ein einem Fall wurden mir sogar (kostenlos) gleich mehrere Stoffmuster zur Ansicht verschickt. Das verdient ein dickes Lob!

Louis Renner GmbH&Co. KG
Postfach 1266
71113 Gärtingen

Aug. Laukhuff Orgelteile
August-Laukhuff-Str. 1
97990 Weikersheim

Meyne Klaviertechnik GmbH
Boeselagerstr. 53
38108 Braunschweig

Hinweis:
Die hier abgedruckten
Adressen stammen aus
dem Jahr 2006! Keine
Gewähr, dass diese Fir-
men auch heute (2025)
noch Materialien ver-
kaufen!



Abbildung 59: Filzmuster von Laukhuff

Das am häufigsten verwendete Material, das man für eine „Neu-Befilzung“ benötigt, sind Drapp- bzw. Druckstoffe.

Je nach Hersteller spricht man da von „Drappstoff“ oder „Druckstoff“. Mir wurde von verschiedener Seite her berichtet, dass es sich dabei um ein und dasselbe handele. Ich persönlich kann nur von einer Stoffprobe Druckstoff und einer Stoffprobe Drappstoff berichten: sie unterscheiden sich (bei mir) aber sehr wohl voneinander! Der „Druckstoff“ besitzt zwar einen festen Kern, ist auf der Oberfläche aber eher flauschig und weich. Meine „Drappstoff“-Probe hingegen ist durch und durch fest. Hinsichtlich des geplanten Verwendungszwecks als Upstop- oder Downstop-Felt (Anschlag-Stopp der Spieltasten) halte ich -zumindest den mir vorliegenden- Druckstoff für ungeeignet!

Fazit: nicht jeder „Druckstoff“ besitzt auch die notwendige Druck-Festigkeit (auch wenn der Name es anders suggeriert)! Bei der Verwendung anderer, unbekannter Produkte ist das ggfs. vorher zu prüfen (Stoffprobe mit den Fingern eindrücken und mit dem Original vergleichen)! Ist der Stoff nicht fest genug, wird die Taste später beim Spiel zu sehr nachgeben und dementsprechend die Tastaturkontakte zu stark durchbiegen. Man muss kein Prophet sein, um sich vorzustellen, dass die mechanische Belastung der Kontaktzungen dadurch beträchtlich erhöht und das auch auf Dauer einen vorzeitigen Verschleiß bedeuten könnte. Also Finger weg von zu weichen Upstop- bzw. Downstop-Felts!

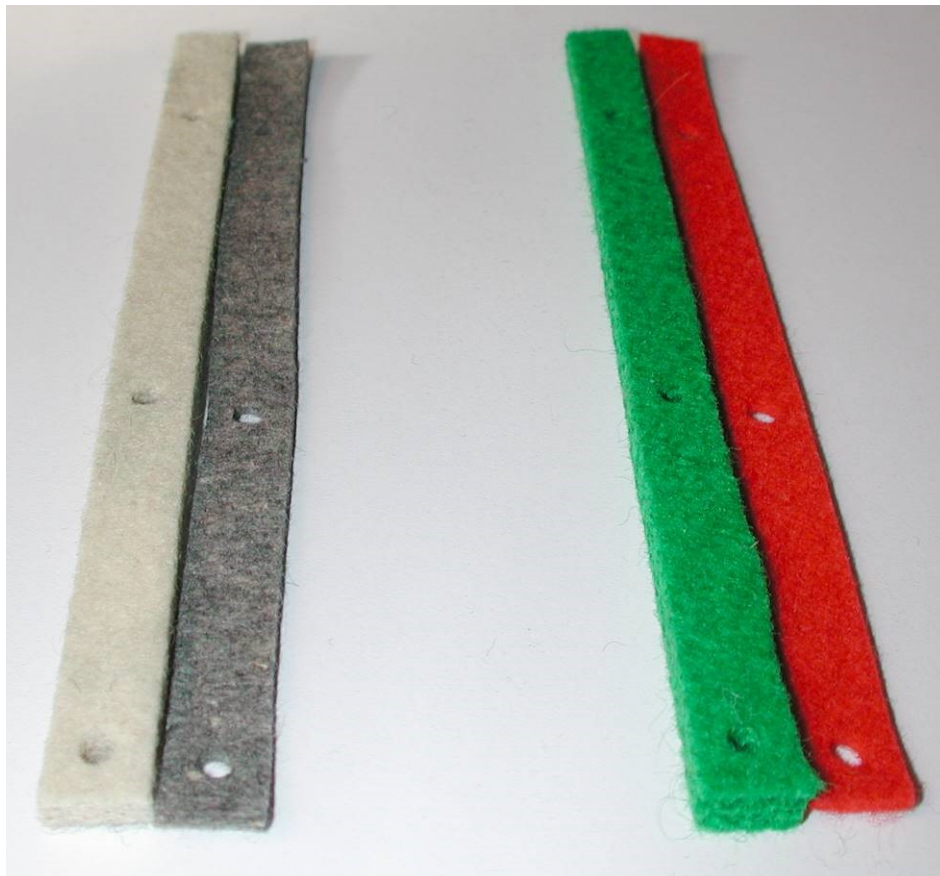


Abbildung 60: Original und Fälschung: Downstop-Felts (Tastaturkamm)

Links: Originale Downstop-Felts

Rechts: mit den hier beschriebenen
Materialien hergestelltes
„Ersatzteil“

Das nun folgende Foto habe ich an einige der angeschriebenen Filzwerke geschickt. Man sieht darauf recht anschaulich, was wo verwendet wird:

Es werden vorzugsweise Drappstoffe benötigt. Die 6mm dicke Ausführung braucht man für die Upstop- und Downstop-Felts; eine 2mm dicke Filzschicht dient nur als Unterlage für den Downstop-Felt der Halbtontasten. Für die aufgenieteten seitlichen Tastenführungen (die einzelnen Zinken des Tastaturkamms) wird Drappstoff in einer Dicke von 3mm verwendet.

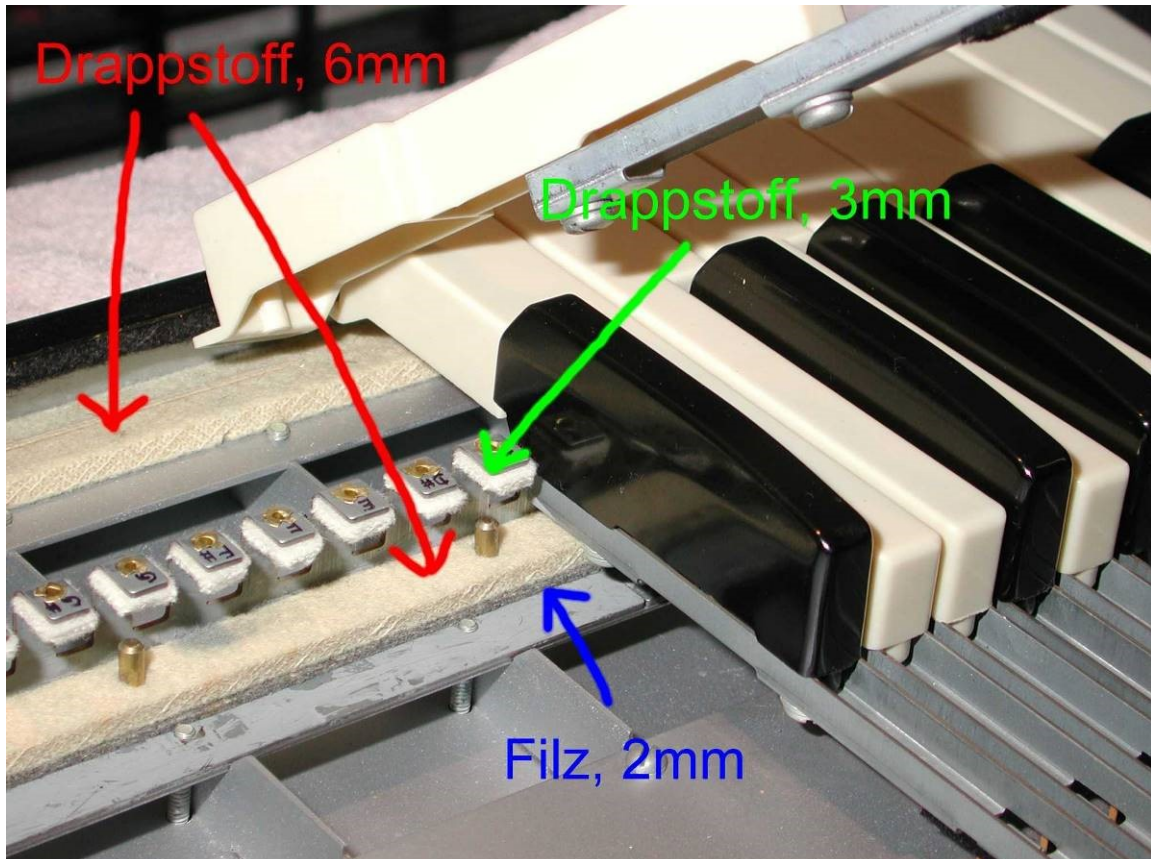


Abbildung 61: Drappstoff und Filz

Im Folgenden stelle ich aber nun alle in Abbildung 58 gezeigten Filzarten einzeln vor.

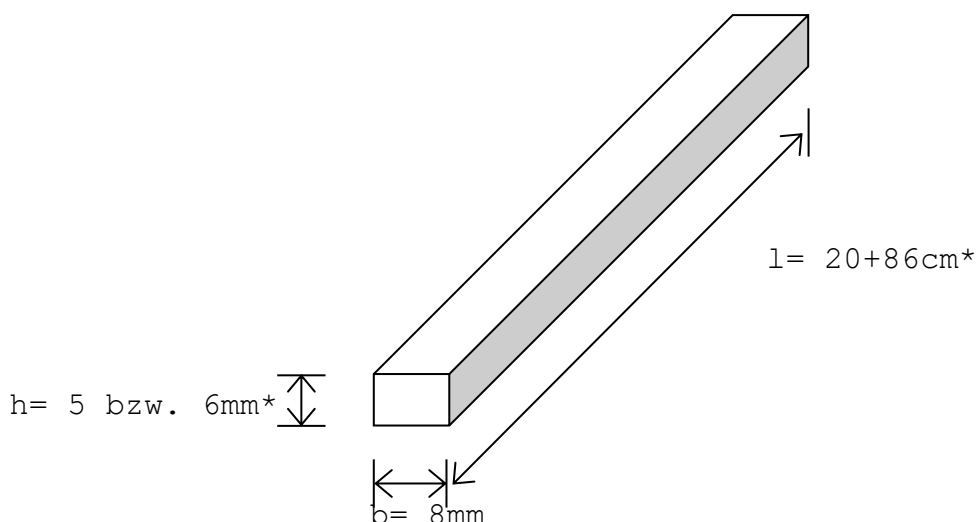
7.1 Upstop-Felt (Manualblende)



Der „Upstop-Felt“ ist kopfüber hängend in die Manualblende eingeklebt und stellt den gemeinsamen Anschlag dar, gegen den alle Spieltasten (Ganztontasten; Halbtontasten besitzen jeweils ein in die Taste eingesetztes kleines Stückchen Drappstoff) beim Loslassen wieder hochfedern.

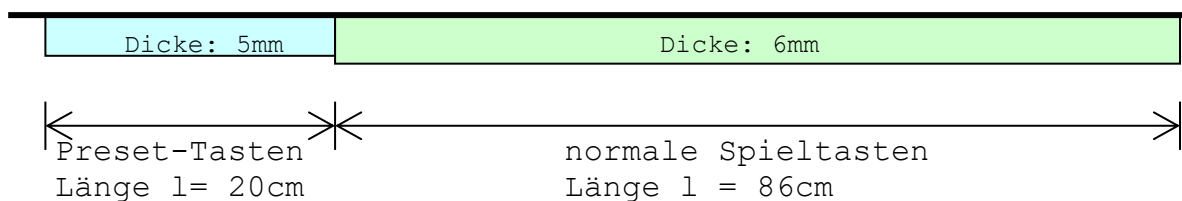
Der Upstop-Felt ist aus zwei Teilen mit den Längen $l=20\text{cm}$ und $l=86\text{cm}$ zusammengesetzt. Der linke Streifen ($l=20\text{cm}$) liegt im Bereich des invers gefärbten Preset-Tastenblocks und ist nur 5mm dick. Der ganze restliche Upstop-Felt für alle normalen Spieltasten (Streifen von 86cm Länge) ist genauso breit, jedoch 6mm dick.

Material: Drappstoff 5mm (Preset-Tastenblock; Länge $l=20\text{cm}$)
 Drappstoff 6mm (alle übrigen Tasten; Länge $l=86\text{cm}$)



*siehe Text.

Aufteilung auf die gesamte Breite der Manualbaugruppe (Montage hängend „über Kopf“):



- **Schneiden**

Wer über keine spezielle Schneideeinrichtung verfügt, kann das Zuschneiden der Drappstoffe wohl am besten mit einer scharfen Schere bewerkstelligen. Beim Durchritzen mittels Teppichmessers werden die Kanten erfahrungsweise aber nicht so schön gleichmäßig wie beim „Scherenschnitt“.

- **Aufkleben**

Das originale Material ist mit einem Kleber unter die Manualblende geklebt worden. Wenn wir dies entfernen, können wir einen scharfen Stechbeitel dazu benutzen. Damit die alten Klebstoffreste restlos abschaben, sonst hält der neue Drappstoff nicht. Der wird nämlich mit einem doppelseitigen Teppich-Klebeband einfach aufgeklebt (hält bombenfest).

7.2 Downstop-Felt (Manualblende)



Der „Downstop-Felt“ ist die untere Wegbegrenzung aller (Ganzton-) Spieltasten. Drückt man eine Taste hinunter, so setzt sie mit dem Ende auf dem „Downstop-Felt“ auf. Dieser ist mit mehreren Stichen Nähgarn auf einer langen Metallschiene aufgenäht. Es ist damit leicht einsichtig, dass das verwendete Material unter dem Tastendruck nicht allzu stark nachgeben darf, denn sonst kann die Taste zu tief hinuntergedrückt und damit die Kontaktzungen zu stark durchgebogen werden!

Der hier beschriebene Drappstoff erfüllt diese Eigenschaften sehr gut. Bis auf die Farbe (der original verwendete Drappstoff in der Hammond ist weiß, das Produkt der Firma „Louis Renner“ dezent grün) fühlt er sich in puncto Festigkeit und Material-beschaffenheit (und das ist ja das Wichtigste!) wie das Original an.

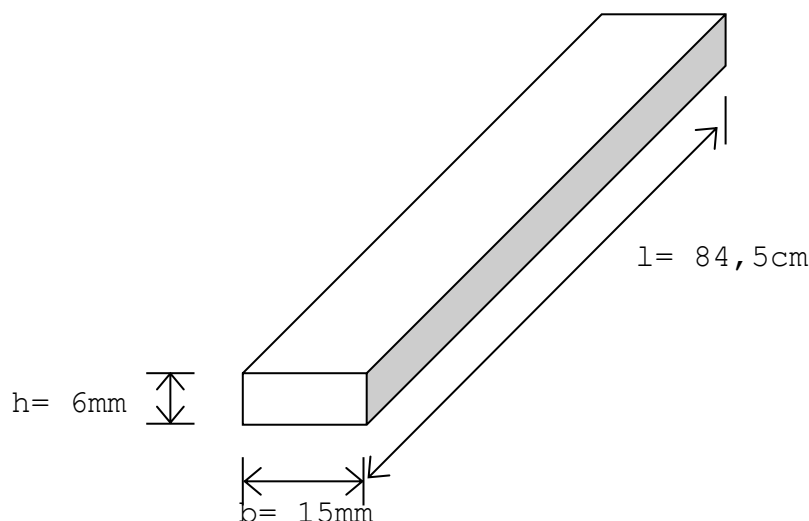
Hinweis: unter die Preset-Tasten gehört kein Downstop-Felt, denn diese Tasten müssen ja einrasten und in dieser Stellung verbleiben können! xyz ist das so?

Der Downstop-Felt auf den Tastaturkämmen dient als Niederdrück-Anschlag für alle schwarzen Halbtontasten. Er wird auf die drei Messingdorne des Tastaturkamms aufgesteckt und besteht aus zwei Teilen:

a) einem 6mm dicken Streifen Drappstoff, (=> Nr. „4“).

und

b) einem 2mm dicken Unterlegfilz (=> Nr. „5“).

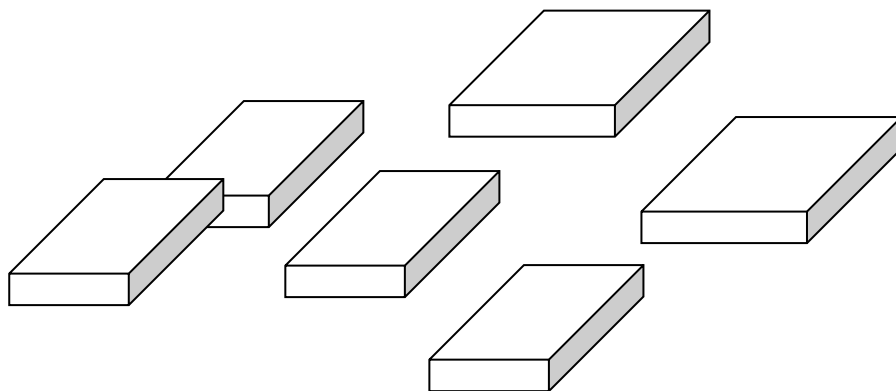


7.3 Drappstoff (Tastaturkamm)



Tastenföhrungen

Das Thema „Neubefilzung“ der Tastaturkämme mit Drappstoff wurde im ersten Teil des Hammond-Technikhandbuchs bereits ausföhrlich behandelt. Hier soll lediglich noch einmal näher auf die Beschaffung des geeigneten Filzmaterials eingegangen werden. Bis heute bin ich der Meinung, dass der 3mm-Drappstoff der Firma „Meyne“ aus Braunschweig dem Original am nächsten kommt. Es gibt von Laukhuff einen festen Filz (kein Drappstoff!), der aber als Alternative in Betracht kommen könnte. Es handelt sich dabei um die Bestell-Nr. 520720; einen weißen „Filz hart“, der mit einer Rollenbreite von 1,45m erhältlich ist. Eingebaut habe ich dieses Material allerdings (noch) nicht; halte es grundsätzlich aber für geeignet.



Material: Drappstoff, 3mm

Wichtig:

Aus Loyalität zu seinen Zwischenhändlern liefert die Firma Meyne nicht direkt an den Endkunden, sondern ausschließlich nur an gewerbliche Unternehmen! Diese müssen zudem noch nachweisbar der Musikbranche entstammen! (Tipp: Bestellung ggfs.  ber einen ortsansässigen Klavierstimmer, Klavier- oder Pfeifenorgelbauer anstoßen. Es geht zur Not aber auch ein offiziell angemeldetes Tonstudio.)

7.4 Downstop-Felt (Tastaturkamm)

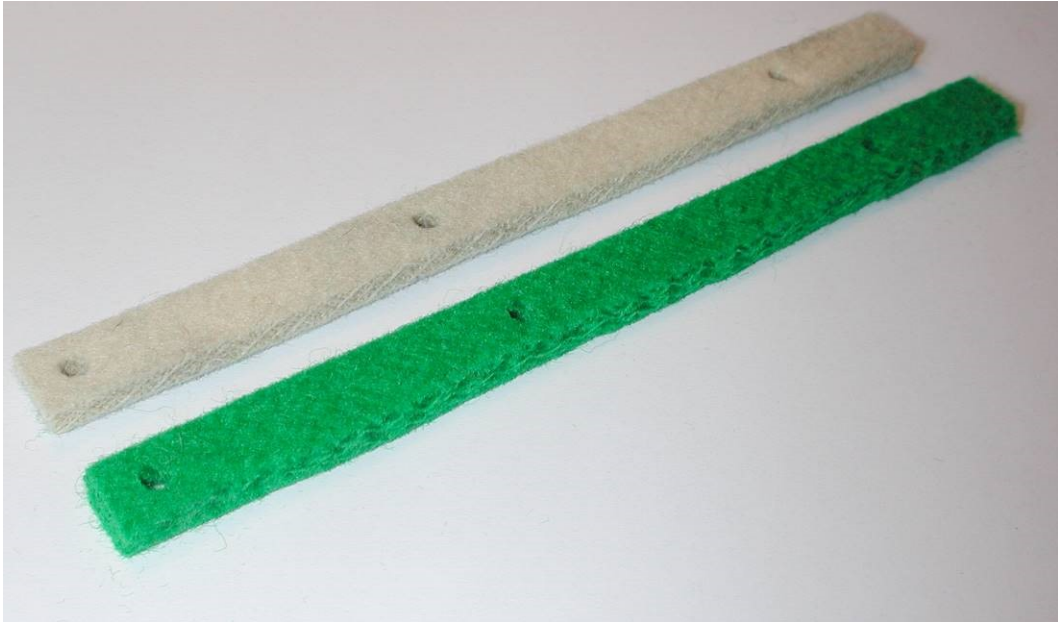
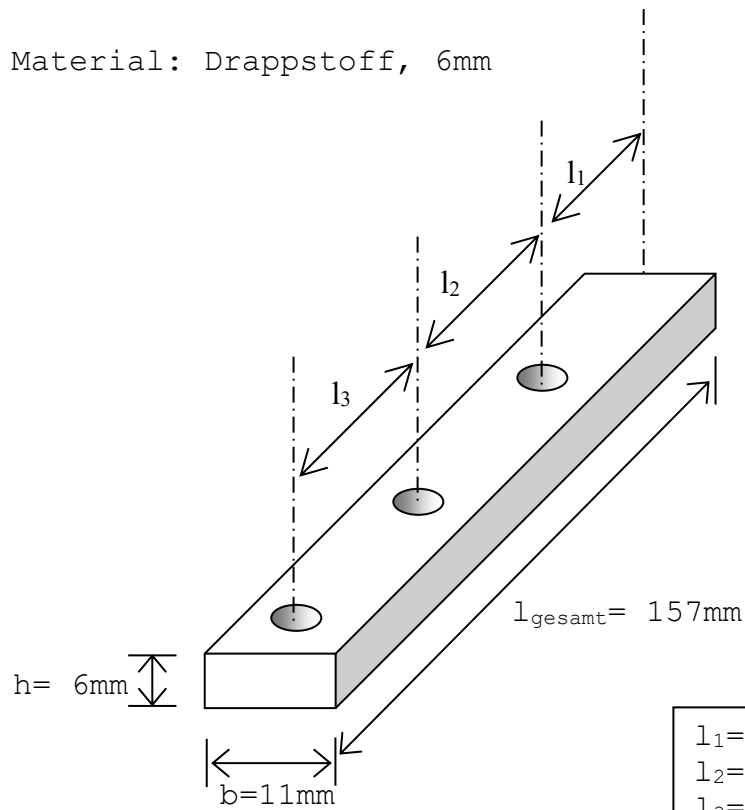


Abbildung 62: Downstop-Felt (=> Nr. 4)

In Abbildung 62 sieht man zwei Stücke 6mm dicken Drappstoffs. Der obere Streifen (weiß) ist das Original, der untere Streifen mein Nachbau aus grünes 6mm Drappstoff. Die Löcher wurden durch das Original hindurch auf dem Nachbau mit Filzstift markiert und anschließend mit einer einfachen Gürtellochzange gestanzt. Das funktioniert erfreulich einfach und bereitet kaum Probleme!

Material: Drappstoff, 6mm



$l_1 = 28\text{mm}$
 $l_2 = 69\text{mm}$
 $l_3 = 54\text{mm}$

Gesamte Länge: 157mm

Alle Löcher: Durchmesser 4mm

7.5 ★ 5 Filzunterlage (Tastaturkamm)

Unter den Drappstoff ist eine dünne Filzunterlage gelegt. Diese ist vom Material her relativ unkritisch; notfalls können hier sicher auch viele andere, hochwertige Filze verwendet werden. Besonders gut gefallen hat mir allerdings die „Hammernuss-Unterlage“ der Firma „Louis Renner GmbH“. Hinsichtlich Konsistenz, Festigkeit und qualitativem Eindruck habe ich ihr den Vorzug gegeben. Dass sie mit 2mm Dicke ein ganz wenig dünner ist als das Original (so etwa einen halben Millimeter), halte ich für unkritisch- schließlich drückt sich der originale Drappstoff im Laufe seiner Zeit auch um ca. einen Millimeter ein!. Wer damit aber allzu unglücklich sein sollte, der weicht auf andere Filze aus- sie sind oft auch in „krummen“ Dicken erhältlich (z.B. 2,4mm).

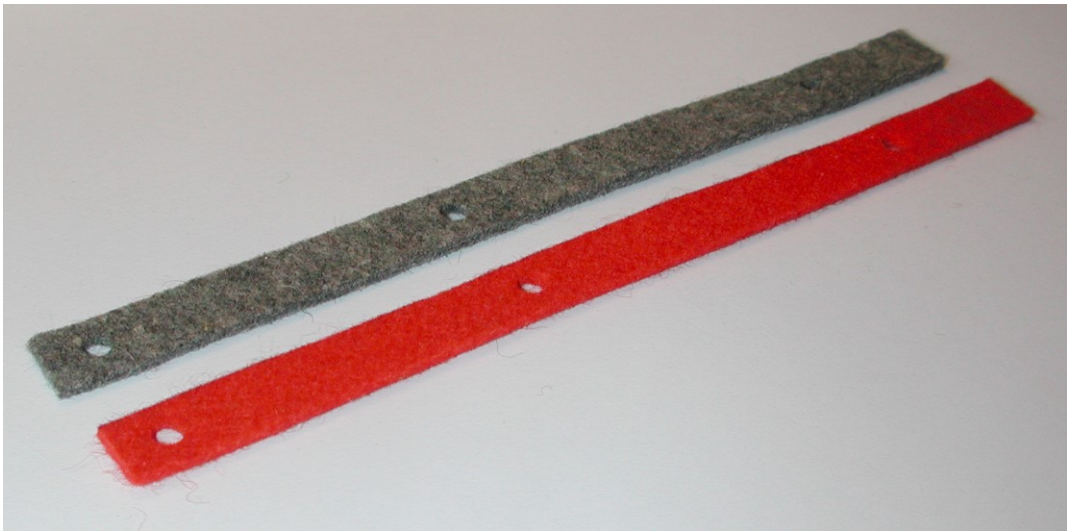


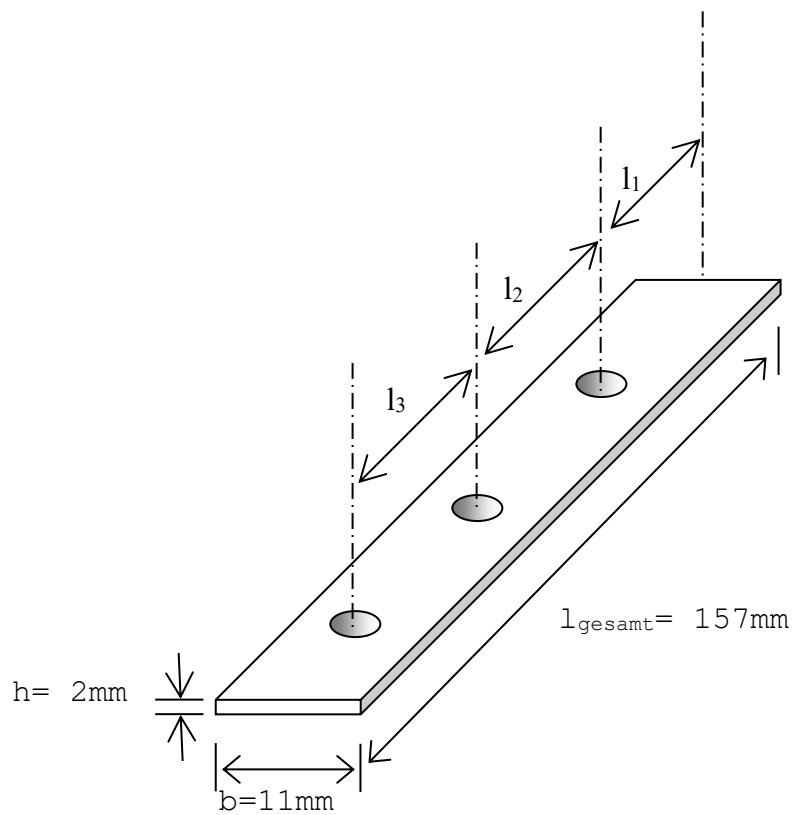
Abbildung 63: Downstop-Felt (=>Nr. 5)

Oben: Original aus dunkelgrauem Filz

Unten: "Nachbau" aus roter Hammernuss-Unterlage

Auch hier verwenden wir eine Gürtellochzange mit 4mm Stanzkegel zur Herstellung der benötigten Löcher.

Material: Hammernuss-Unterlage, 2mm



Alle Löcher: Durchmesser 4mm

$l_1 = 28\text{mm}$

$l_2 = 69\text{mm}$

$l_3 = 54\text{mm}$

Gesamte Länge: 157mm

7.6 Fertig aufgearbeiteter Tastaturkamm

So kann ein Tastaturkamm aussehen, wenn er fertig aufgearbeitet ist. Die Farben des Materials sind heutzutage offensichtlich gerne etwas bunter als früher, aber davon sieht man später unter der Tastaturmechanik ja eh nichts. Schade eigentlich ;-)

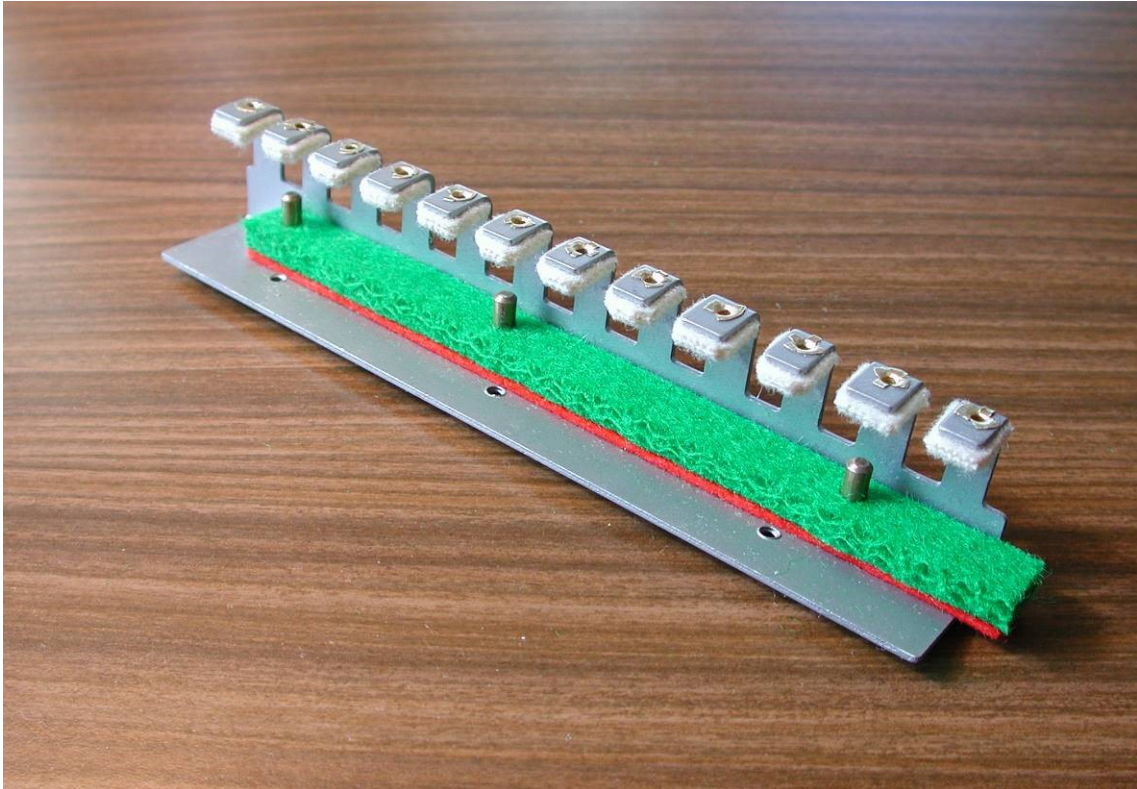


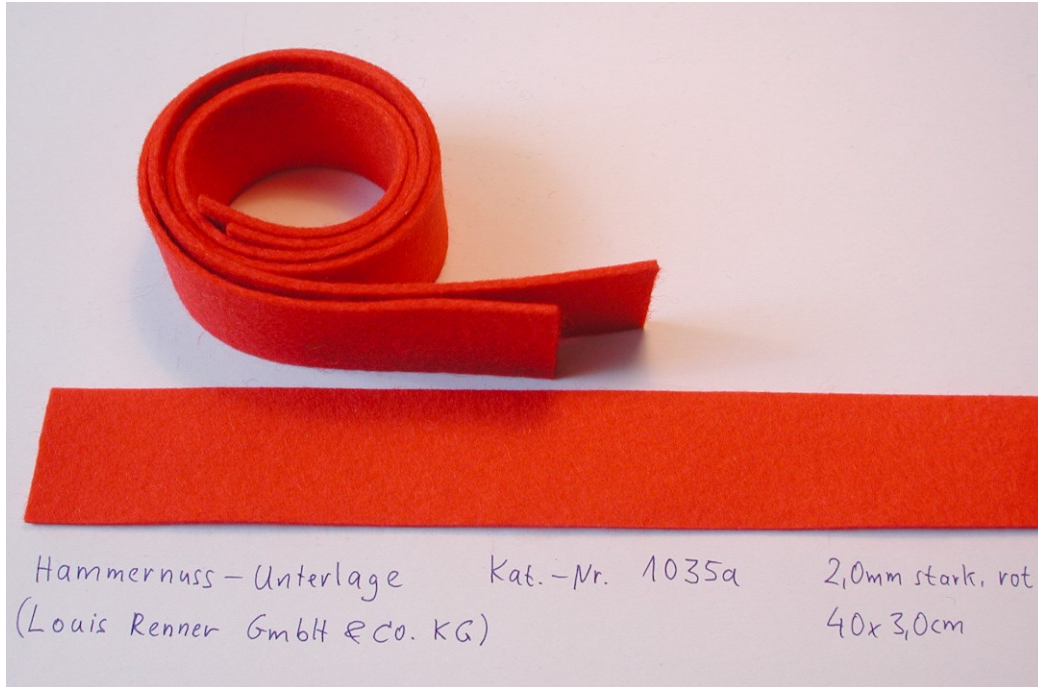
Abbildung 64: fertig aufgearbeiteter Tastaturkamm

An diesem Exemplar wurden folgende Arbeitsschritte durchgeführt:

- komplette Entkernung inklusive Entrostung
- Entfetten und Neulackierung mit Zinkspray
- Erneuern der Filzunterlage
- Erneuern des Downstop-Felts
- Erneuern und Annieten der Drappstoff-Tastenführungen
- individuelles Einpassen der Drappstoff-Tastenführungen an die Tasten (siehe Hammond-Technikhandbuch Teil 1)

8 Material- Steckbriefe

In diesem Abschnitt finden Sie jeweils einen kurzen Steckbrief der zuvor beschriebenen Materialien inkl. Bezugsquelle.



Steckbrief Hammernuss-Unterlage, 2mm:

Material:	Hammernuss-Unterlage (spezieller Filz, rot)
Eigenschaften:	stark beanspruchbar, mittelfest
Bezugsquelle:	Louis Renner GmbH & Co. KG Postfach 1266 71113 Gärtingen www.pianos.de
Produkt:	Art.-Nr. 994619164, „Hammernuss-Unterlage Streifen 40x3,0cm“ 2.0mm stark, rot Kat.-Nr. 1035a
Kosten:	ca. 2EUR / Streifen (Stand 2005)



Steckbrief Drappstoff, 3mm

Material:	Druckstoff, Dicke 3mm, Streifenware
Eigenschaften:	hohe Druckfestigkeit
Bezugsquelle:	Meyne Klaviertechnik GmbH Boeselagerstr. 53 38108 Braunschweig www.meyne.com
Produkt:	Art.-Nr. 7232 „Druckstoff 3.0mm; 60x3cm“ Streifenware
Kosten:	ca. 5EUR / Streifen (Stand 2005)

Steckbrief Drappstoff, 5mm:

Material: Druckstoff, Dicke 5mm,
Streifenware

Eigenschaften: hohe Druckfestigkeit

Bezugsquelle: Louis Renner GmbH&Co. KG
Max-Planck-Str. 18-24
71116 Gärtingen
Tel. 07034/6450-0
Fax. 07034/6450-68
klaviermechaniken.renner@t-online.de
www.louis-renner.de/

Produkt: Art.-Nr. 834099322,
„Druckstoff 5mm dick“
Grün Streifen 130x3cm
Kat.-Nr. 1068B5

Kosten: ca. 8EUR / Streifen
(Stand 2005)



Steckbrief Drappstoff, 6mm:

Material: Druckstoff, Dicke 6mm,
Streifenware

Eigenschaften: hohe Druckfestigkeit

Bezugsquelle: Louis Renner GmbH & Co. KG
Max-Planck-Str. 18-24
71116 Gärtingen
Tel. 07034/6450-0
Fax. 07034/6450-68
klaviermechaniken.renner@t-online.de
www.louis-renner.de/

Produkt: Art.-Nr. 834099323,
„Druckstoff 6mm dick“
Grün Streifen 130x3cm
Kat.-Nr. 1068B6

Kosten: ca. 9EUR / Streifen
(Stand 2005)

9 Montage der Zugriegel-Einheit

Ganz wichtig: die 14te Schraube von links besitzt *keine* Unterlegscheibe, muss aber dennoch gelöst werden!

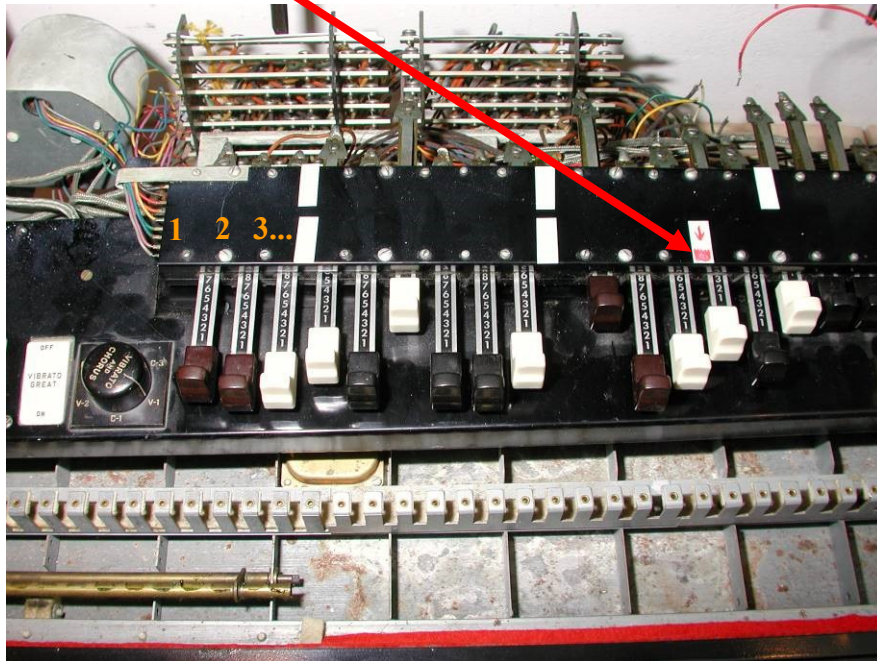


Abbildung 65: Schraubenlöcher mit Klebestreifen markiert

10 Line-Box (neue Ausführung)

Die Line-Box war ja bereits im ersten Teil des Hammond-Handbuches Thema. Damals lag mir aber leider keine neuere Variante vor, sodass ich nur die alte (die im "Holzkasten" mit dem durchgesteckten Holzdübel) behandeln konnte. Hier nun auch die neuere Variante:

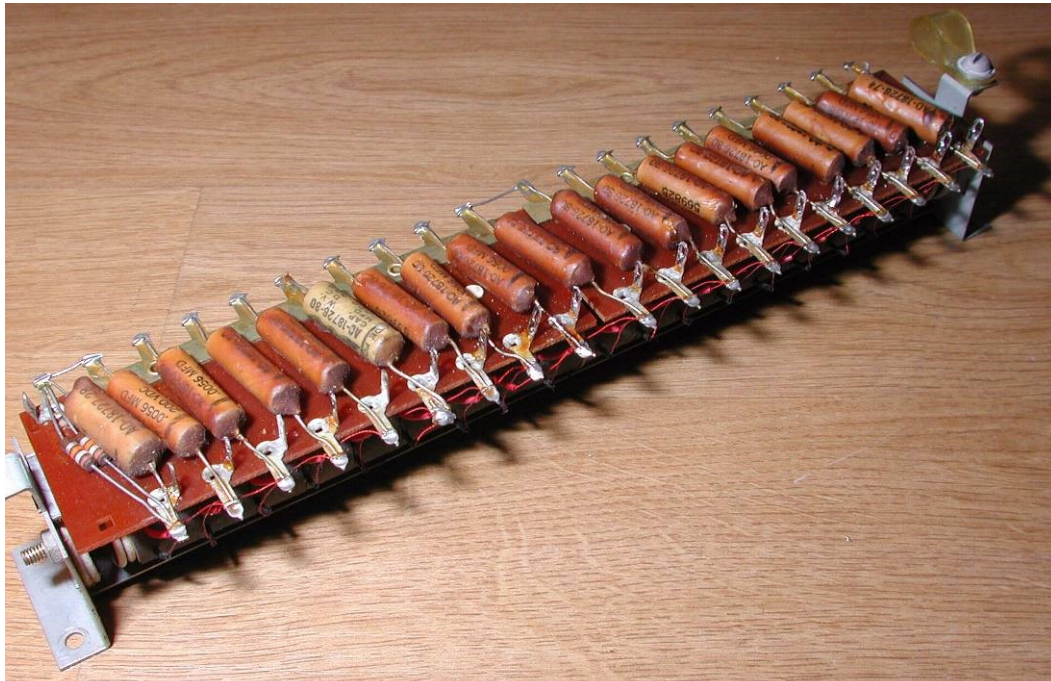


Abbildung 66: neue Line-Box (Originalzustand)

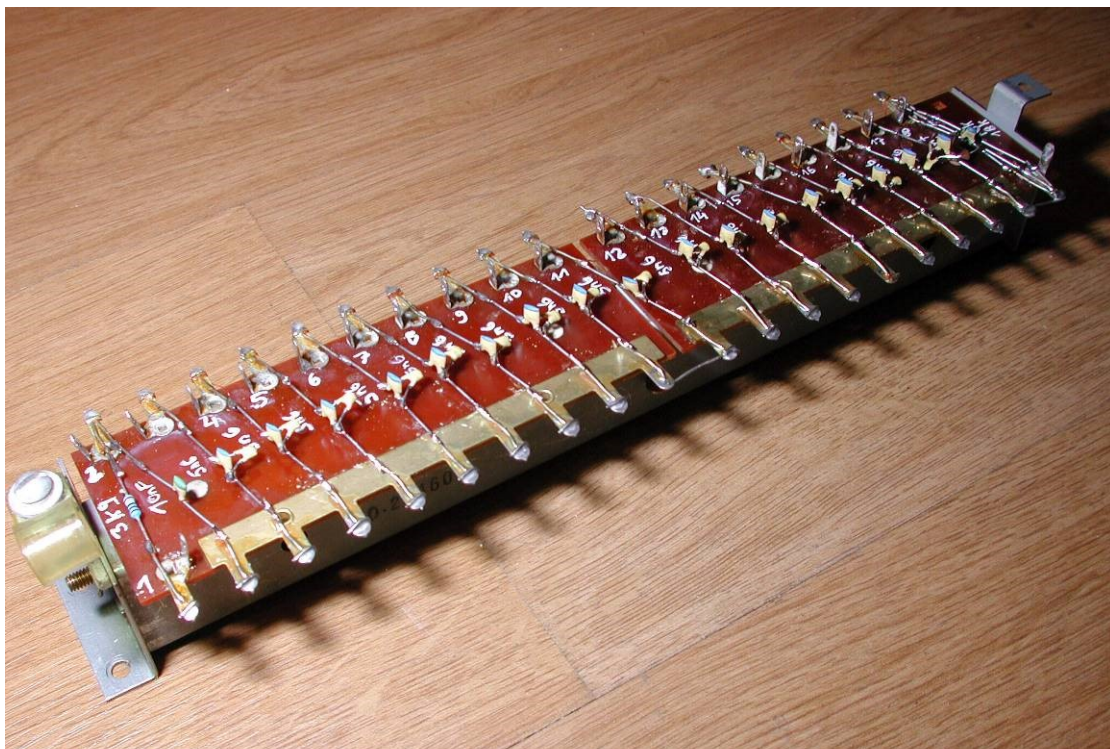


Abbildung 67: neue Line-Box (nach Kondensatorentausch)

Wie man sieht, wurde die neue Variante der LineBox nicht mehr in einen Holzrahmen eingebaut, sondern in einen kleinen Metallrahmen gehängt. Beim Arbeiten an der LineBox muss man etwas darauf achten, dass man die dünnen Ausgänge der Spulen (Drähtchen) nicht versehentlich abreißt.



Abbildung 68: neue Line-Box (Schrägansicht)

Sollte das jedoch einmal versehentlich passiert sein oder sich bei einer Reparatur herausstellen, dass eine einzelne Spulenrolle eine Unterbrechung hat (mit einem einfachen Multimeter im Ohm-Bereich ganz leicht nachzumessen), besteht aus meiner Erfahrung immerhin eine große Chance, dass der Drahtbruch bereits direkt auf den ersten Windungen des Wicklungspakets liegt. In diesem Fall hilft nur das Auseinanderbauen der LineBox, anschließend das Vorarbeiten bis zum defekten Bauteil (=Abschichten der einzelnen Spulenpakete) und vorsichtiges Abwickeln des abgerissenen Drahtes bis zur Schadenstelle. Handelt es sich dabei nur ein einige wenige Windungen, wird dadurch die Induktivität nicht nennenswert (d.h. kaum messbar) verringert, sodass man die Spule absolut ruhigen Gewissens wieder einbauen kann.

Klanglich hörbare Veränderungen sind durch solch geringe Reparatur-Eingriffe absolut nicht zu erwarten.

10.1 Reparatur eines abgerissenen Drahtes

Mir war das tatsächlich auch passiert: in unserer B-3 mit der #74763 wurde eine defekte Spule in der Linebox von einem unbekannten Hammond-Techniker einfach "überbrückt". Im Gegensatz zu einer nur leicht abgewickelten Spule hatte das Überbrücken nun natürlich **definitiv** Einfluss auf den Vibrato/Chorus-Klang und verringerte die Modulationstiefe deutlich! Ich machte mich also an die Reparatur, indem ich die LineBox öffnete, indem ich die beiden Muttern am vorderen bzw. hinteren Ende abdrehte.



Abbildung 69: Linebox öffnen

Nun kann die lange Halteschraube herausgezogen werden. Dabei gibt sie die ganzen Spulen frei. Wir greifen uns die defekte, löten sie ab und untersuchen sie am Werkstatztisch.

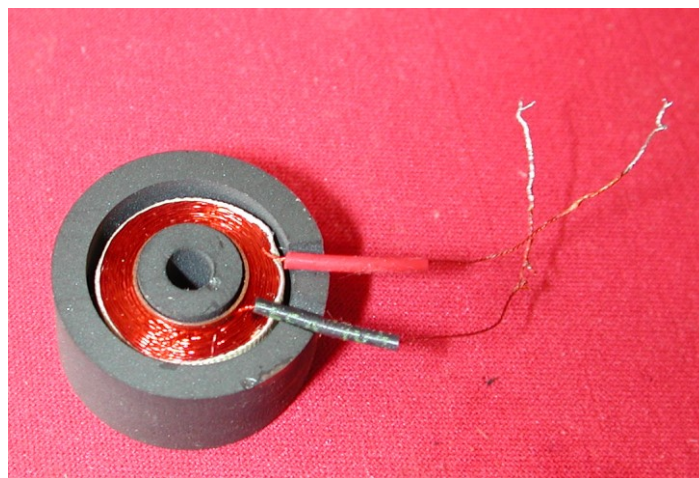


Abbildung 70: die defekte Spule (Unterbrechung)

Der Schalenkern, der aus ferromagnetischem Material besteht (Ferrit), kann einfach abgenommen werden. Die eigentliche Spule ist dort nur eingelegt.

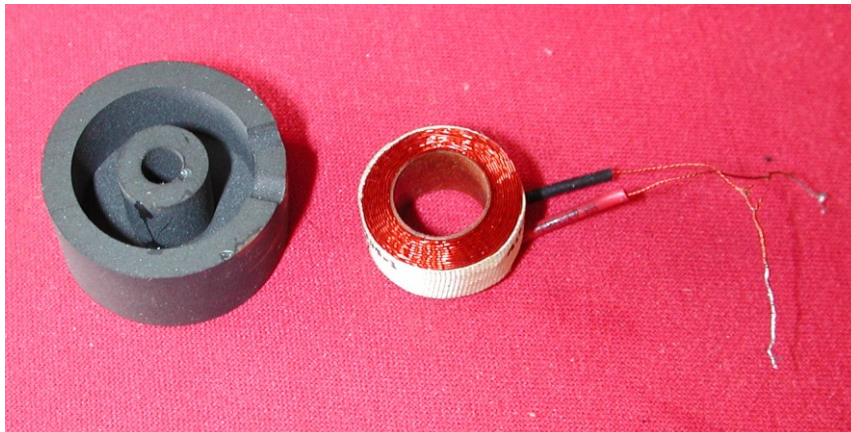


Abbildung 71: Schalenkern abnehmen

In unserem Fall hatten wir ja eine elektrische Unterbrechung in der Spule selbst. Wir lösen also vorsichtig das umschließende Gewebeband ab, so dass der Weg auf den Wickelkörper frei wird.

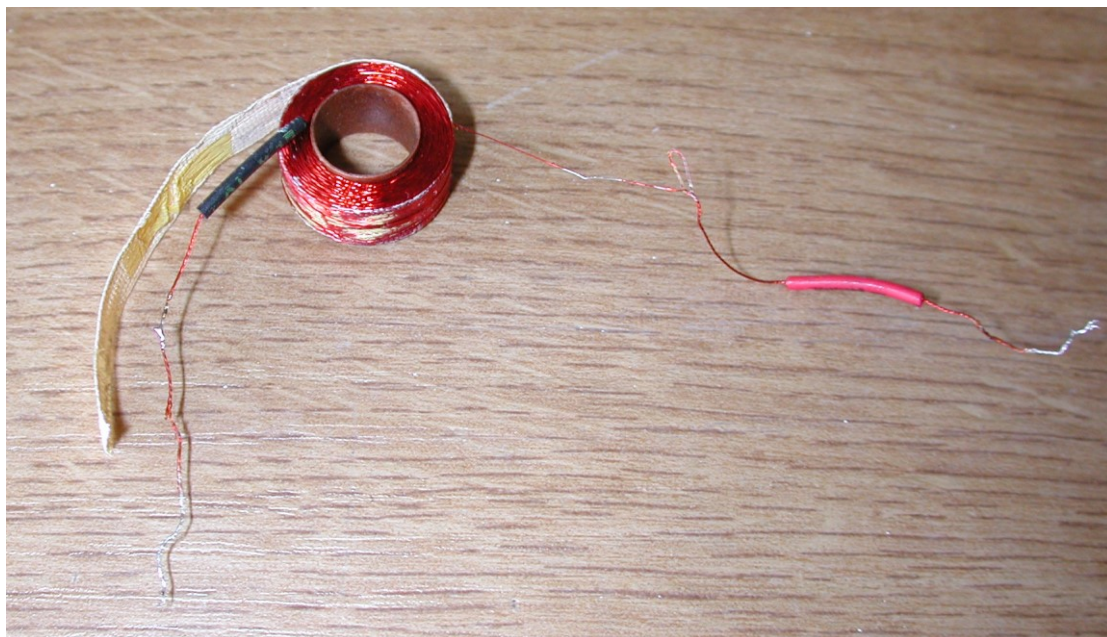


Abbildung 72: Spule bis zur Schadstelle abwickeln

Die Unterbrechung war kurz darauf gefunden und repariert. Wie zu erwarten, war der Defekt direkt auf den ersten zwei Windungen der Spule, also komplett rückwirkungsfrei auf das schöne Hammond-Scannervibrato.

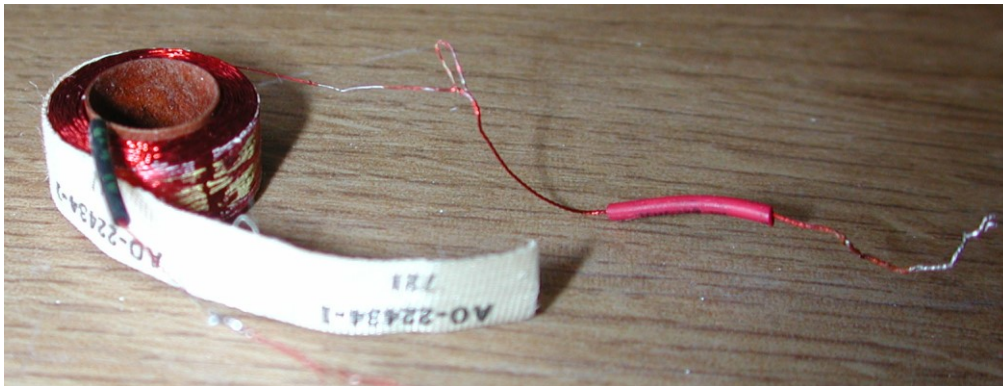


Abbildung 73: Unterbrechung geflickt

Nun kann isoliert, wieder aufgewickelt und das Gewebepband angeklebt werden (normaler Büroklebstoff).

Dann die Spule wieder zurück in die Ferritschale und die Reparatur ist gelungen.

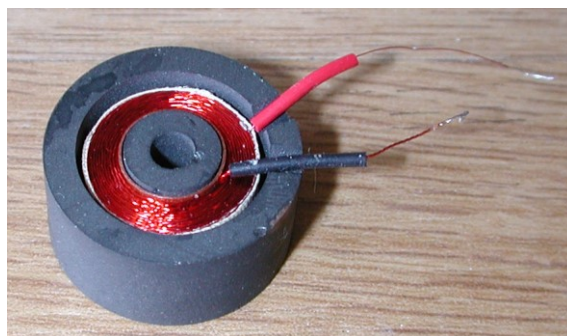


Abbildung 74: die reparierte Spule

Wobei ich ergänzen muss, dass zu einer "korrekten" Reparatur noch die abschließende Prüfung der elektrischen Parameter gehört- die ich damals aber irgendwie vergessen habe. Ich kann daher aktuell nicht sagen, wieviel mH und welche Güte die einzelnen Spulen der Linebox beim Ausmessen haben.

Untypisch für mich, denn normalerweise schreibe ich immer alles auf.

10.2 Elektrische Parameter einer LineBox (altes Modell)

Für die alte Ausführung der LineBox habe ich jedoch an meiner Bühnenorgel "Betty" einmal exemplarisch die Werte aufgenommen:

vierte Spule von links, LineBox aus B-2

eingebauter Zustand: 537mH, $Q=7,58$

ausgebauter Zustand: 533mH, $Q=7,63$

Messgerät: HP4262A, 1kHz, Parallel

Gleichstromwiderstand: 429,28Ohm

Messgerät: Agilent 34401

11 Wilder Einbau

Als Ergänzung zu dem bereits im ersten Teil des Handbuchs besprochenen Thema:

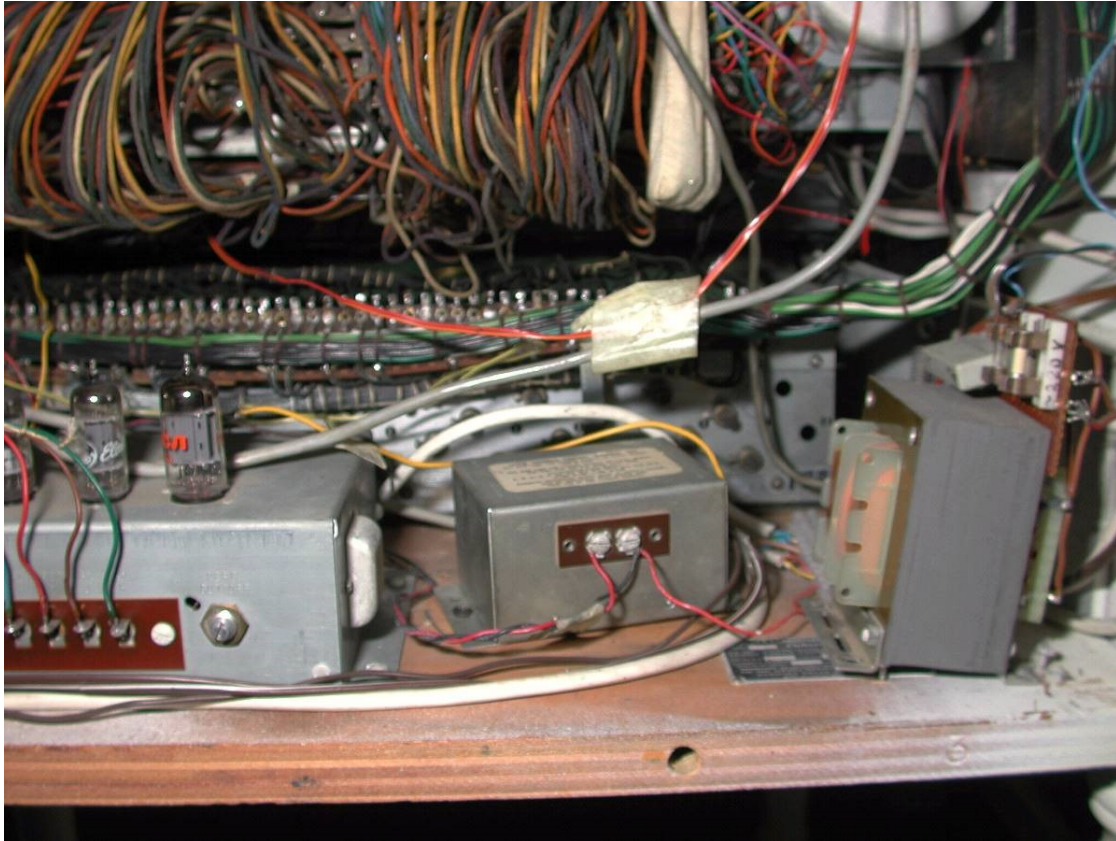


Abbildung 75: so bitte nicht: "wilder" Einbau

Gerade, wenn man sich NICHT groß mit Elektrik auskennt und elektrischem Strom mit einer gewissen Zurückhaltung begegnet, sollte man bei Instrumenten, in denen die einzelnen Komponenten nur wild drin herumliegen, weder angeschraubt noch isoliert sind, vorsichtig sein.

Abgesehen davon, dass so ein Aufbau auch nach damaligen Maßstäben schon nicht erlaubt war, so sollte man es heute erst recht besser machen!

Eine ordentliche Erdung ist dafür genauso unverzichtbar wie Berührungsschutz-Einrichtungen (notfalls mit Schrumpfschlauch und Isolierband, ist immernoch besser als nichts) und eine gute mechanische Fixierung von eingebauten Komponenten. Ein nicht richtig angeschraubter Netztrafo geht einfach GAR NICHT!!!

12 ToneWheel-Generator

12.1 Magnetstifte gängig machen

Bei einem ToneWheel-Generator mit wirklich extrem fest sitzenden Magnetstiften empfiehlt es sich wohl, grundsätzlich folgende Vorgehensweise anzuwenden:

1. Klemmschraube vorsichtig lösen

2. Magnetstift versuchen, mit bloßen Fingern aus dem Generatorgehäuse heraus zu ziehen.

Wenn das geht, ist gut; wenn nicht, dann weiter im Text.

3. Rohrzange oder kräftige Kombizange ansetzen und unter leichtem Ruckeln Magnetstift aus dem Generatorgehäuse heraus ziehen.



Abbildung 76: Rohrzange in Längsrichtung ansetzen

Klappt nicht? Dann ist der Magnetstift in seiner Führung "festgegemmt" (z.B. durch Öl und Dreck) und muss wieder gängig gemacht werden. Das geht so:

4. Rohrzange senkrecht ansetzen und versuchen, durch hin- und herschwenken die Magnetstiftachse zu drehen.

Wenn man erkennt, dass der Stift sich nur um wenige Grad drehen lässt, reicht das in den meisten Fällen bereits aus, den mechanischen Generatorabgleich nun durchführen zu können (sprich: die Magnetstifte zu verschieben).

Nicht vergessen: bitte die Magnetstiftspitze nachher wieder senkrecht zum Tonewheel ausrichten (wir haben durch das Wackeln ja ggfs. den Drehwinkel verstellt)! Notfalls von unten in den Tongenerator schauen. Wer pfiffig ist, macht sich vorher eine kleine Markierung mit Filzstift an die Magnetstiftachse; dann wird das Zurückstellen ein Kinderspiel. Außerdem wird der vom Signalpegel in der richtigen Stellung (=genau senkrecht) maximal, damit kann man es auch gut überprüfen.



Abbildung 77: Rohrzange in Querrichtung ansetzen und leicht wackeln

5. Ist der Magnetstift selbst jetzt immer noch nicht gängig, so wende ich nicht rohe Gewalt, sondern ein anderes Mittel an: Kriechöl!

Hier empfiehlt sich WD-40. Es basiert auf Petroleum und ist bekannt für die schnelle, aber schonende Reinigung von oxidierten oder öl-verharzten Schalterkontakten. Auch die Autobastler wissen das dort gut bekannte "WD-40" zu schätzen, wenn es um das Lösen festgerosteter Schrauben geht.

WD-40 riecht zwar etwas gewöhnungsbedürftig, jedoch können wir uns lt. meiner Erfahrung damit recht sicher sein, im ToneWheel-Generator keinen Schaden anzurichten. Erhältlich ist WD-40 eigentlich in jedem Laden für Autozubehör, im Baumarkt oder oft sogar an der Tankstelle.

Zuerst sprüht man also einen kurzen Sprühstoß auf das vordere Ende des Magnetstiftes. Darauf achten, dass die Flüssigkeit auch in den Spalt zwischen Magnetstift und Klemmring einzieht! Ggfs. zwei bis drei mal wiederholen (alten Putzlappen unterlegen, wenn's zu doll spritzt).

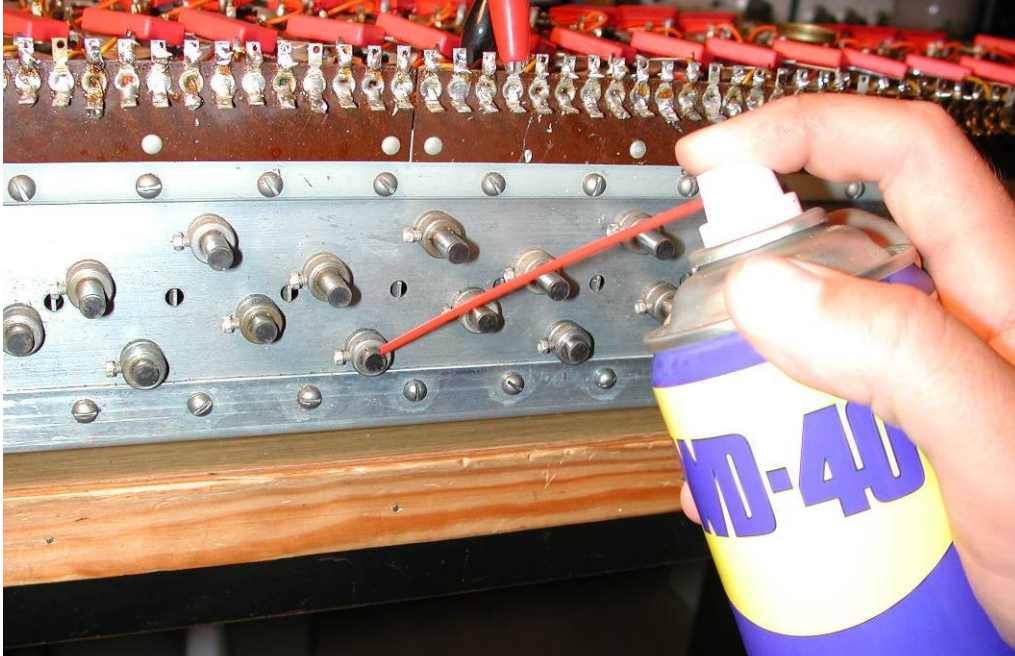


Abbildung 78: WD-40 von vorne unter den Klemmring sprühen

Danach den Klemmring auch von hinten einsprühen (kurzer Sprühstoß reicht).

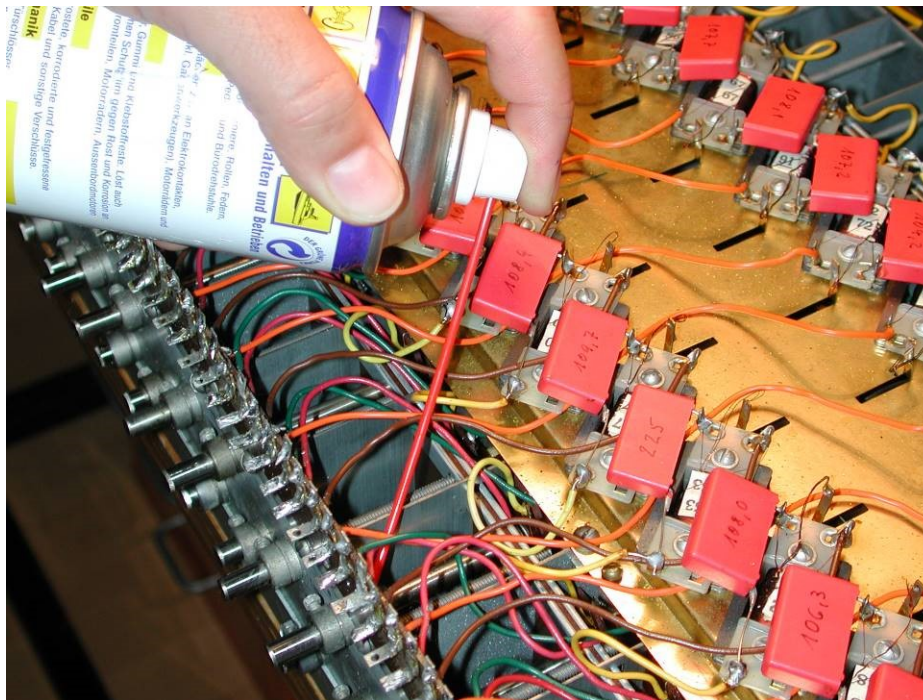


Abbildung 79: WD-40 von hinten auf die Magnetstiftachse sprühen

Hier sieht man es noch einmal besser: einen kurzen Schwall in die Ritze zwischen Klemmring und Magnetstiftachse sprühen.

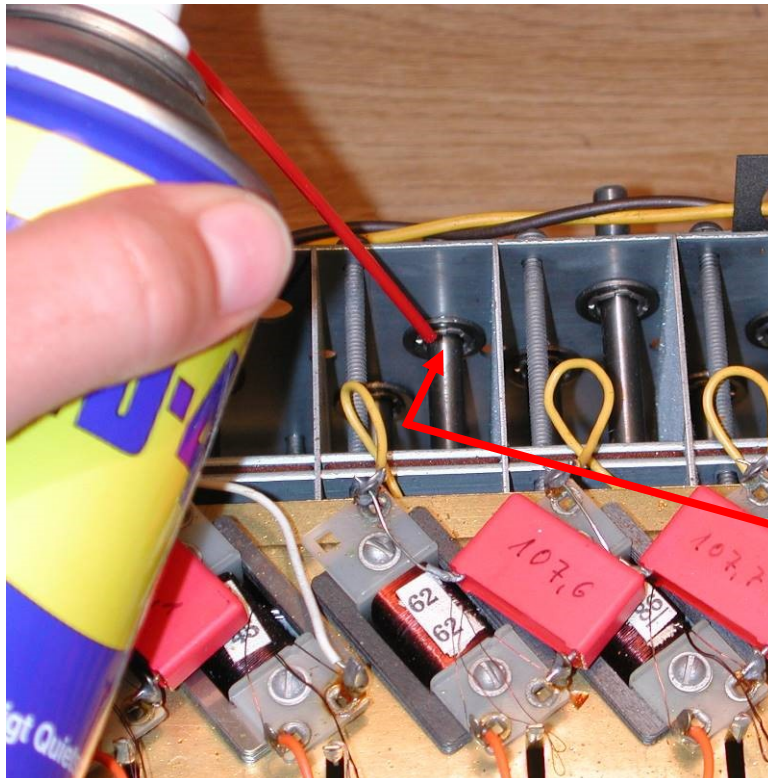


Abbildung 80: Detailansicht: WD-40 auf Magnetstiftachse sprühen

Danach ein paar Minuten warten, damit das WD-40 auch einwirken kann. Nun mit Schritt 4 weitermachen: mit der Rohrzanze versuchen, den Magnetstift im Klemmring etwas hin- und herzudrehen, um ihn gängig zu machen.

6. War auch das mehrmalige Einsprühen am Klemmring erfolglos, dann kann auch ein gut gezielter Schuss direkt ins Schraubenloch helfen.

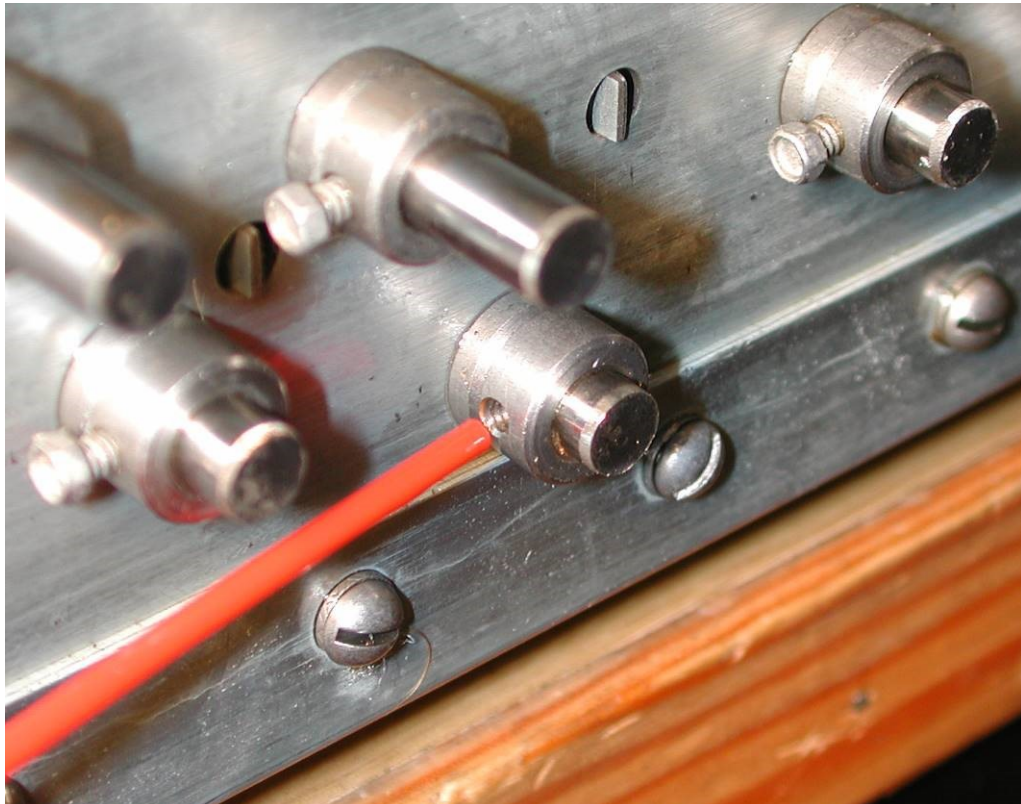


Abbildung 81: WD-40 direkt ins Schraubenloch

Manchmal braucht man dafür auch etwas Geduld und mehrere Stunden Einwirkzeit. Wer allerdings hartnäckig bleibt und nicht aufgibt, wird irgendwann erfolgreich sein.

Bislang habe ich mit dieser Behandlung noch jeden Magnetstift lockern können!

12.2 Magnetstift-Werkzeuge

Thema Generator-Abgleich:

Zum Verstellen der Magnetstifte benutze ich folgende Werkzeuge:

- a) Finger
- b) kleines Stück Hartholz zum Klopfen
- c) Rohrzange

Magnetstift hineintreiben (Ausgangsspannung erhöhen)

Ist die Mechanik gängig, dann den Magnetstift mit vorsichtigen Hammerschlägen in den Generator einklopfen. Das funktioniert recht gut, wenn man zwischen Magnetstift und Hammer eine kleine Leiste aus Hartholz (Eiche, Buche,...) hält. Die dämpft die harten Schläge des Hammers etwas ab (wie sicher noch die meisten von Ihnen aus der Schule wissen, kann man mit zu starken Hammerschlägen Metall auch wieder entmagnetisieren, also Vorsicht!) und verhindert außerdem, dass der Metallkopf des Hammers von dem Magnetstift angezogen wird.

Magnetstift herausziehen (Ausgangsspannung vermindern)

Das bewerkstellige ich in den meisten Fällen mit der Rohrzange gemäß Abbildung 77. Unter ständigem hin- und herdrehen ziehe ich den Magnetstift aus dem Tongenerator langsam heraus, während ich auf dem Oszilloskop die Ausgangsspannung kontrolliere. Je besser der Magnetstift vorher gängig gemacht wurde (siehe oben), desto einfacher geht das.

13 Generatorschrauben-Troubleshooting

Klemmschraube abgebrochen - was nun?

So mit das Schlimmste, das einem passieren kann, ist eine abgebrochene Klemmschraube an einem Magnetstift! Wie kann man sowas reparieren??

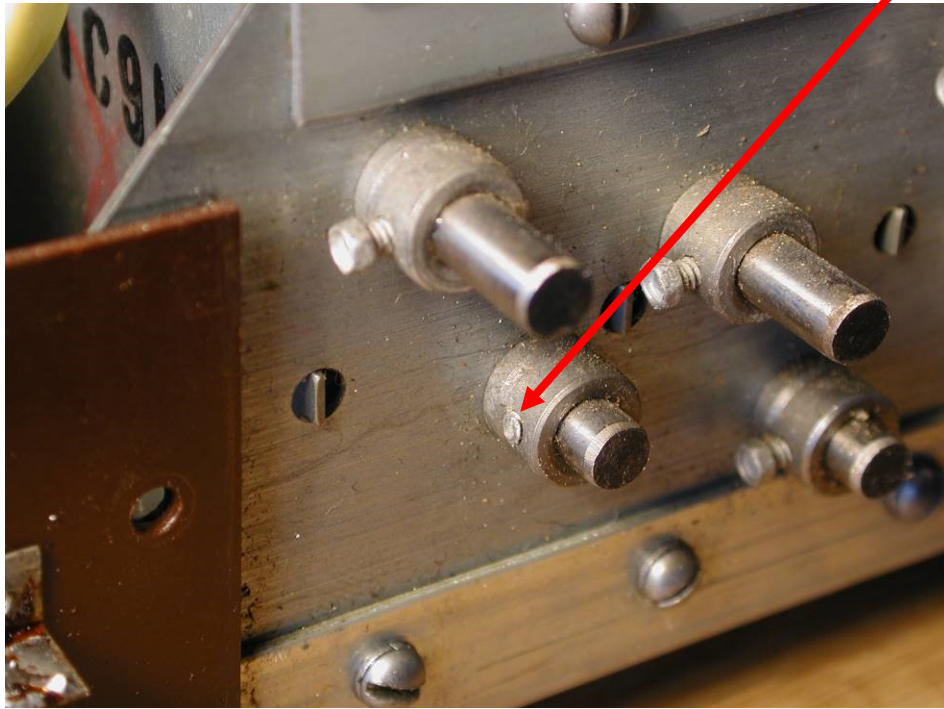


Abbildung 82: abgebrochene Klemmschraube

Ich habe dieses Problem bereits mit einigen gestandenen Hammond-Technikern unseres Clubs besprochen und dabei festgestellt, dass es dafür offensichtlich noch kein richtiges Patentrezept gibt: ist eine Klemmschraube abgebrochen, hilft im schlimmsten Fall tatsächlich nur noch die komplette Demontage des Tonewheel-Generators. Eine Arbeit, die ich selbst im Rahmen dieses Buches nicht freiwillig beschreiben will (zumindest solange nicht, wie ich nicht gezwungen bin, einen Generator auseinander nehmen zu müssen)!

In meinem Fall war das Problem glücklicherweise einfacher zu lösen, denn die defekte Klemmschraube war von der Seite her recht gut zu erreichen.

Sehr hilfreich für diese Arbeit war hier eine so genannte "Biegewelle". Sie wird an eine kleine Minibohrmaschine (z.B. Dremel oder -wie hier- von Proxxon) angeschlossen und verlängert so deren Aktionsradius. Man kann sich das in etwa so vorstellen wie der Bowdenzug einer Fahrradbremse-nur etwas stabiler. Außerdem hat diese Biegewelle den Vorteil, dass das Handgriffstück am anderen Ende sehr dünn im Durchmesser ist: eine Grundvoraussetzung, dass man die abgebrochene Klemmschraube überhaupt erreicht!

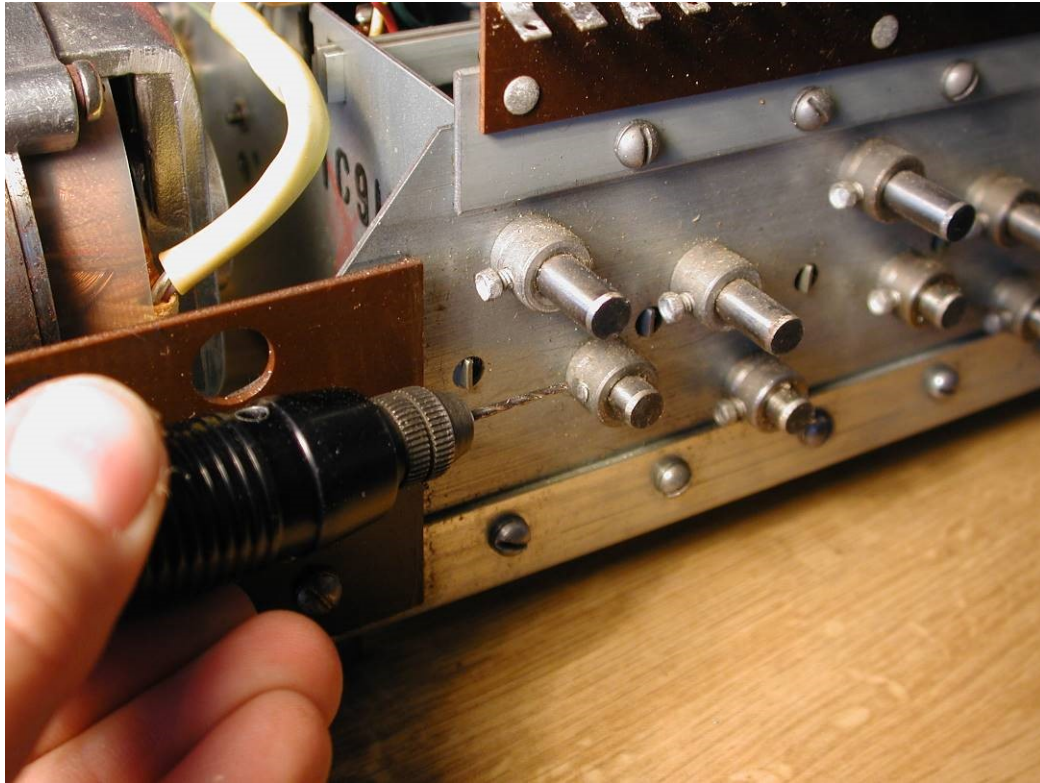


Abbildung 83: Biegewelle

Wenn also der Schraubenkopf so tief im Gewinde abgebrochen ist, dass man auch mit einer Zange nichts mehr zu fassen bekommen, muss man die abgebrochene Schraube ausbohren. Wir spannen also einen dünnen Bohrer (Durchmesser ca. 1,5mm) in den Handgriff ein und setzen vorsichtig bei relativ geringer Drehzahl an. Wenn möglich, hilft das vorherige Ankörnen dabei, dass der Bohrer nicht verläuft.

Auch während des Bohrens bitte darauf achten, dass man nicht seitlich zu sehr verläuft und immer die Tiefe kontrollieren- schließlich wollen wir ja nicht auch noch den Magnetstift quer durchbohren!

Abbildung 84 zeigt solch einen Bohrvorgang.



Abbildung 84: Klemmschraube ausbohren

Das Ergebnis sieht dann so aus (Abbildung 85): in den Kern der Klemmschraube wurde ein ca. 1,5mm breites Sackloch gebohrt. Wer nun ein Schraubenausdrehwerkzeug für derartig kleine Schrauben besitzt, könnte mit dem Ausdrehen bereits jetzt Erfolg haben (vorausgesetzt es ist genug Platz da zum Ansetzen!).



Abbildung 85: Sackloch

14 Gehäuserestauration: Arbeitsmaterialien

14.1 Schleifpapier

Ein nicht zu unterschätzendes Thema bei der Gehäuserestauration ist die Qualität des verwendeten Schleifpapiers. In der Regel benötigt man davon stapelweise Bögen in verschiedenen Körnungen (meist 80er, 120er, evtl. etwas 180er, 240er). Aus eigener Erfahrung habe ich die Vorzüge eines hochwertigen Schleifpapiers zu schätzen gelernt, denn günstiges Material zahlt sich hier meist nicht aus: man verbraucht viel mehr, weil es sich stärker abnutzt oder zusetzt und hat damit nur erhebliche (und völlig unnötige) Zusatzarbeit (von den teilweise äußerst dürftigen Ergebnissen mal ganz abgesehen).

Damit einem das nicht passiert, sollte man beim Kauf bereits auf folgendes achten:

- **Schleifpartikel**

Je nach Anwendungsfall besitzt hochwertiges Schleifpapier meist Edelkorund als Schleifmittel. Standard-Papier ist normalerweise mit Aluminiumoxid-Partikeln besetzt; extrem günstige Produkte hingegen sogar nur mit Flintstein. Diese Variante ist eigentlich nur für Weichholz (z.B. Balsa-Holz) geeignet. Wenn es darum geht, einfache Farben und Lacke zu entfernen, muss man bereits zu höherwertigen Produkten mit besserem Korn, aber auch Leimung und Papier greifen. Bei unserem Orgelholz (Nussbaum, Hartholz!) wird man laut meiner Erfahrung nur so richtig glücklich mit professionellem Schleifpapier. Der Abtrag mit diesen Schleifpartikeln ist erheblich höher als mit anderen Beschichtungen (viele professionelle Schleifscheiben von Scheren- und Messerschleifereien bestehen aus Edelkorund!). Daher mein Rat: von Billig-Schleifpapier sollte man für unsere Anwendungen die Finger lassen- man tut sich damit keinen Gefallen. Ich selber verwende nur Schleifpapier für gewerbliche Zwecke. Leider scheint die Nachfrage gerade nach sehr günstigem Schleifpapier hoch zu sein, so dass viele Baumärkte leider nur die „Billig-Schiene“ im Sortiment haben.

- **Bindung**

Auch die Bindung hat einen großen Einfluss auf die "Schleifperformance". Hier sollte man unbedingt auf eine Kunstharzbindung achten! Das bedeutet, dass die einzelnen Schleifpartikel durch eine stabile Trägerschicht aus Kunstharz auf das Trägermaterial (Rücken) aufgeklebt sind. Bei sehr günstigen Schleifpapieren mit nur schwacher Bindung reicht bereits oft das relativ harte Nussbaum-Furnier der Orgeln dafür, dass die Bindung nicht dauerhaft hält- die Schleifpartikel lösen sich bei dem Einsatz selber ab- und das Schleifpapier verliert seine Griffigkeit. Das merkt man sofort daran, dass man bei der Arbeit keine sichtbaren Fortschritte mehr erzielt und sich die Oberfläche des Schleifpapiers beim Drüberfassen sehr glatt anfühlt.

- **Rücken**

Der Rücken des Schleifpapiers entscheidet darüber, ob es der Schleifbewegung gewachsen ist, oder bereits beim ersten stärkeren Andrücken zerreißt oder zerfranst. Hier sollte man nur Schleifpapier kaufen, dessen Rücken nicht aus Papier, sondern aus Gewebe (z.B.: Leinen) verfügt. Gerade beim Schleifen in Kanten, Ecken und Rundungen und beim Umwickeln auf z.B. eine Holzleiste oder einen Spachtel (damit kommt man erheblich besser in die randnahen Bereiche!) reißt das billige Schleifpapier sofort ein und ein Schleifen wird zur Qual. Fazit: keine Freude bei Schleifpapier mit Papier- oder Papp Rücken- immer auf **festes Gewebe** achten!

Mit diesem Wissen gerüstet sollte man in der Lage sein, ein qualitativ hochwertiges Schleifpapier zu erkennen. Bitte verurteilen Sie im Ansatz nicht gleich alle Baumärkte: auch dort ist hin und wieder ordentliches Schleifpapier zu haben! In Billig-Märkten mit Lagerhallen-Charakter allerdings findet man gute Produkte aber leider so gut wie gar nicht. Als Preisorientierung: ein Bogen gutes Schleifpapier kann durchaus bis zu 1€ kosten!

14.2 Schrauben

Der Klappdeckel eines Orgelhäuses besteht aus mehreren Holzbrettern, die durch Klavierbänder miteinander verschraubt sind. Wenn die originalen Schrauben nicht mehr alle vollständig vorhanden sind oder abgebrochen/ verschlissen sein sollten, braucht man Ersatzschrauben, die farblich und mechanisch möglichst gut zum Original passen.

Beim Durchforsten einiger ansässiger Baumärkte findet man mit etwas Glück jedoch einige gute Alternativen. Ich unterscheide zwischen zwei verschiedenen Schraubentypen, die mir bislang im Bereich "Klappdeckel" untergekommen sind:

14.2.1 Typ 1 (Kupfer)

Diese Schrauben entdeckte ich bei unserer alten Hammond C-3. Es scheint sich dabei um eine Variante zu handeln, bei denen zumindest ein Kupfer-Anteil verwendet wurde. Ich fand in unserem Obi-Baumarkt in der Nachbarschaft ein geeignetes Produkt, das dem Original ziemlich ähnlich sieht. Offensichtlich vertreibt Obi hier eine Schraubensorte des Herstellers "brauckmann".



Abbildung 86: Schraube Typ1 (links Original, rechts Ersatz von Obi)



Abbildung 87: Typ1-Ersatzschrauben von Obi

14.2.2 Typ2 (Messing)

Schrauben vom Typ2 sah ich sowohl in unserer Hammond C-3 als auch B-2. Obwohl das dunkle Äußere eigentlich auf eine brünierte Variante deutet, versicherte mir man im Baumarkt, dass es sich hierbei mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit um Messingschrauben handeln müssen, die im Laufe der Zeit dunkel angelaufen seien. Also suchen wir normale Messing-Schlitzschrauben mit Linsenkopf, die ich gleich in zwei verschiedenen Baumärkten fand. Verwendet werden diesen Schrauben sehr gerne in dem mehrteiligen Klappdeckel (C-3 als auch B-2 oder B-3), der durch zwei Klavierbänder zusammengeschaubt ist. Wichtig: will man alles komplett ersetzen, dann bitte gleich ein großes Paket kaufen (100Stück reichen gerade so).



Abbildung 88: Schraube Typ2, Original

Möglichkeit 1

Die Variante von Marktkauf. Hier führt man das Schraubensortiment von Merox. Eine Schachtel Messingschrauben mit den Abmessungen 3,0x16mm löst unser Schraubenproblem.



Abbildung 89: Schrauben Typ2, Ersatz von Merox

Möglichkeit 2

Wer nicht auf das Merox-Sortiment zugreifen kann, für den hat Obi mit seiner Hausmarke aber auch passende Schrauben parat. Der Typ 3,0x16mm der Hausmarke "Variolux" führt auch zum Ziel.



Abbildung 90: Schrauben Typ2, Ersatz von Variolux

15 Scanner

15.1 Zerlegen des Scanners

Im ersten Teil des Handbuches habe ich die Arbeitsschritte zum fachgerechten Zerlegen eines Scanners bereits einmal beschrieben. Beim nachträglichen Durchlesen finde ich selber die Darstellung aber doch etwas verwirrend, sodass ich diese Prozedur noch einmal -mit neuen Fotos!- darstellen möchte.

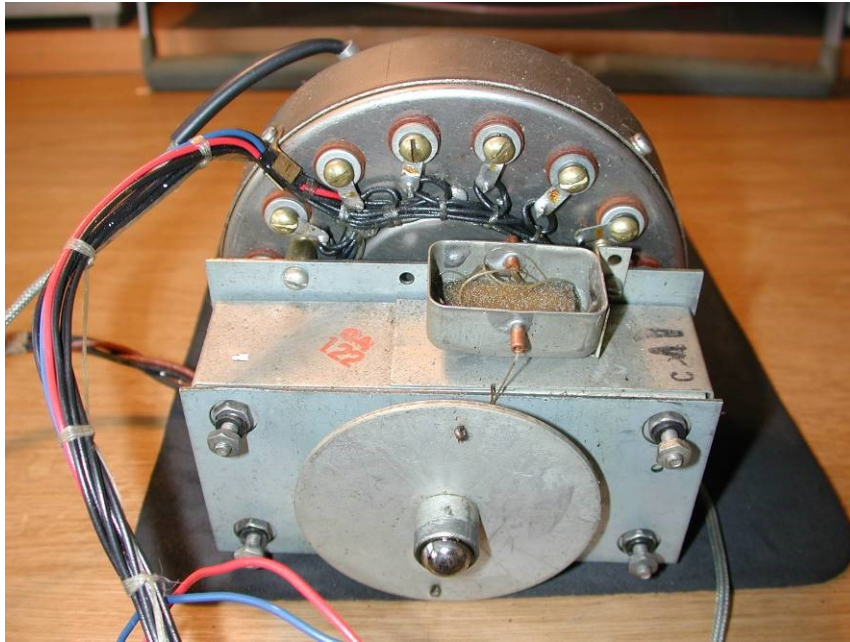


Abbildung 91: Motor/Scanner-Einheit von vorne

Wir gehen also erst einmal davon aus, dass die komplette Run-Motor/Scanner-Einheit als ein Block vor Ihnen auf dem Tisch liegt.

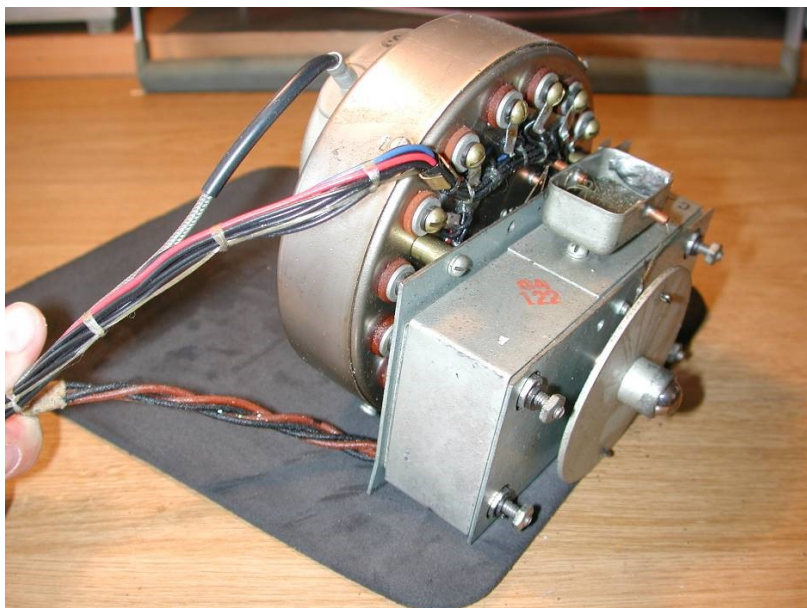


Abbildung 92: Motor/Scanner-Einheit von der Seite

Bei diesem Run-Motor fällt ein überaus wichtiges Detail auf: ein Abschirmungsblech über der Netzzuleitung! Wie ich bereits im ersten Teil des Hammond-Technikhandbuches (Kapitel xyz) schrieb, besteht die Gefahr, dass die Stromversorgung des Run-Motors in den Scanner einstrahlt und dort so unerwünschte Brumm- und Störgeräusche erzeugt. Gerade beim Einsatz von Rechteck-Wandlern mit konstruktionsbedingt starkem Störspektrum sind hier oft Probleme zu erwarten. Hammond hat hier offensichtlich jedoch nachgebessert: der Einsatz eines zusätzlichen Abschirmblechs reduziert die unerwünschten Nebengeräusche!



Abbildung 93: wichtiges Detail: Abschirmungsblech!

Jetzt aber los: nachdem wir zuerst das kleine Federblech aus der Ölwanne entfernt haben, wickeln wir die Ölfäden ab, die um den Ölschwamm herumgeschlagen sind.



Abbildung 94: Ölfäden abwickeln

Dann entfernen wir das Ölschwämmchen selber. Dieses hier ist noch sehr gut getränkt und liefert (wie wir noch sehen werden: leider etwas zu viel) guten Öl-Nachschub für die Ölfäden.

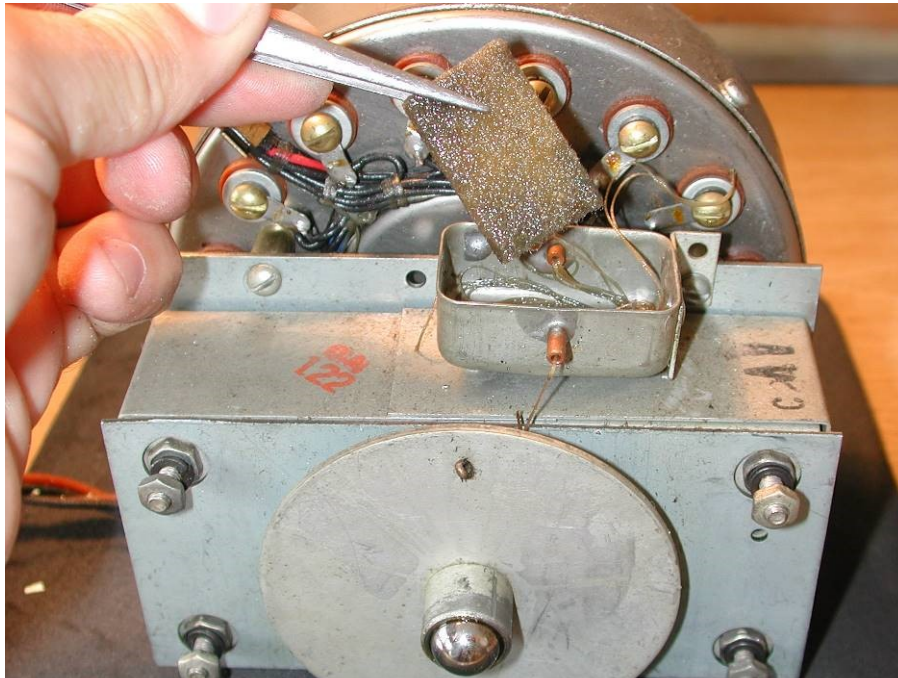


Abbildung 95: Ölschwämmchen entnehmen

Danach entwirrt man die ganzen Ölfäden und legt sie gerade in einer Richtung lang aus.

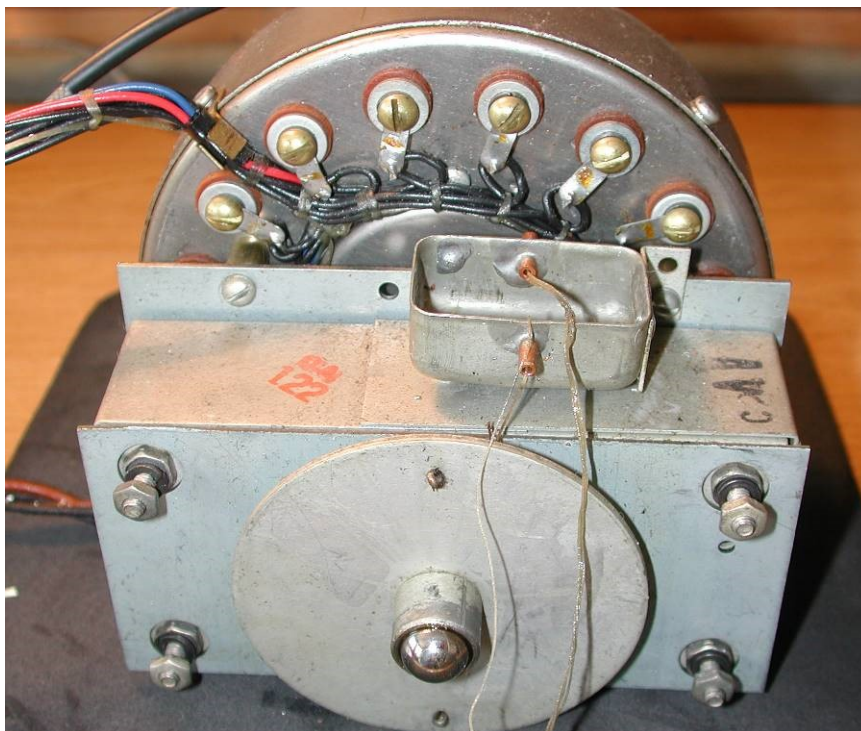


Abbildung 96: Ölfäden entwirren und ordnen

Wir trennen nun den Run-Motor und den Scanner voneinander. Das geschieht durch das Lösen von drei kleinen Schlitzschrauben. Erst oben links....

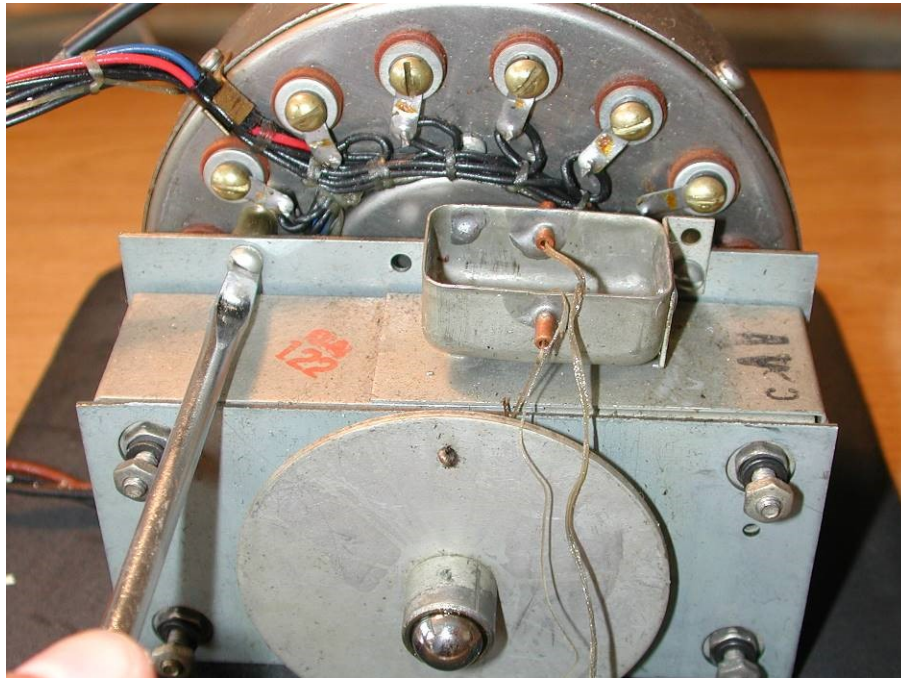


Abbildung 97: Befestigungsschrauben herausdrehen

...dann oben rechts. Nun kann auch die Ölwanne vorsichtig abgenommen werden (dabei nicht zu stark an den Ölfäden ziehen!).



Abbildung 98: Ölwanne abnehmen

Die dritte, letzte Schraube befindet sich auf der Unterseite.

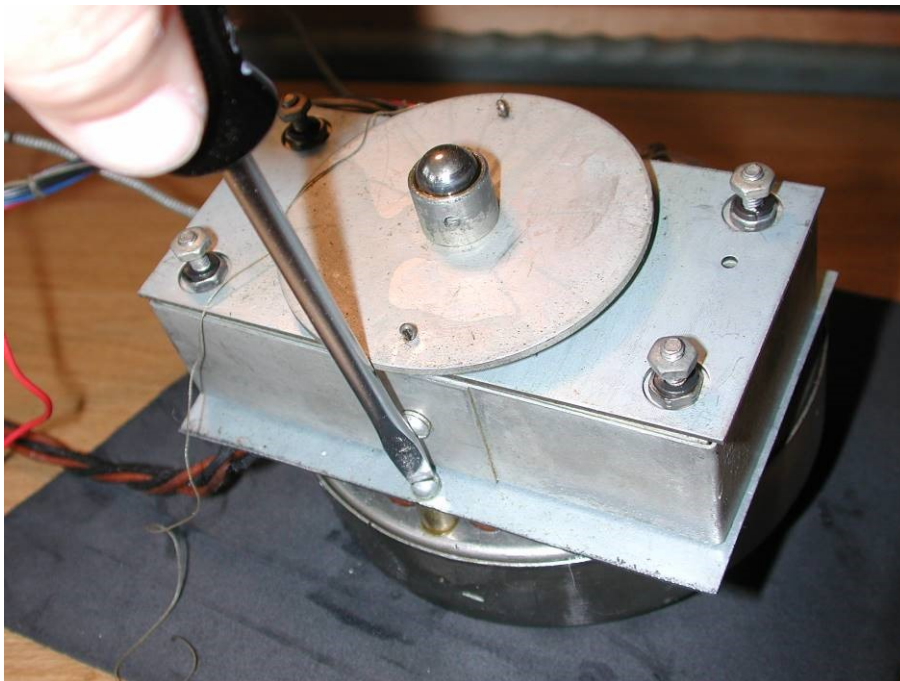


Abbildung 99: letzte Befestigungsschraube herausdrehen

Nun können Motor und Scanner voneinander getrennt werden. Auch hier bitte schön vorsichtig: keine Gewalt anwenden!

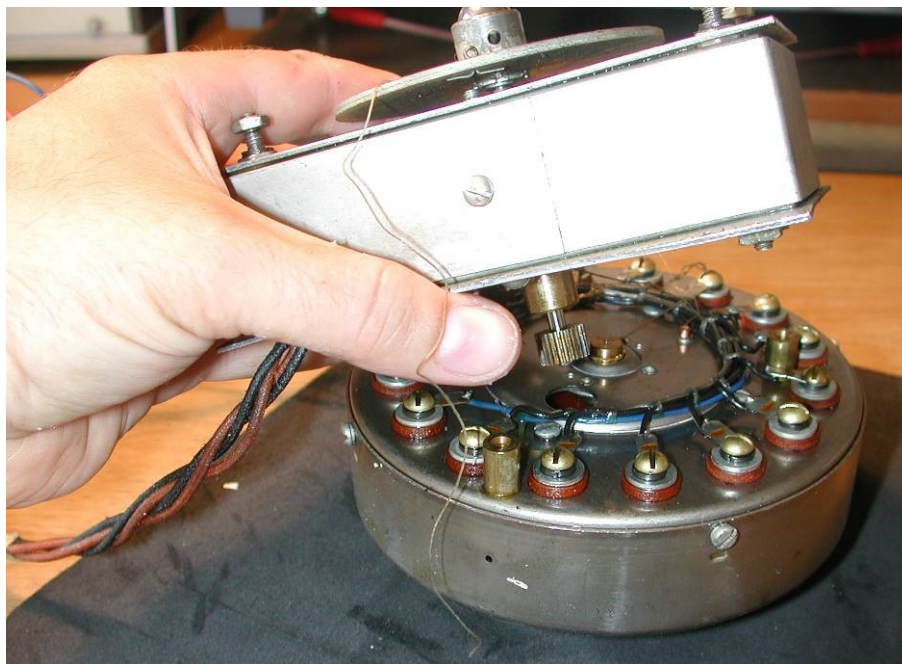


Abbildung 100: Motor und Scanner trennen

In Abbildung 101 kann man das Abschirmblech noch einmal ganz hervorragend sehen (unten rechts). Ich habe es übrigens auf dem Run-Motor unserer C-3 (siehe Technikhandbuch Teil I) nicht gesehen; Ulrich Zwarg versichert hier aber, dass er die RUN-Motoren allgemein nur mit diesem Abschirmblech kennt.

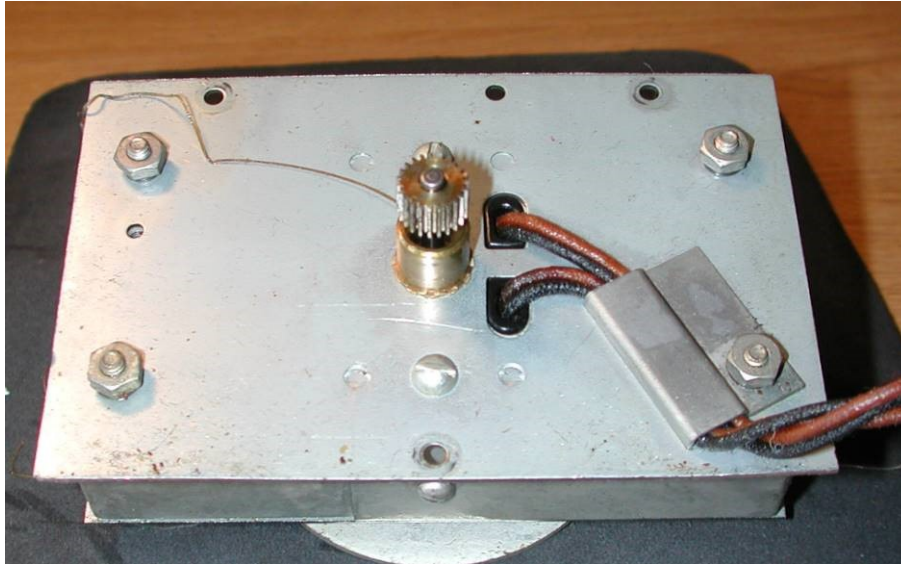


Abbildung 101: das Abschirmblech!

Mein Trick, damit man Schrauben nicht verliert: einfach in die ursprünglichen Löcher wieder lose eindrehen!



Abbildung 102: Schrauben nicht verlieren!

Nun beschäftigen wir uns mit dem Öffnen des Scanners. Zuerst die beiden kleinen Schraubchen lösen...

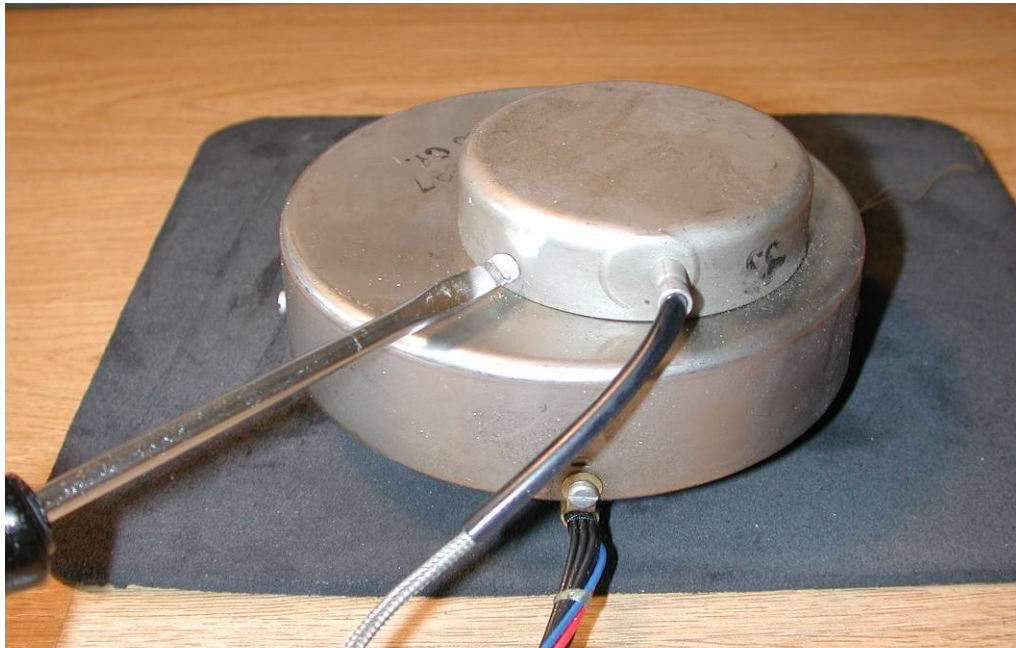


Abbildung 103: obere Deckelschrauben lösen (2 Stück)

...dann den Deckel vorsichtig abheben.



Abbildung 104: oberen Deckel abheben

Aber Vorsicht: bevor man den Deckel komplett entfernen kann, muss man das Anschlusskabel von der Kontaktschleifer-Einheit ablöten!



Abbildung 105: Anschlussdraht ablöten

Nun kann auch der Deckel weg und man schraubt die Kontaktschleifer-Einheit ab.



Abbildung 106: Schrauben für Kontaktschleifer lösen

Die gesamte Einheit hebt man nun nach oben hin ab. Nun wieder aufpassen: die beiden Ringkohlen sind sehr empfindlich! Bitte mit einer kleinen Pinzette gaaaaanz vorsichtig nach oben hin von dem dünnen Metallpin abstreifen!



Abbildung 107: Kontaktschleifer abheben, Ringkohlen abnehmen

Geschafft! Der Kontaktschleifer ist frei und kann zur Seite gelegt werden (wichtig: ölfrei halten, die beiden schwarzen Ringkohlen lösen sich im Öl auf!).



Abbildung 108: Kontaktschleifer ist nun frei

Ab sofort unbedingt auf den kleinen Pin aufpassen, damit er nicht verbiegt!
(Hier kann man gar nicht vorsichtig genug sein.)

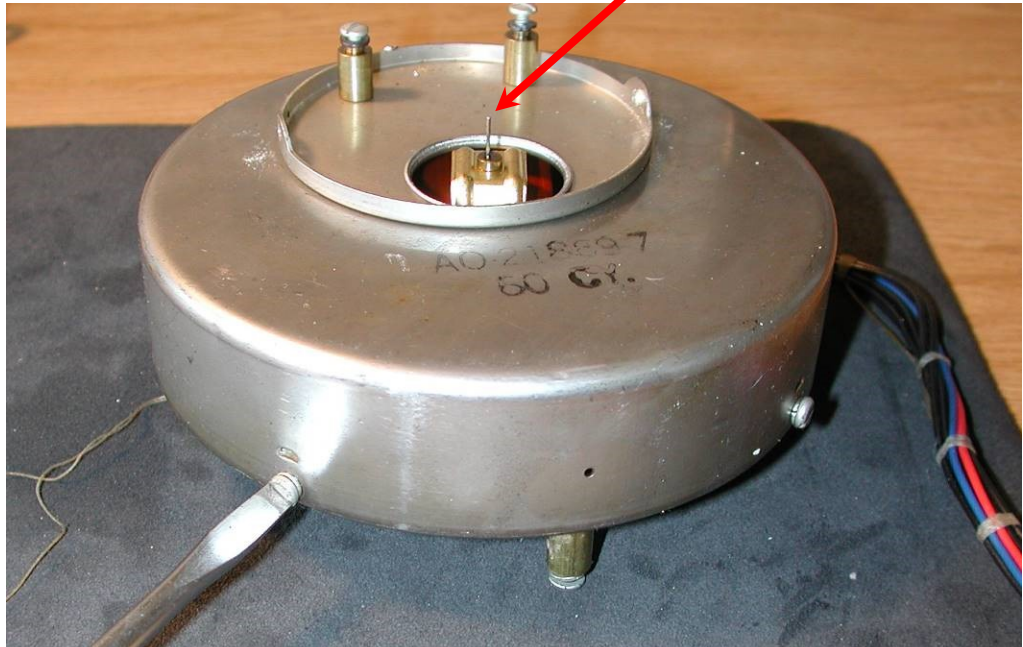


Abbildung 109: vier Gehäuseschrauben lösen

Jetzt die letzten vier Schrauben lösen und die beiden Gehäusenhälften auseinanderziehen. Das geht meistens recht schwer. Also zuerst ziehen....

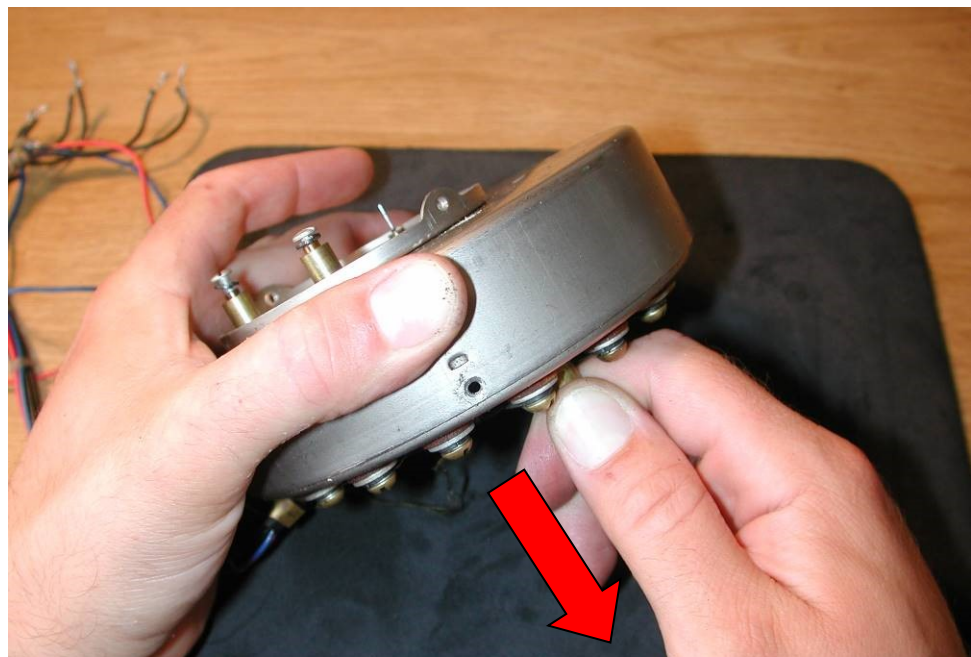


Abbildung 110: Deckel lösen durch: Ziehen

...dann hebeln....

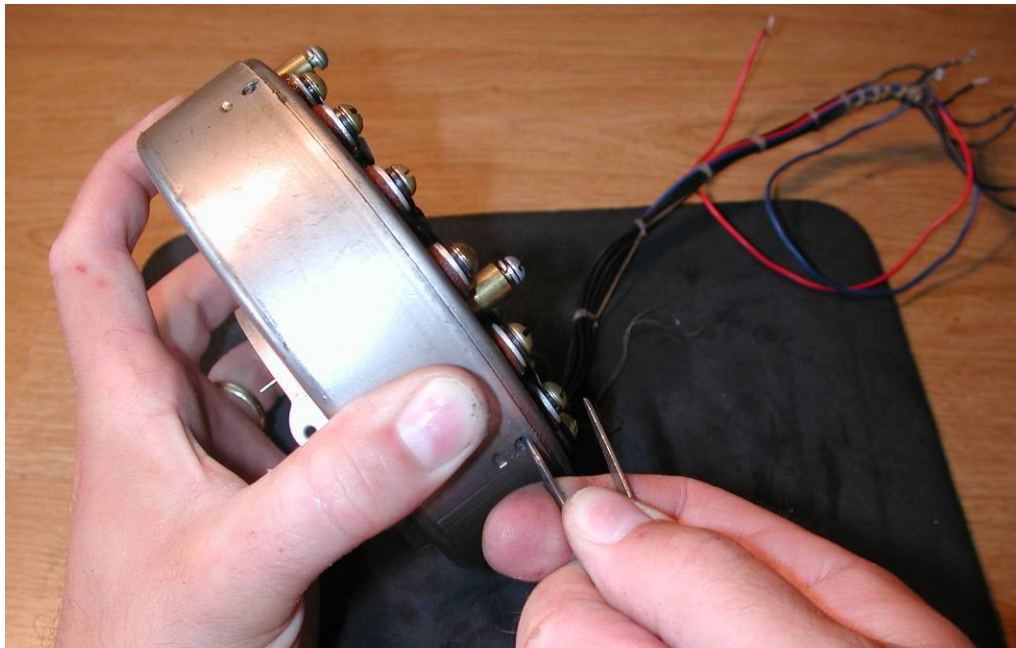


Abbildung 111: Hebeln

...und etwas drücken....



Abbildung 112: vorsichtiges (!) Drücken

...und irgendwann hat man es geschafft:

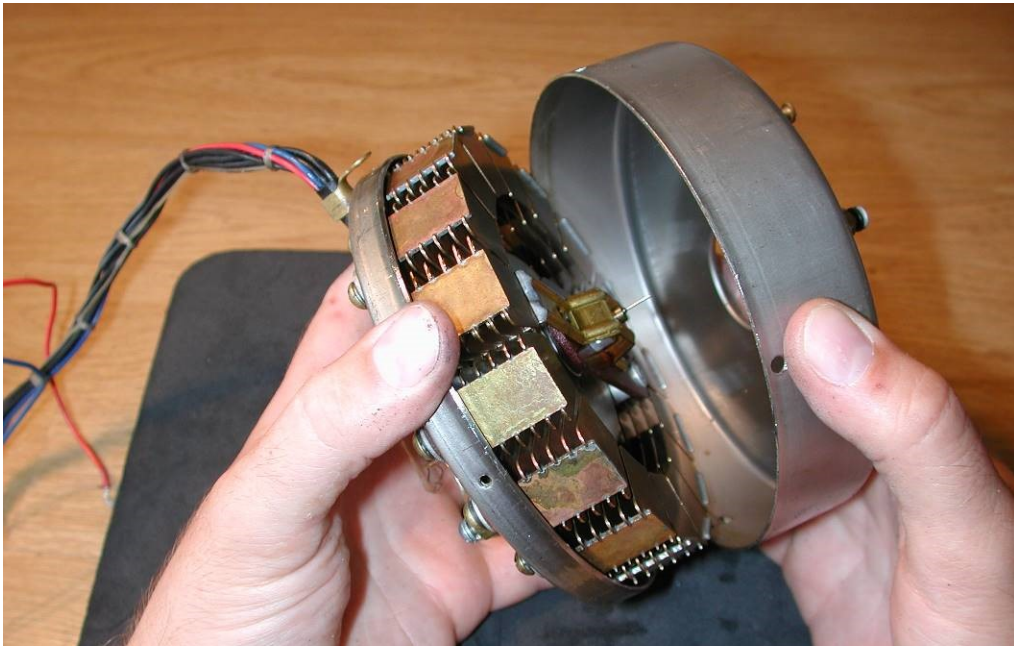


Abbildung 113: Deckel abnehmen

Das Scanner-Innere!

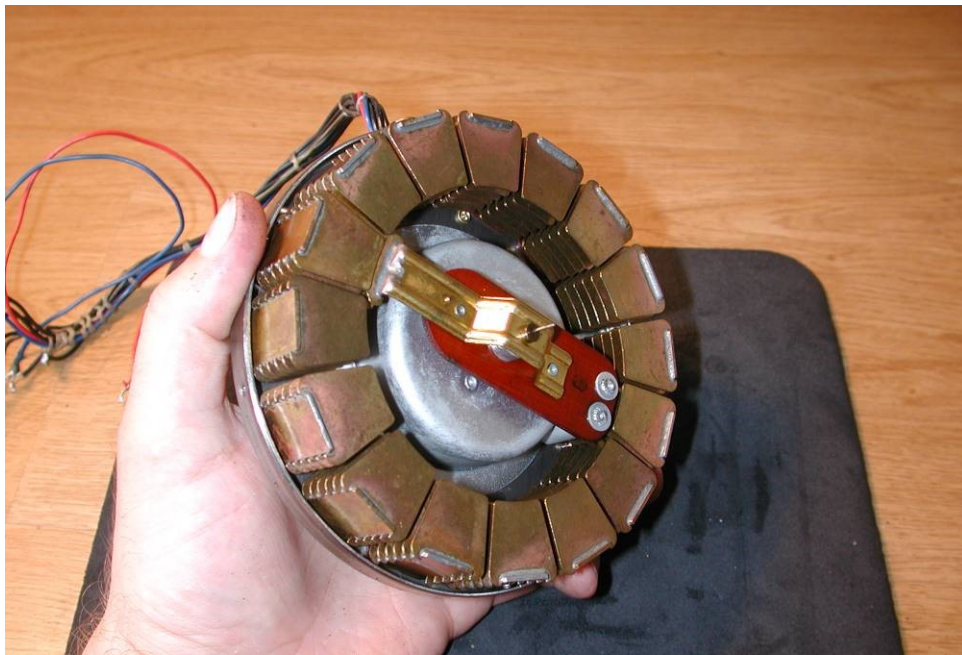


Abbildung 114: Das Innere des Scanners

Nun aber sofort die berühmte Toilettenpapierhalterung holen und den Scanner -mit dem Pin zuerst- auf die Klorolle legen.

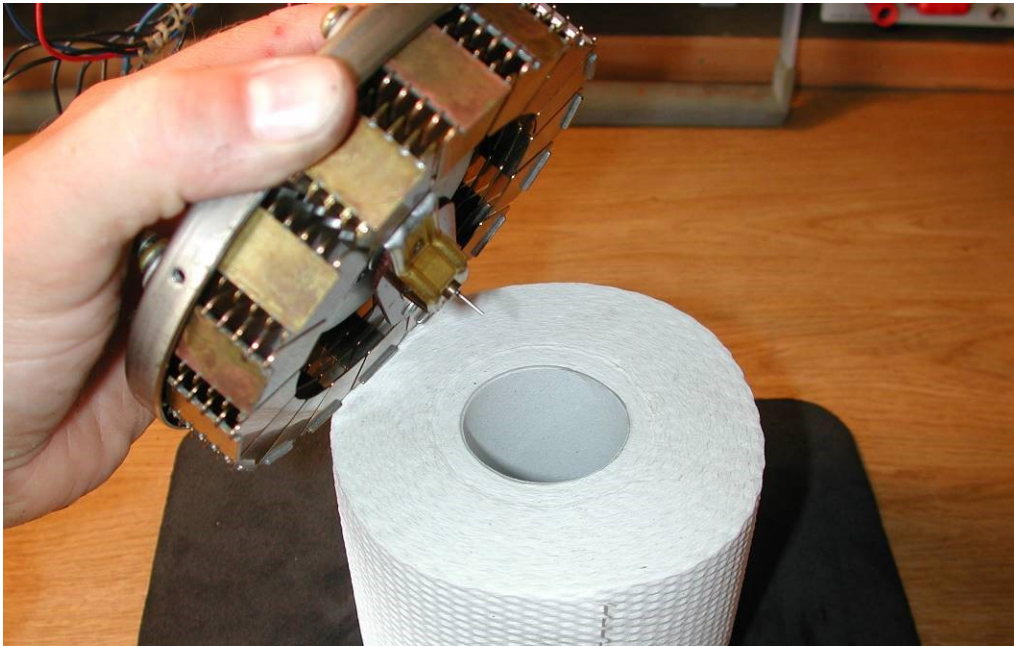


Abbildung 115: Toilettenrolle als Halterung

So gegen das unbeabsichtigte Verbiegen geschützt, entfernt man jetzt den Kabelbaum.

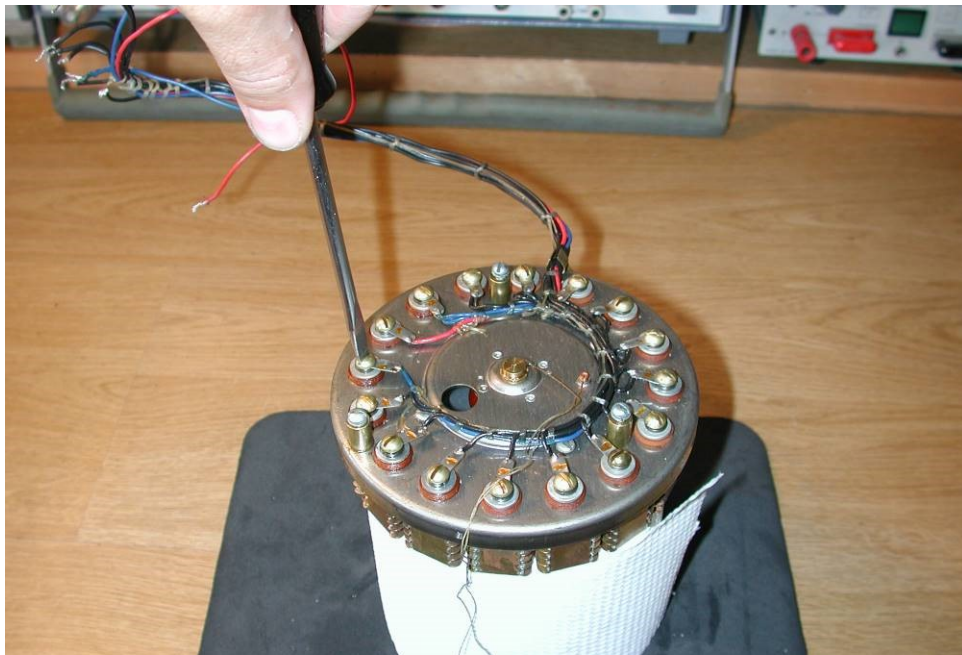


Abbildung 116: Kabelbaum abschrauben (16 Schrauben)

Dazu nacheinander alle Schrauben lösen und die jeweils darunter liegende Anschlussöse des Kabelbaums entfernen. Wenn man vermeiden will, dass die einzelnen Stator-Blechpakete nachher unten herausfallen, müssen die Schrauben danach wieder lose eingedreht werden(!).

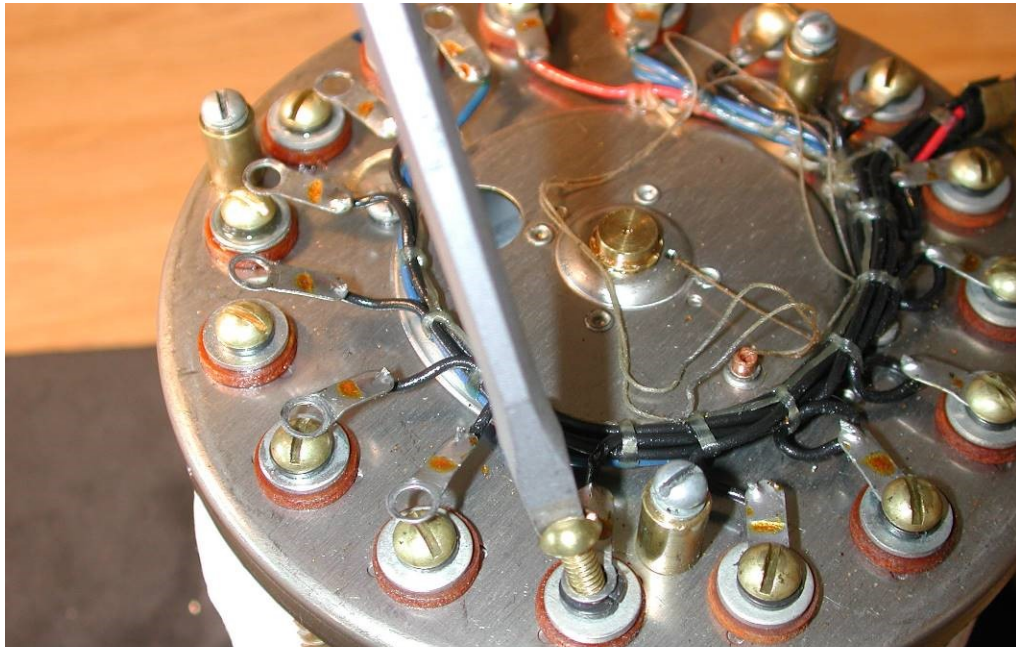


Abbildung 117: Schrauben ohne Lötösen wieder eindrehen

Die Demontage des Scanners ist damit abgeschlossen! Ich beginne dann immer sofort, nach unerwünschten Öl-Lachen zu suchen (und wurde hier natürlich auch wieder fündig, siehe Abbildung 118).

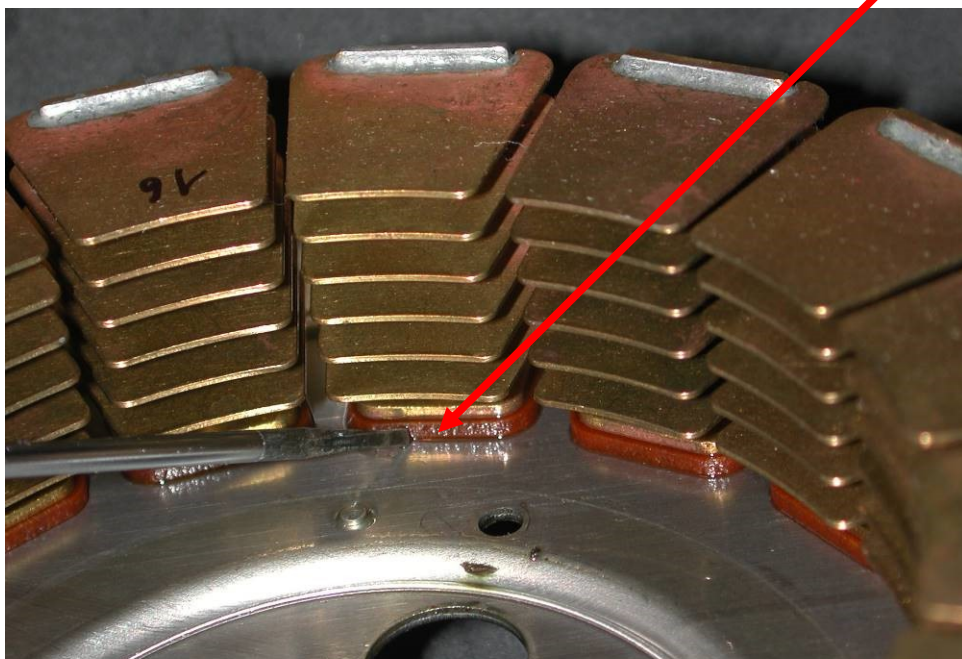


Abbildung 118: verölte Isolierplättchen

Das nun folgende Bild zeigt zwei verölte Isolierplättchen. Auf dem rechten sieht man sogar noch einen dicken, glänzenden Ölfilm. Das ist nicht gut. Die Isolierplättchen sollen trocken und möglichst frei von Öl sein.

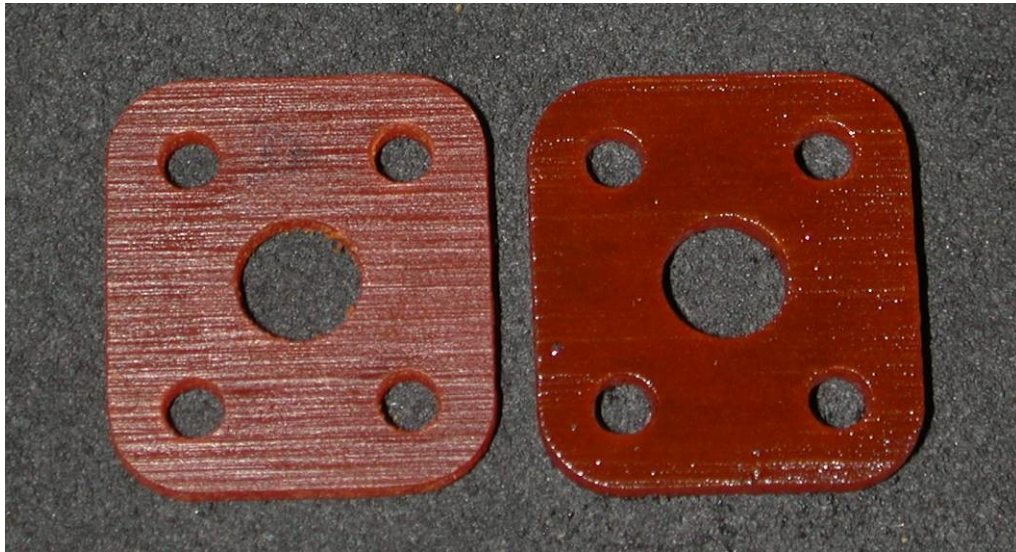


Abbildung 119: vorher: Isolierplättchen verölt

So sollte stattdessen ein Isolierplättchen aussehen (Abbildung 120)! Eine helle, sandig-braune Oberfläche ohne Glanz oder "speckiges" Aussehen!



Abbildung 120: nachher: Isolierplättchen gereinigt

Wie man die verdreckten Plättchen so schön hinbekommt? Einfach umblättern!

Wie bereits im ersten Teil des Handbuches beschrieben, geschieht das Ent-Ölen durch einfaches Baden in einem Lösungsmittel (ca. 1 Tag). Ich habe diesmal Aceton verwendet, das sich für diesen Zweck sehr gut eignet. Wichtig: Lösungsmittel nicht zu öft verwenden, denn der darin gelöste Ölanteil wird natürlich von Gebrauch zu Gebrauch größer!



Abbildung 121: Reinigungsbad

Naja und dann das übliche Trocknen (auch etwa 1Tag)...



Abbildung 122: Trocknung

Mit diesen Bildern sollte das Demontieren und Aufarbeiten des Scanners noch besser verständlich sein. Aber es gab für mich dabei auch etwas Neues zu entdecken:

15.2 Messwerte: Kapazität gegen Gehäuse

Die ganzen Kreisdiagramme, Einkoppelkapazitäten und Untersuchung der Isoliereigenschaften kennen Sie bereits aus Teil I des Handbuches. Die aber nun folgenden Erfahrungen waren für mich so verblüffend, dass ich sie hier unbedingt ergänzen muss!

Nachdem der Scanner zerlegt war, begann ich, mit einem Kondensatormessgerät die Kapazität zwischen den Statorpaketen und dem Gehäuse zu messen. Da die Isolierplättchen größtenteils völlig verölt und durchtränkt waren, habe ich deutlich erhöhte Kapazitäten erwartet- Trugschluss!

Alle gemessenen Kapazitäten lagen um die 12pF- ein völlig unauffälliger Wert, den ich von völlig intakten und sauberen Scannern kenne! Auch die Messung des Wechselstromwiderstands bei 10kHz bleibt ergebnislos. Das konnte ich nicht glauben und so fuhr ich danach also alles an Messtechnik auf, was meine Bastelwerkstatt zu bieten hatte. Ich endete tatsächlich bei einem Isolationsmessgerät für Haus-Elektroinstallationen, mit dem ich den ganzen Scanner auf über 1000V Gleichspannung auflud und den Isolationswiderstand ermittelte. Ergebnis: > 20GOhm (das sind über 20 Milliarden Ohm!).

		B-3, #74763 vorher	B-3, #74763 nachher
Stator Nr.	Anschluss	Kapazität [pF]	Kapazität [pF]
1	rot	11,7	12,3
2	schwarz	12	12,6
3	schwarz	11,6	12,6
4	schwarz	11,8	12,7
5	schwarz	11,4	12,5
6	schwarz	11,3	12,7
7	schwarz	11,9	12,7
8	schwarz	11,7	12,5
9	schwarz	11,5	12,7
10	schwarz	11,6	12,7
11	schwarz	11,7	12,8
12	schwarz	11,7	12,4
13	schwarz	11,9	12,5
14	schwarz	12,3	12,8
15	schwarz	11,9	12,6
16	grün	11,9	12,5
Messgerät:		HP4262A	HP4262A

Tabelle 1: Kapazitäten gegen Gehäuse vor nach der Entölung

Liebe Lesende, obwohl die Isolierplättchen dieses Scanners teilweise definitiv in Öl schwammen und sich so vollgesaugt hatten, dass man sie schon fast auspressen konnte, ließ sich mit meinen Messmöglichkeiten jedenfalls in diesem Fall dadurch keine besondere Beeinträchtigung der elektrischen Eigenschaften nachweisen! Unglaublich, aber wahr!

Nun mag es vielerlei Gründe geben, dass andere Hammond-Techniker hier zu anderen Beobachtungen kommen. Einer mag sein, dass letztendlich niemand so genau weiß, welches Öl der letzte Vorbesitzer der Orgel in den Scanner gekippt haben mag. Ich bin mir beinahe

sicher, dass sich verschiedene Öle auch elektrisch etwas voneinander unterscheiden werden und somit die unterschiedlichen Messergebnisse erklärt werden könnten (wir erinnern uns: im ersten Teil des Handbuches erzählte ich etwas von 70..80pF zwischen Stator und Gehäuse!).

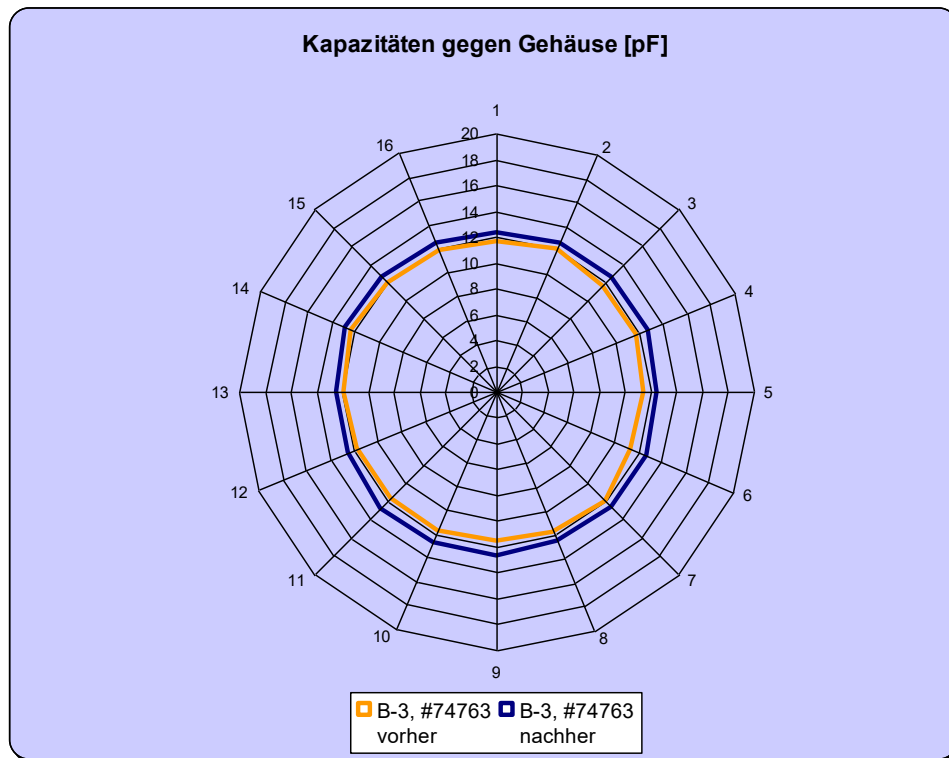


Abbildung 123: die Messwerte der vorstehenden Tabelle als Kreisdiagramm dargestellt

Wie man in Abbildung 123 aber nun sehen kann, hat das Entölen der ganzen Isolierplättchen in diesem Fall kaum Veränderungen an den kapazitiven Eigenschaften hervorgerufen. Im Gegenteil: zum Hohne meiner ganzen Bemühungen konnte ich nun sogar durchschnittlich um ein Picofarad höhere Kapazitäten als vorher messen!!

Trotzdem würde ich nach wie vor jedem Hammond-Bastler unbedingt dazu raten, diese Reinigung vorzunehmen, denn bestimmte Öle wurden früher als Dielektrikum für Kondensatoren (Ölpapier-Kondensatoren) verwendet, um deren Kapazitätswerte zu steigern. Genau das wäre in diesem Fall aber unerwünscht, denn die Statoren eines Scanners sollen möglichst wenig Kapazität gegen das Scannergehäuse aufweisen. Mit Öl vollgesaugte Isolierplättchen wären dabei (zumindest von der Theorie her) eher kontraproduktiv.

Je nachdem, welche Ölsorte dieses Instrument verabreicht bekommen hat, kann es hier aber trotzdem schon einmal Probleme geben. Nicht jede Sorte ist elektrisch immer so gutmütig wie gerade in diesem Fall!

15.3 Verlauf des rot/blauen Anschlusskabels an der LineBox

Für alle die, die sich für das rot/blau Kabel interessieren, das jeweils an der LineBox angelötet ist, sei dieser kleine Einschub.

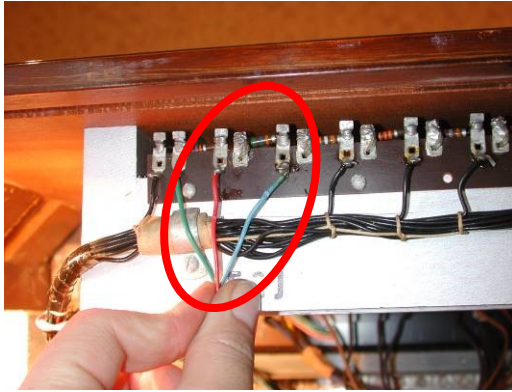


Abbildung 124: Kabel rot/blau an alter LineBox



Abbildung 125: Kabel rot/blau führt zum Scanner

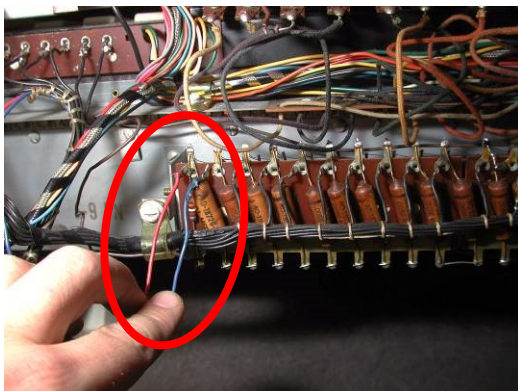


Abbildung 126: Kabel rot/blau an neuer LineBox

Wie in den obigen Abbildungen angedeutet ist, führt dieses Kabel -ebenso wie viele andere schwarze Kabel- zum Scanner. Man hat ihnen jedoch eine andere Farbe gegeben, um sie von den anderen unterscheiden zu können: das rote Kabel führt nämlich genau zur Statorplatte Nr.0 des Scanners.

Das blaue Kabel führt zu den beiden Statorplatten Nr.1 (die Statorplatten >0 gibt es ja immer im Pärchen!).

Bitte nicht verwechseln mit den beiden rot/blauen Kabeln, die am Pre-Amplifier AO28 angelötet sind: damit haben diese hier nichts zu tun!

Das folgende Bild zeigt noch einmal den üblichen Verlauf des rot/blauen Kabels in einer Orgel, die mit einer neuen LineBox ausgerüstet ist.

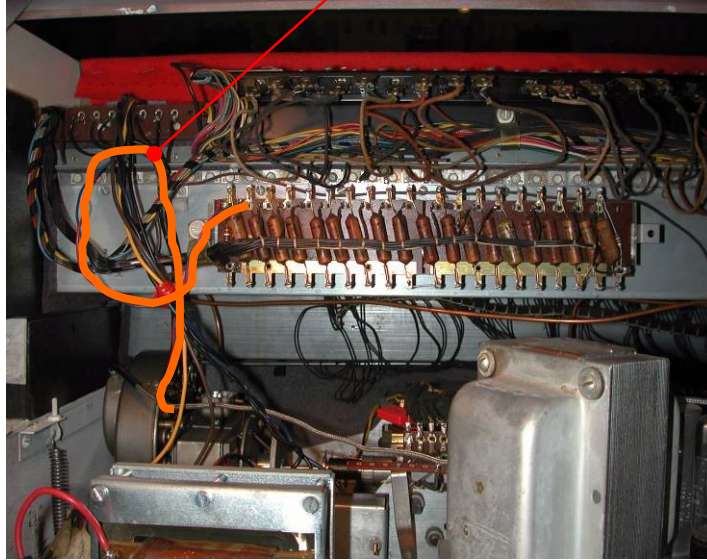


Abbildung 127: Verlauf rot/blau Kabel

15.4 Scanner-Überblick: Ansicht von unten

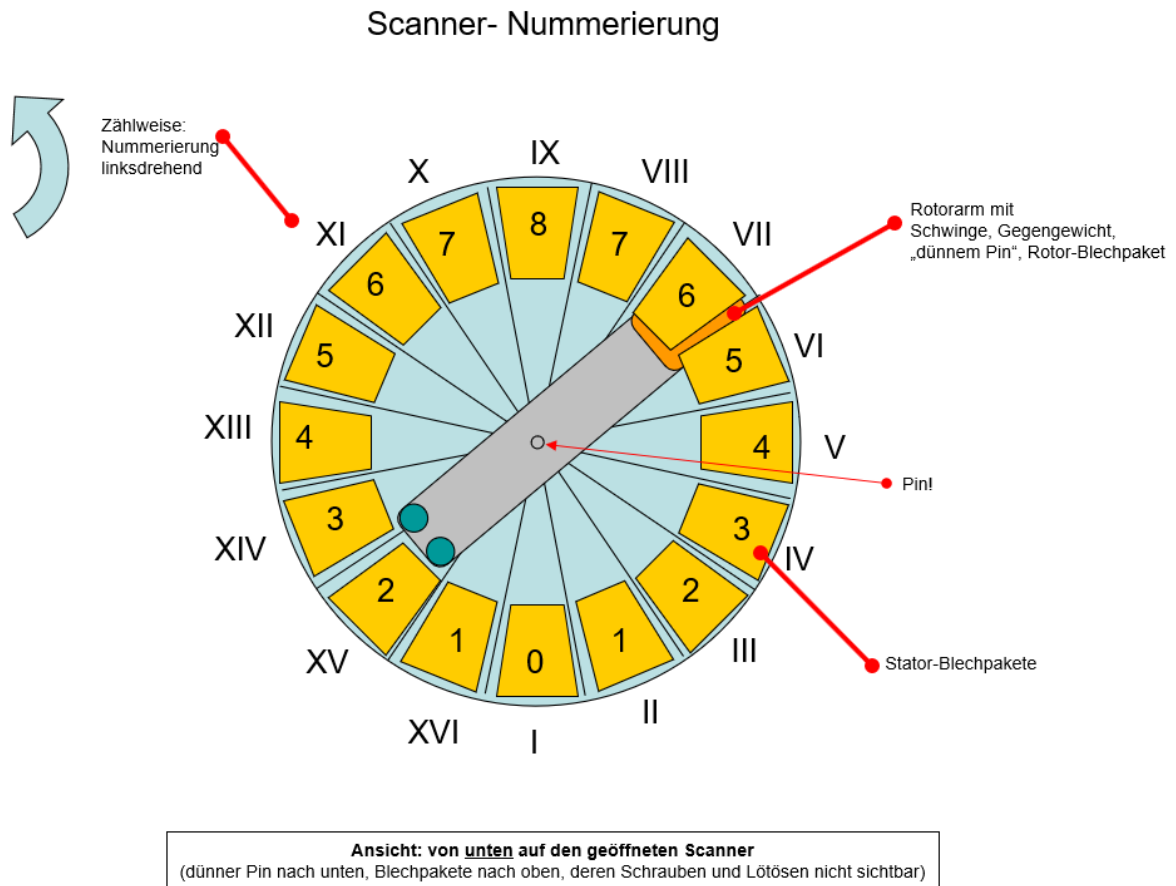


Abbildung 128: Schema des Scanners mit Blick von unten

15.5 Scanner-Überblick: Ansicht von oben

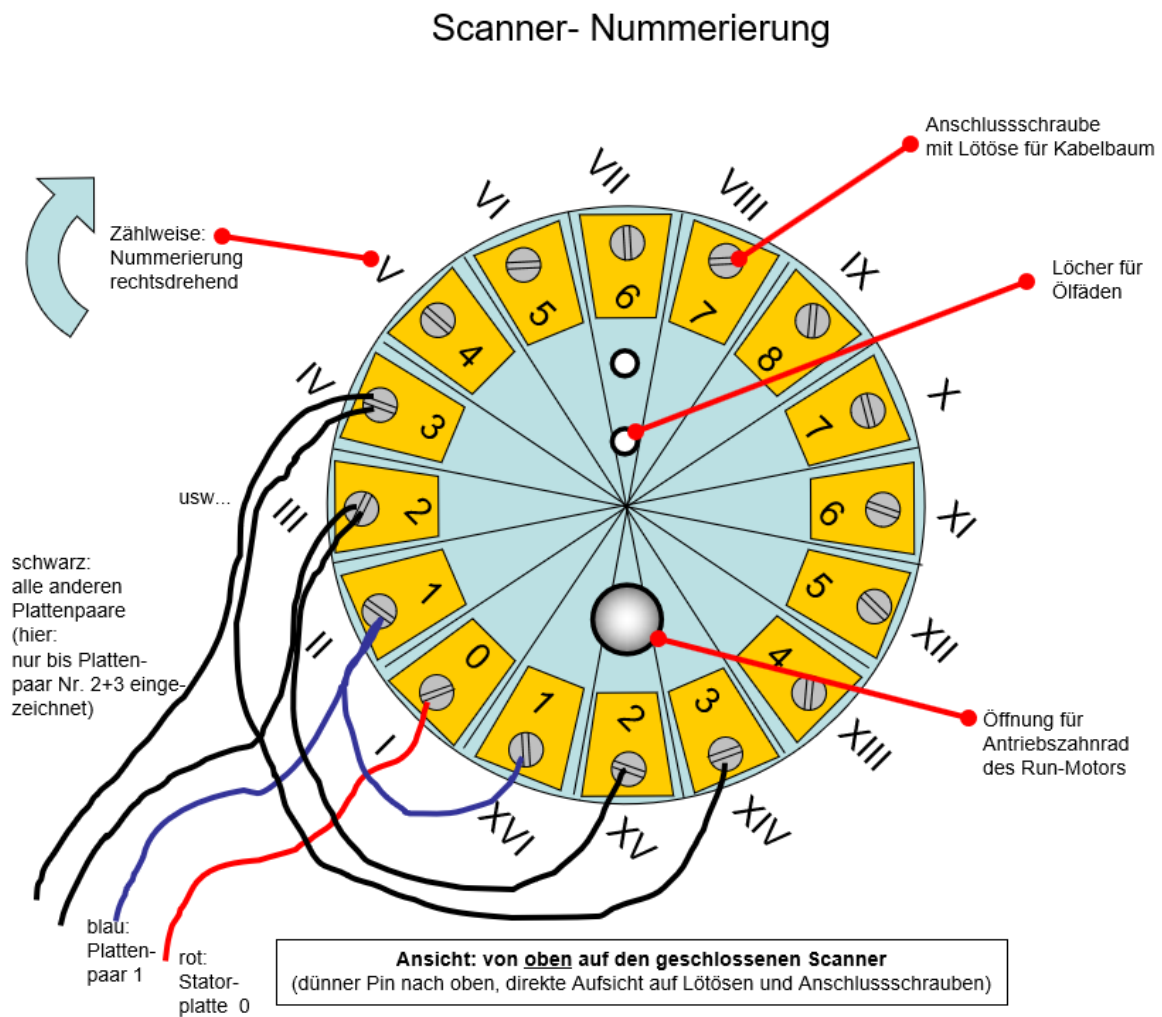


Abbildung 129: Schema des Scanners mit Blick von oben

15.6 Zahnräder (Run-Motor und Scanner)

Aus irgendeinem Grund musste ich irgendwann einmal die Anzahl der Zähne zwischen Run-Motor und Scanner wissen. (Vermutlich, um daraus die Drehzahl der Scannerwelle zu berechnen.) Also habe ich Zähne gezählt. Vielleicht nutzt diese Info ja jemandem.

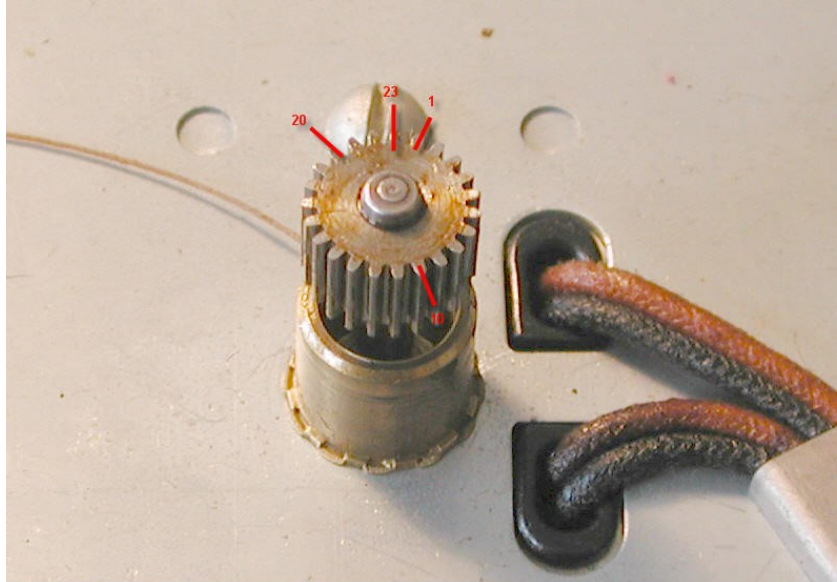


Abbildung 130: Zahnrad Run-Motor (23 Zähne)

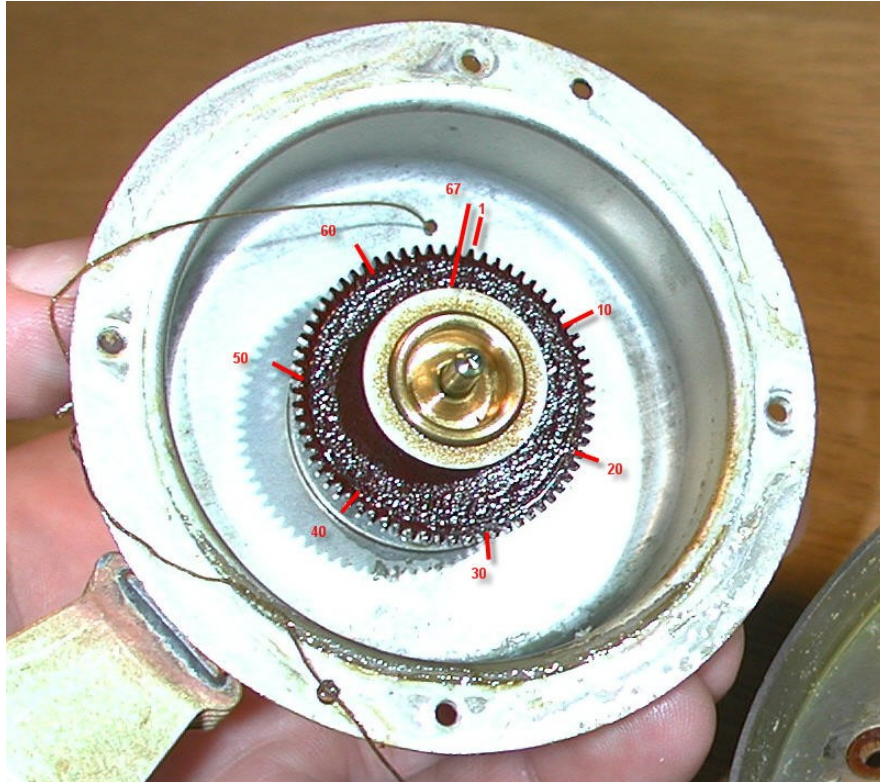


Abbildung 131: Zahnrad Scanner (67 Zähne)

16 Pre-Amplifier AO-28

Der Vorverstärker "AO-28" ist meiner Meinung nach im letzten Teil dieses Handbuches definitiv zu kurz gekommen. Dies will ich nun ändern: in diesem Kapitel sehen wir uns den allseits beliebten Röhren-Vorverstärker einmal genauer an!

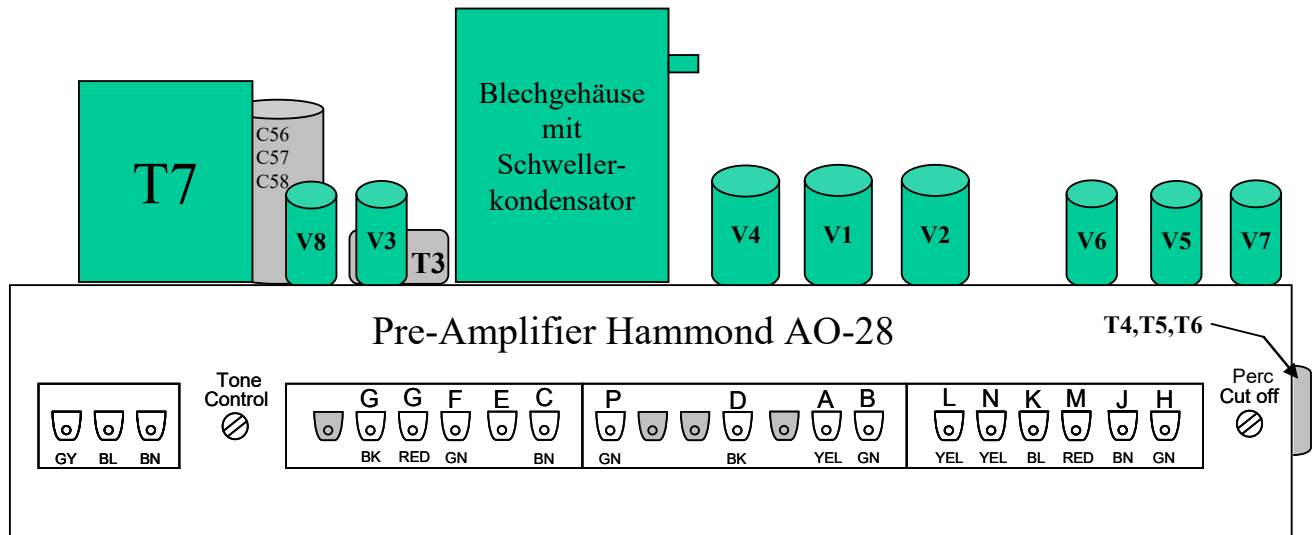


Abbildung 132: schematische Ansicht des AO-28

Abbildung 132 zeigt eine schematische Vorderansicht, bei der die außen oben liegenden Bauteile (Röhren, der Siebkondensator und einige Trafos) beschriftet sind. Die vorne liegende Lötösenleiste mit den beiden Einstellpotis "Tone Control" und "Percussion Cut-off" sind ebenfalls eingezeichnet.

Diese Darstellung finde ich besonders hilfreich, wenn man sich am AO-28 orientieren will oder eine bestimmte Röhre oder einen Anschluss sucht, den man z.B. im Schaltplan identifiziert hat, die man nun wiederfinden will.

Am Blockschaltbild des AO-28 hingegen kann man gut die Signalwege erkennen (Abbildung 133). Im folgenden Kapitel werden wir die einzelnen Blöcke selbst auch noch einmal auf Basis der Schaltbilder genauer analysieren.

Für den ersten Überblick finde ich immer diese Darstellung sehr hilfreich, denn man kann schön sehen, welchen Weg das Tonsignal nimmt und -falls irgendetwas an der Orgel nicht funktioniert- ist es für mich immer der erste Schritt einer Fehlersuche, wo das Problem liegen könnte.

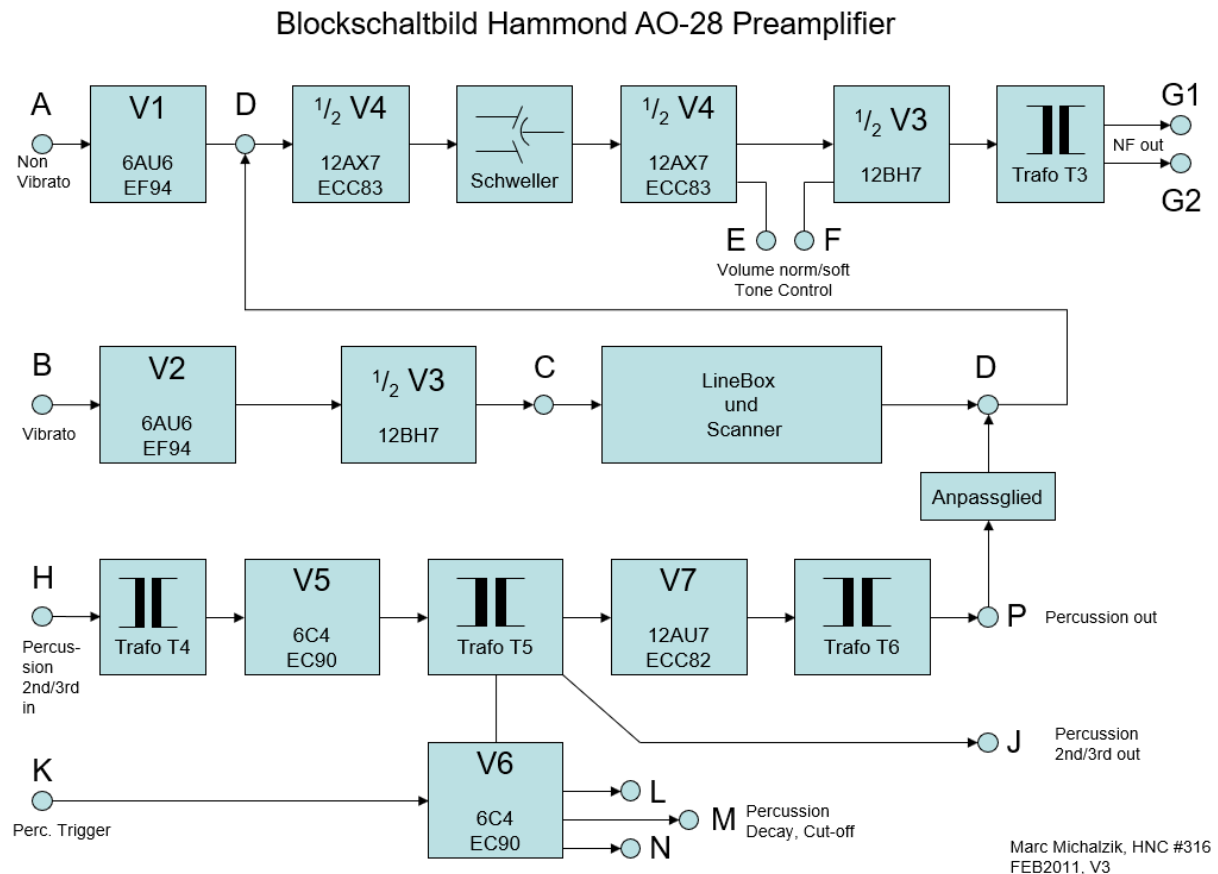


Abbildung 133: Blockschaltbild des AO-28

Wie genau so eine Fehlersuche "auf dem Papier" aussehen könnte und wie viel man damit schon herauskriegen kann, ohne überhaupt Lötkolben und Multimeter einschalten zu müssen, zeigt folgendes Beispiel:

Beispiel:

Eine Orgel funktioniert mit Vibrato einwandfrei, lediglich beim Umschalten auf "Vibrato aus" klingt sie verzerrt und leise. Schauen wir uns das Blockschaltbild an, so können wir bereits damit sagen, dass der Fehler in der Umgebung von Röhre **V1** liegen muss, denn das ist der einzige Schaltungsteil, der exklusiv vom Non-Vibrato-Kanal benutzt wird. Zusammen mit dem Bild unten (Abbildung 134) können wir Röhre **V1** sicher lokalisieren und sie testweise durch eine andere Röhre ersetzen, ob der Fehler damit behoben ist.

Mit dem Blockschaltbild im Gedächtnis schauen wir uns also noch einmal das Layout des AO-28 an und zeichnen dort hinein, welche Blöcke in der Realität wo zu finden sind.

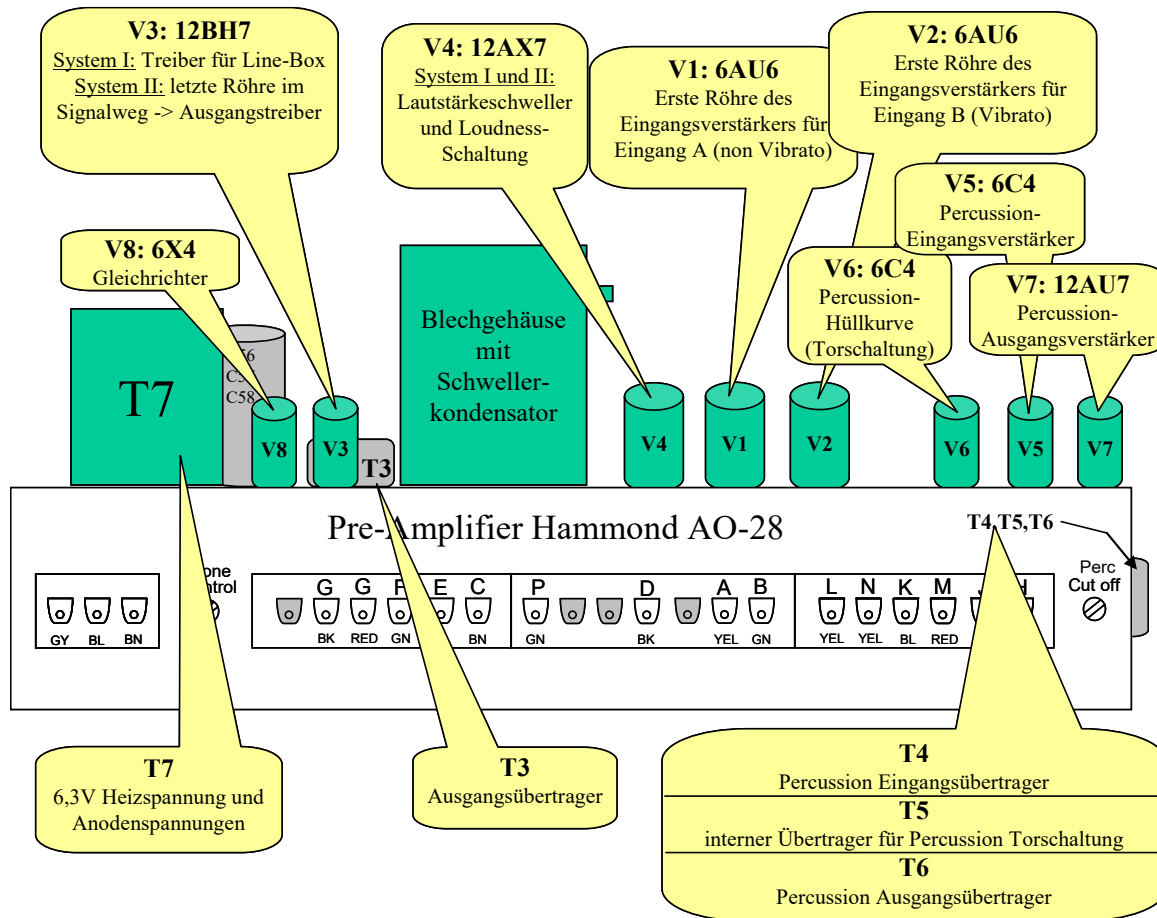


Abbildung 134: Funktion der von außen sichtbaren AO-28-Bauelemente

Übrigens: Der Profi macht es letztendlich auch nicht viel anders! Er würde vielleicht lediglich noch wissen, dass derselbe Röhrentyp (6AU6) auch im Vibratokanal vorkommt, und solange der noch funktioniert, würde er vermutlich kurzerhand testweise V1 und V2 miteinander vertauschen und dabei beobachten, ob der Fehler mit der Röhre "mitwandert". Tut er das, weiß er sofort, dass irgendetwas mit der Röhre V1 nicht stimmen wird. Bleibt der Fehler jedoch weiterhin auf dem non-Vibrato-Kanal, dann wird der Fehler nicht an der Röhre, sondern mit hoher Wahrscheinlichkeit in der sie umgebenden Schaltung selbst liegen.

So tief wird und analytisch sicherlich nicht jeder gleich in die Technik steigen. Doch selbst der Laie kann hier herauslesen, dass bei unserem Beispiel-Problem mit dem non-Vibrato-Kanal sicherlich nicht z.B. Röhre V6 als Ursache in Frage kommen wird, denn die hat laut Blockschaltbild ja eine ganz andere Aufgabe und überhaupt nichts mit dem non-Vibrato-Kanal zu tun!

Ich halte das Blockschaltbild also gerade auch für eher technisch unbedarfte Hammondfans für sehr wichtig. Besorgt man sich für den AO28 einen ausgemessenen und nachgewiesenermaßen heilen(!) Reserve-Röhrensatz, so kann man damit jederzeit anhand eines bloßen Röhrentausches den Defekt schon sehr gut eingrenzen.

Natürlich greift das nur, wenn der Defekt in dem Fall auch wirklich eine kaputte Röhre betrifft und nicht z.B. einen leckenden Koppelkondensator im Innern des AO28. Aber trotzdem kann man einen gezielten Röhrentausch ja durchaus als Laie selbst erstmal probieren, bevor man den/die Hammond-Techniker*in ruft. Nicht immer muss es ja gleich was Kompliziertes sein, wenn es Probleme mit dem AO28 gibt. Auch wenn bei mir defekte Röhren nur sehr selten für Defekte verantwortlich waren, so schadet es nichts, diese durch versuchsweisen Röhrentausch sicher auszuschließen.

Gefahr!

An dieser Stelle darf die obligatorische Sicherheitsbelehrung nicht fehlen. Der AO-28 arbeitet im Innern mit Spannungen von mehreren hundert Volt und wurde zudem zu einer Zeit entwickelt, in der die heute gültigen Sicherheitsstandards noch längst nicht alle erfunden waren. Alleine dass es im AO-28-Netzeingang noch keine einzige Schmelzsicherung gibt, die im Kurzschlussfall durchbrennen und das Gerät vom Stromnetz trennen kann, zeigt uns, dass die Gefahrenprävention damals noch längst nicht so einen hohen Stellenwert einnahmen wie heute. Zudem würde eine Hammondorgel im Originalzustand sicher keine elektrische Sicherheitsprüfung nach heutigen Standards (z.B. DIN 0701/0702) überstehen.

Gewissenhafte Techniker rüsten daher an den Instrumenten einige dieser Sicherheitseinrichtungen nach; z.B. Schmelzsicherungen, Berührschutz, mehrpolige Netztrennung, Erdungspunkte, usw..

Aber selbst damit bleibt ein AO-28 mit darin vorkommenden Spannungen von knapp 400Volt absolut gefährlich!

Also: das versuchsweise Umstecken von Röhren (bei gezogenem Netzstecker!) darf ein Laie sicher noch einigermaßen gefahrlos ausführen, wenn er darauf aufpasst, dass er dabei nirgends an irgendwelche blanken Kontakte fasst, sondern nur an den Glaskörper (Vorsicht: ggfs. heiß!).

Doch das Innere des AO-28 ist für Laien tabu, ok? Ich selber habe mir zu Reparatur- und Prüfzwecken eine eigene Vorrichtung gebaut (siehe Kapitel 19) und betreibe alles an einem Schutztrenntrafo mit Strombegrenzung durch eine 100W Glühlampe. Normalerweise weiß ich da auch, was ich tue. Trotzdem können sogar einem Sachkundigen wie mir hin und wieder Missgeschicke passieren- eine kurze Sekunde der Unaufmerksamkeit reicht da manchmal schon aus. Für Laien und "elektrische Neulinge" jedoch muss der AO-28 erst recht außerhalb Ihrer Reparaturbemühungen bleiben, denn ich könnte Ihnen hier in diesem Buchen niemals mit gutem Gewissen raten, Reparaturversuche unter Hochspannungsbedingungen vorzunehmen! Daher: **Auch wenn ich sonst jedem Laien stets zu Mut und Neugier an der Hammond rate: der AO-28 muss dabei jedoch "außen vor" bleiben!**

Die Elektriker und Elektroniker unter uns werden mir sofort zustimmen, warum ich das so eindringlich sage.

Und die Rettungskräfte und Mitarbeiter*innen Notaufnahmen der Krankenhäuser sicher auch.

16.1 Messbedingungen (Grundeinstellung)

In den folgenden Kapiteln sind auch eine Menge technischer Diagramme zu sehen bzw. auch einige Messwerte angegeben. Wenn nicht anders beschrieben, beziehen die sich auf folgende Grundeinstellung:

Orgel:

- eingeschaltet und betriebswarm
- Zugriegel alle eingeschoben, Registrierung auf beiden Manualen ausgehakt (= auf beiden Manualen einmalig das tiefste C drücken, so dass danach keine Preset-Taste mehr eingerastet ist)



- Volume-Rockerswitch auf "NORMAL"
- Vibrato OFF



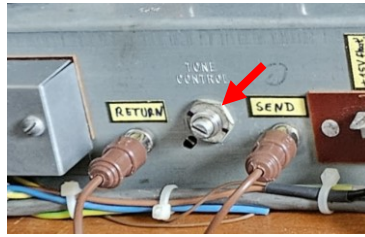
- Percussion OFF



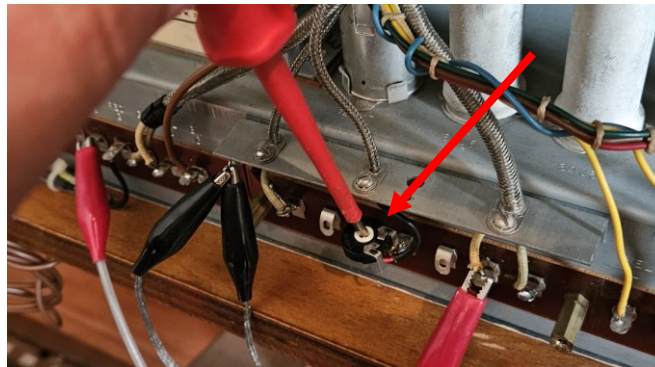
- Schweller ganz durchgetreten (max. Lautstärke)
- C22 ganz herausgedreht (=linksum drehen). Hinweis: C22 befindet sich auf dem AO-28 Vorverstärker im Schwellerkondensatorkasten hinter einem Metall-Pfropfen, den man dazu vorher heraushebeln muss.



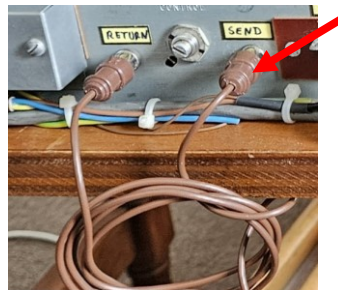
- TONE CONTROL am AO-28 auf Rechtsanschlag (Trimmer)



- falls 6kHz-Modifikation eingebaut ist: deaktivieren (d.h. auf 0% stellen)
Achtung: je nach Einbaulage könnte die Laufrichtung entgegengesetzt sein (d.h. 0% entspricht Rechtsanschlag!)



- falls ein Hallgerät verbaut ist: deaktivieren bzw. mit Bypass-Kabel überbrücken



Signalquelle (z.B. NF-Tongenerator):

- Ausgangswiderstand minimal (so niederohmig wie möglich)
- Ausgang unsymmetrisch
- Ausgangssignalfrequenz: 1kHz
- Ausgangssignalspannung: **40mV_{eff}**(=-28dBV)*

* Begründung für diesen "schräg" klingenden Wert siehe in den einzelnen Kapiteln zum AO-28

Signalanalysator (z.B. Oszilloskop, NF-Voltmeter, FFT-Analyzer, usw.):

- Eingangswiderstand hochohmig 200kOhm, floating
- Signalkopplung AC
- Eingang Messung unsymmetrisch gegen GND
- Bandbreite 20Hz..22kHz

16.2 Mess-Equipment

Ich persönlich verwende als Messequipment sehr häufig einen Rohde&Schwarz UPL Audio-analyzer. Die hier gezeigten Messungen sind jedoch grundsätzlich mit allen Messgeräten möglich, die o.a. Anforderungen erfüllen.

Mit so einem Gerät gelingen die Messungen natürlich mit sehr hoher Präzision gepaart mit extrem hoher Geschwindigkeit. Gerade bei Frequenzgangsschrieben zahlt sich das aus (Größenordnung: 10s mit R&S UPL versus ~30min mit NF-Voltmeter, Bleistift, Millimeterpapier und Taschenrechner!).

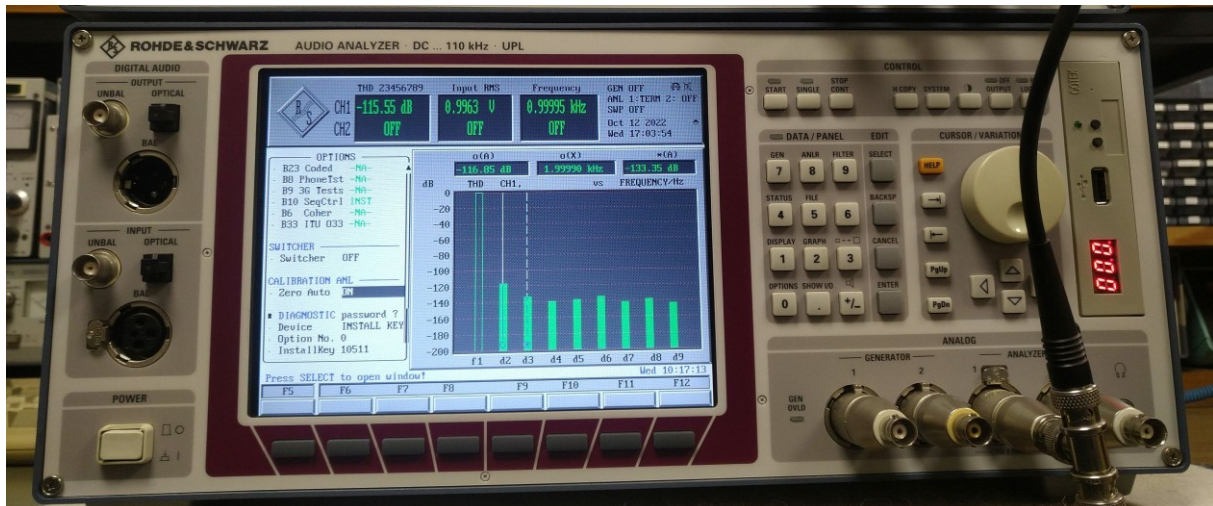


Abbildung 135: Rohde&Schwarz UPL Audio-Analyzer

Nichts desto trotz können dieselben Diagramme, die ich hier als R&S UPL Bildschirmfoto zeige, auch mit analogem Tongenerator, NF-Voltmeter und etwas Geduld aufgenommen werden.

Auf Elektronikflohmärkten oder in den Kleinanzeigen findet man oft geeignete Geräte im Angebot. Da die Meisten heutzutage eh nur mit Laptop und Soundkarte messen wollen, beachtet kaum mehr jemand die alten „Staubfänger“ und somit kann man alte, aber dennoch sehr hochwertige Messtechnik oft schon für wenig Geld erwerben. Und das ist auch meine unbedingte Empfehlung: zu viel unbekannte Einflüsse gibt es bei Computer-basierter Messtechnik (vom zwischengrätischen Virens Scanner bis zum falsch eingestellten Audiotreiber), die einem die Messung unbemerkt verfälschen- gerade bei Anfängern.

Daher ziehe ich autark arbeitende Messgeräte prinzipiell IMMER einem Computer vor. Nur dann, wenn es ganz speziell wird und die alte Analogtechnik an ihre Grenzen kommt, benutze auch ich Computermesstechnik (z.B. Lautsprechermessungen mit MLS-Impuls). Doch das kommt wirklich nur sehr selten vor. Bei Hammondorgeln reicht meistens Standardequipment- auch bei der Messtechnik!

Nun aber wieder zurück zum AO-28.

16.3 Schaltungsbeschreibung AO-28

Zu Beginn erkläre ich die inneren Schaltungsteile im AO-28 in der Übersicht.

Der Vorverstärker des Typs "AO-28" verfügt strenggenommen über fünf Eingangskanäle (A, B, D,H und die oft vergessene Buchse PHONO), sowie eine Percussion-Erzeugung. Im folgenden habe ich den originalen Schaltplan neu aufgenommen und in einer für mich besser verständlichen Art aufgemalt.

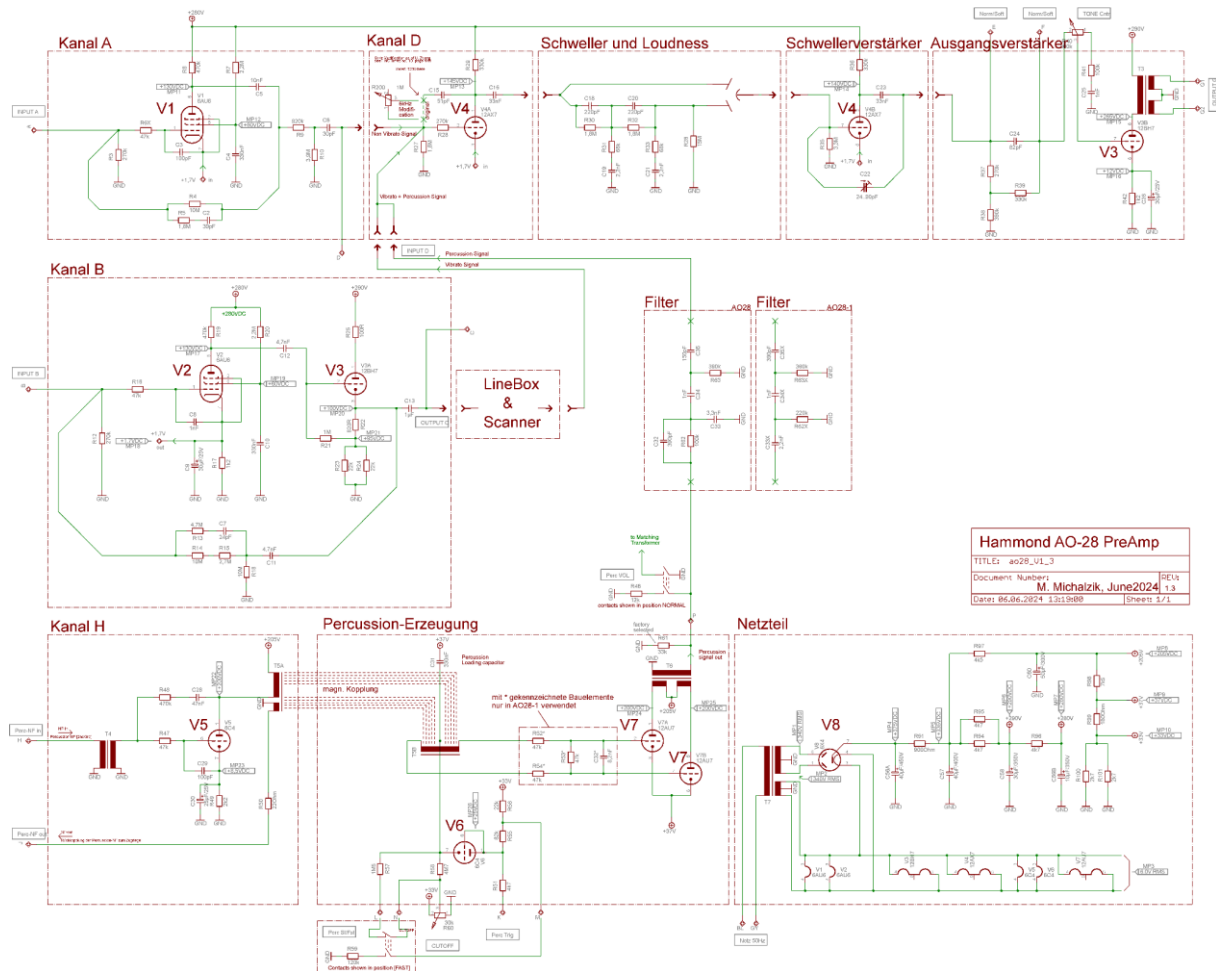


Abbildung 136: Hammond AO-28 Preamp (Michalzik edit)

Ich werde die einzelnen Schaltungsteile nun einmal etwas genauer erklären. Die in den grauen Boxen genannten Spannungswerte sind die Auszüge aus dem originalen Schaltplan, die mit einem hochohmigen(!) Spannungsmesser gemessen werden müssen.

Wichtig: die hier gezeigte Schaltung zeigt nach wie vor das geistige Eigentum der Firma Hammond Suzuki! Ich habe gegenüber der originalen Veröffentlichung im Hammond Service-Manual lediglich die Darstellung etwas optimiert, so dass ich in den folgenden Kapiteln die einzelnen Funktionseinheiten etwas übersichtlicher erklären kann. Ich maße mir damit auch keinesfalls an, irgendwelche Entwicklungsrechte an der Schaltung erworben zu haben. Ich erkenne die Entwicklungsleitung der Firma Hammond mit Schöpfung des AO-28 Vorverstärkers mit großem Respekt vollumfänglich an!

16.4 Kanal "A"

Kanal "A" ist der Eingangskanal für den "Non-Vibrato"-Signalweg. Ihm werden alle Tonsignale angeboten, die "trocken" -also ohne den Umweg über Linebox und Scanner- hörbar gemacht werden sollen.

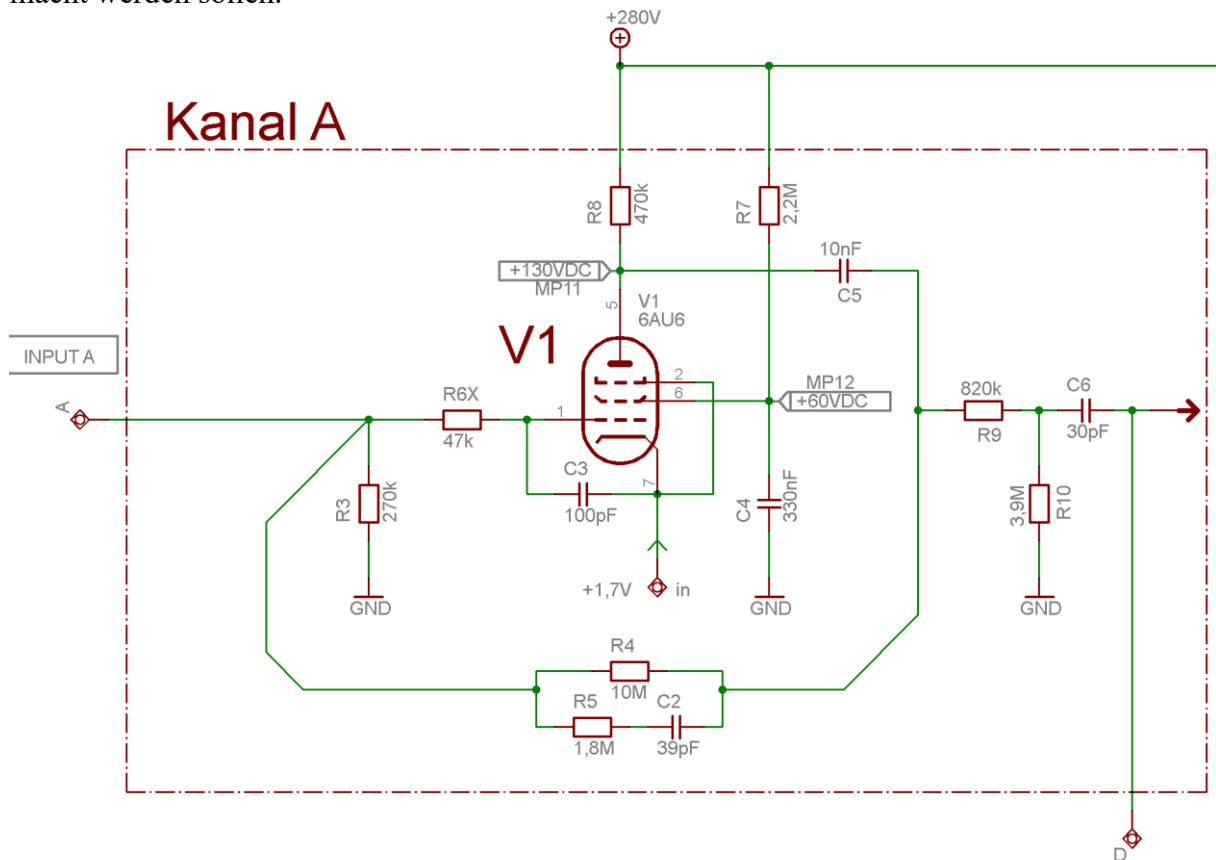


Abbildung 137: Schaltungsauszug Kanal A

An seinem Eingang sitzt eine 6AU6 Röhre mit der Benennung V1. Sie bezieht ihr Kathodenpotenzial (+1,7Volt) letztendlich von der Beschaltung um die Röhre V2 herum.

Die Verstärkung dieser Stufe bei $f=1\text{kHz}$ liegt bei etwa **4dB**.

Durch R3 vorgegeben, ist ihr Eingangswiderstand etwa 270kOhm, ist also sehr hochohmig und belastet damit die Signalquelle (Matching-Trafo) so gut wie gar nicht.

Der Frequenzgang, gemessen an Klemme D, sieht so aus (Ansteuerung mit $40\text{mV}_{\text{eff}} = -28\text{dBV}$).

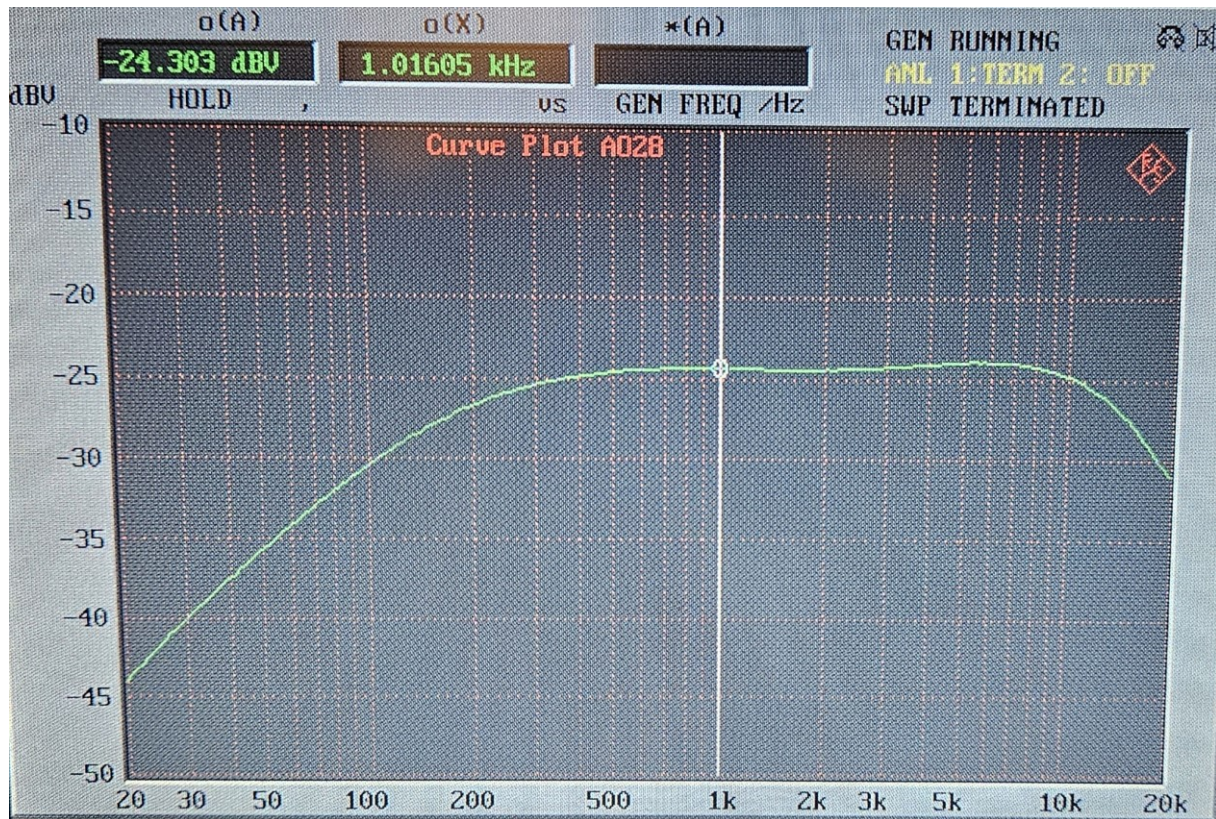


Abbildung 138: Frequenzgang von A->D

Wichtig: wurde Ihre Orgel mit der 6kHz-Anhebung nach Ulrich Zwarg ausgerüstet, so ist diese vor der Messung zu deaktivieren (Trimmer auf 0% = Originalzustand), denn der hat an diesem Messpunkt sonst nicht unerhebliche Rückwirkung auf den Frequenzgang (siehe Abbildung 139, gelbe Kurve).

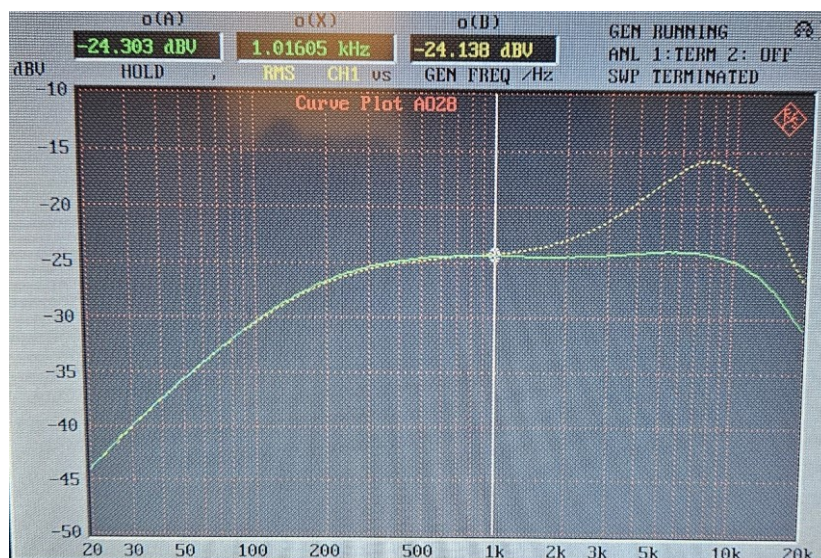


Abbildung 139: Beispiel der Rückwirkung von Trimmer=100% (gelbe Linie)

16.5 Kanal "D"

Kanal "D" ist ein Summierverstärker, also so eine Art kleines "Mischpult" mit 3 Kanälen. Folgende Signale werden hier zusammengemischt:

- Ausgangssignal des Non-Vibrato Kanals (Klemme A)
- Ausgangssignal des Scanners (Klemme D)
- Ausgangssignal der Percussion-Baugruppe (Klemme P)

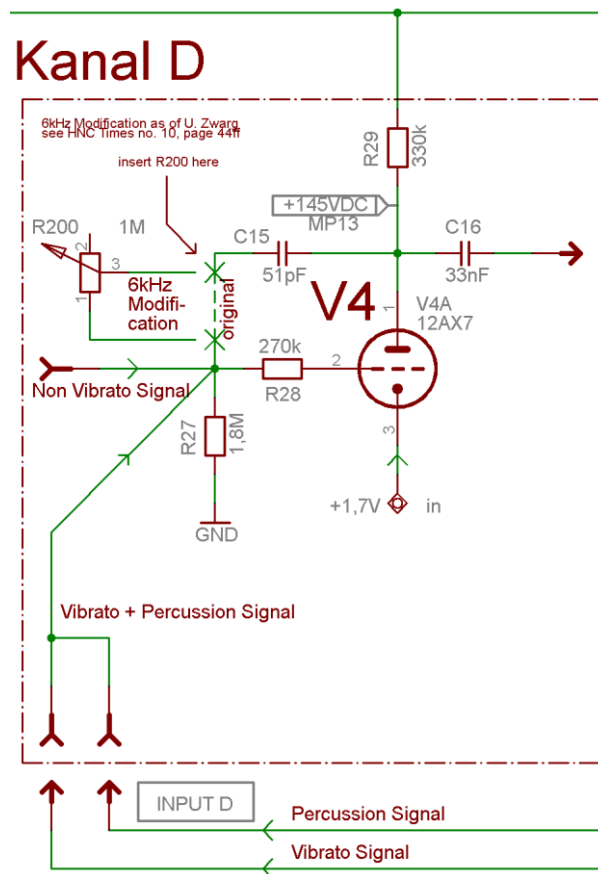


Abbildung 140: Schaltungskanal "D"

Auch V4 erhält ihr Kathodenpotenzial von Röhre V2.

Ich habe hier die 6kHz-Modifikation nach U.Zwarg mit eingezeichnet (Trimmer R200, 1 Mega-Ohm). Es handelt sich dabei um eine einstellbare Höhenanhebung, siehe auch Kapitel 22.

Der Kanal D hat einen noch höheren Eingangswiderstand von etwa 1,8Mohm.

16.6 Schweller und Loudness

Der Fußschweller ist prinzipiell ein berührungslos arbeitender Kondensator, der zwei unterschiedliche Signalleitungen im vom Benutzer gewünschten Verhältnis unterschiedlich laut einkoppeln kann. Die obere Leitung führt das volle Tonsignal, die untere führt entsprechend weniger Pegel, betont gleichzeitig aber auch den Bassbereich. Das verhindert, dass der Klang bei kleineren Lautstärken zu "dünn" wird, wenn man den Fußschweller zurücknimmt.

Das Prinzip, den Bassbereich bei kleinen Abhörlautstärken anzuheben, und damit einen Teil der physiologischen "Ohrkurve" zu kompensieren, wurde schon früh bei einigen Rundfunkempfängern realisiert. Dort nennt man dieses Schaltungsprinzip "Loudness". Es wurde bei unseren Hammondorgeln ebenfalls angewendet.

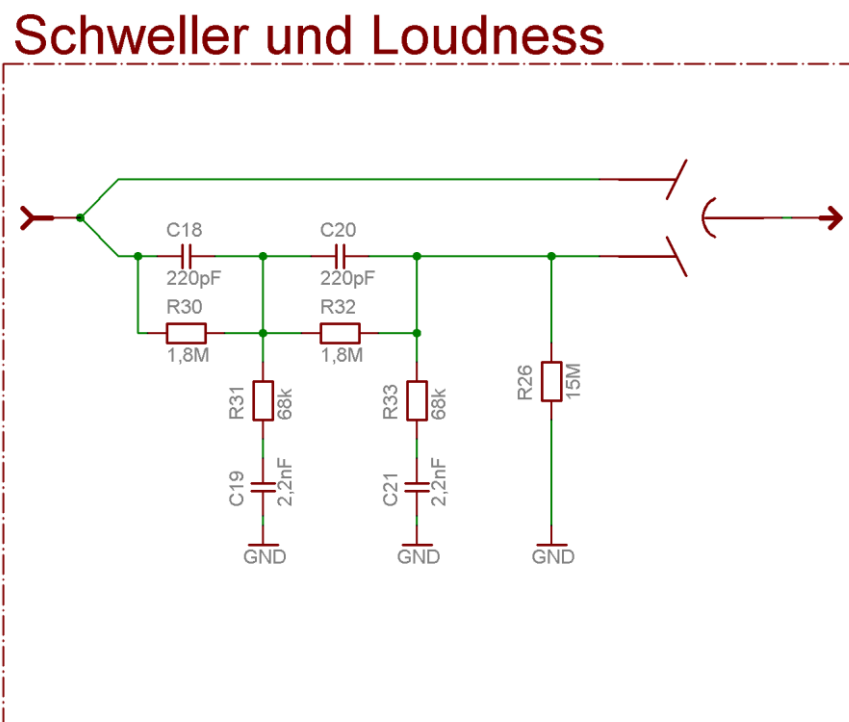


Abbildung 141: Schaltungsauszug "Schweller und Loudness"

Zu dem Thema habe ich in meinen Unterlagen noch eine Messung gefunden, die den Gesamt-frequenzgang in Abhängigkeit vom Schweller sowie von C22 zeigt. Damals wurde mit nur 5mV_{eff} Eingangssignal in Klemme A gemessen (statt 40mV_{eff}), daher ergeben sich andere Maximalwerte. Für den Verlauf an sich ist das aber unwichtig, daher zeige ich die Grafik trotzdem.

Hier die Diagramme:

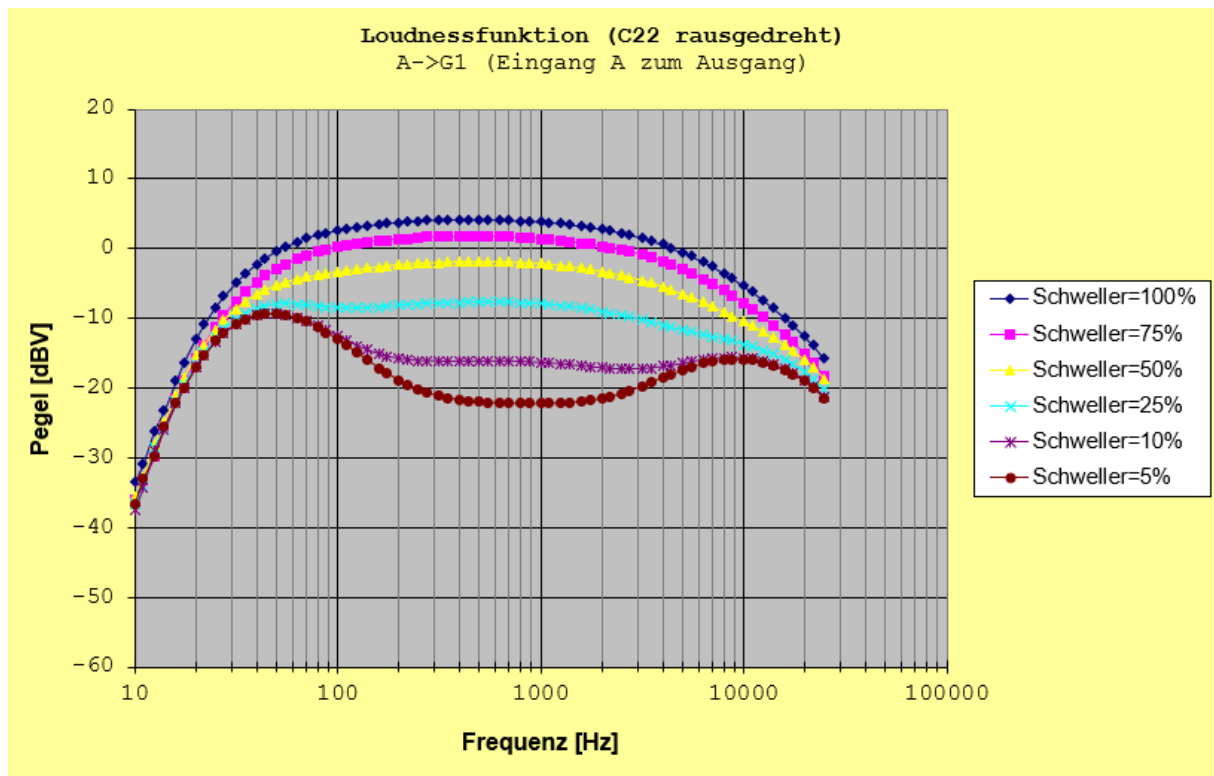


Abbildung 142: Wirkung der Loudness-Schaltung (C22 rausgedreht)

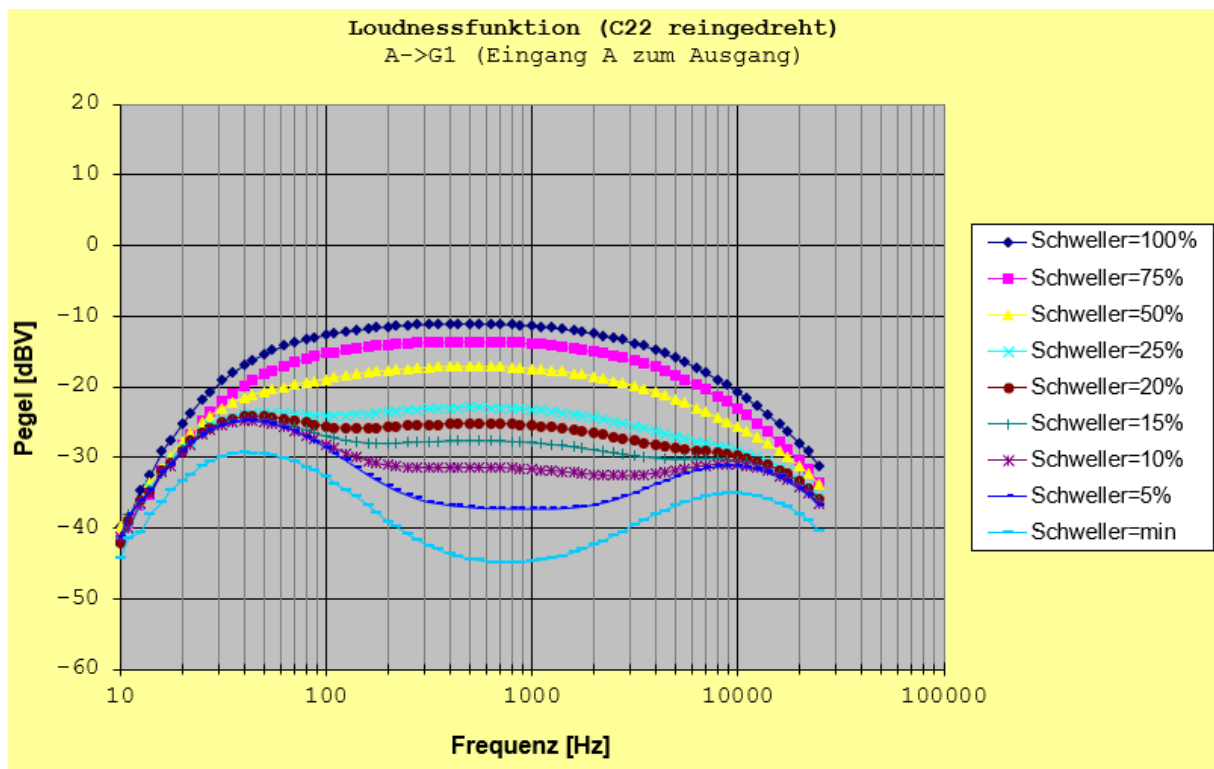


Abbildung 143: Wirkung der Loudness-Schaltung (C22 reingedreht)

16.7 Schwellerverstärker

Der Schwellerverstärker ist eine Art "Aufholverstärker". Durch die berührungslose Abtastung durch den Fußschweller geht viel Signalpegel verloren, das mit dem Schwellerverstärker wieder aufgeholt wird.

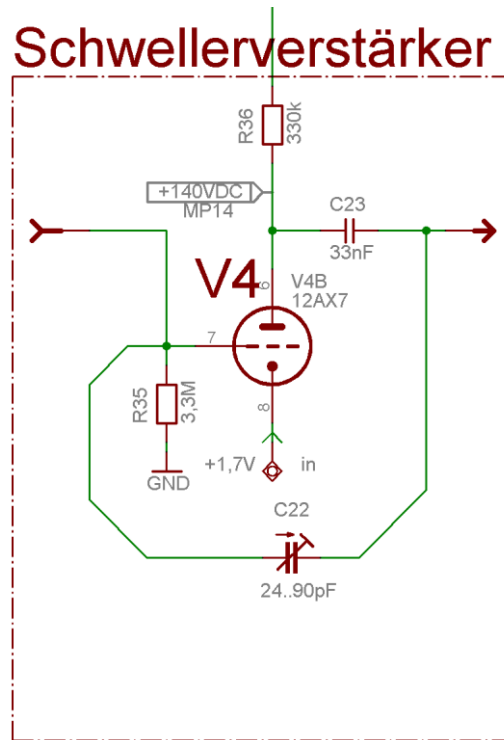


Abbildung 144: Schaltplanauszug "Schwellerverstärker"

Wie viele andere Schaltungsteile im AO-28 ebenfalls, benötigt V4 auch die bei V2 erzeugte +1,7V Kathodenspannung.

Hier findet man nun auch den Drehkondensator C22, mit dem die Gesamtverstärkung des AO-28 eingestellt werden kann. Ich persönlich drehe den Trimmer immer voll heraus (=maximale Verstärkung), habe mit meinen Orgeln aber auch viele Jahre in einer Rockband und auf lauten Bühnen gespielt, wo man jedes dB an Lautstärke braucht. Für andere Einsatzgebiete (z.B. Wohnzimmer oder Mietswohnung mit Lautstärkebeschränkungen) mag es vorteilhaft sein, C22 etwas zurückzudrehen. Durch das Verdrehen macht man nichts kaputt, also keine Sorge.

Und bitte auch nicht erschrecken, wenn man mit dem Schraubendreher beim Verdrehen von C22 versehentlich kurz an das Metallgehäuse stößt- es kracht furchtbar laut und man erschrickt sich (weil man in dem Moment R35 kurzschließt und den Arbeitspunkt der Röhre damit kurzzeitig komplett verbiegt), aber sonst passiert nichts.

16.8 Ausgangsverstärker

Der Ausgangsverstärker schließlich hebt den Signalpegel auf etliche Volt_{rms} an und symmetriert es über den Transformator T3 zur Weitergabe an ein Tonkabinett oder Leslie. Die verwendete Röhre 12BH7 hat eine sehr hohe Verstärkung und wird heutzutage leider auch nur noch relativ selten angeboten. Im Ausgang G können Spannungen von 30dBV und mehr auftreten; zwischen den beiden Klemmen G1/G2 habe ich im Extremfall sogar schon Spitzenwerte bis 180Vss (= +36dBV) gemessen!

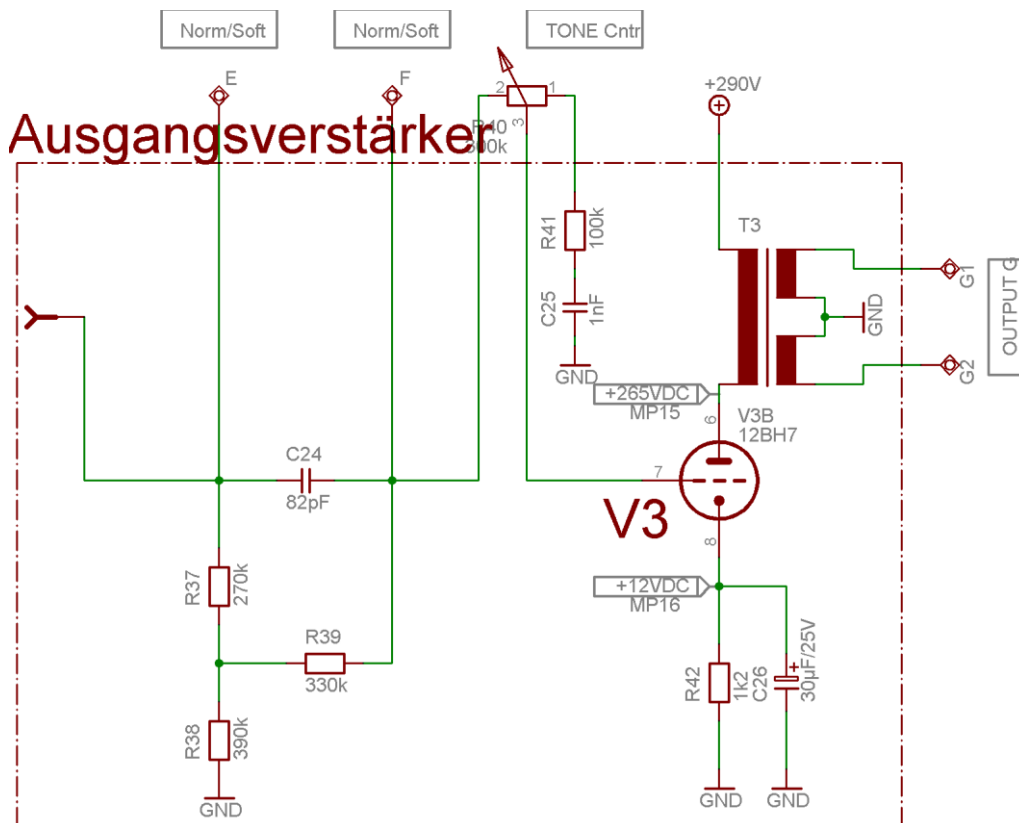


Abbildung 145: Schaltplanauszug "Ausgangsverstärker"

Der Norm/Soft-Schalter überbrückt im aktivierten Zustand (Norm) eigentlich nur C24, was die Tonpegelabsenk-Schaltung (R37..R39) deaktiviert.

Der Tone-Control-Regler wählt einen Arbeitspunkt aus zwischen unverändertem Signal (Linksanschlag) und leicht höhenbedämpfem Signal (R41, C25 bilden ein RC-Filter, das Höhen zunehmend gegen Masse kurzschließt).

Weil wir mit unseren Orgeln durch Alterungseffekte der Kondensatoren im Tongenerator typischerweise eher mit zu "dumpfem" Klang zu kämpfen haben statt zu "schrillem", drehe ich persönlich den Tone-Control immer auf Rechtsanschlag (= keine Höhenbedämpfung).

Aber wie so Vieles im Leben, ist auch das absolute Geschmackssache, wo es kein „falsch“ oder „richtig“ gibt!

16.9 Kanal "B"

Kanal "B" wird dann benutzt, wenn das Tonsignal mit Vibrato/Chorus versehen werden soll.

Dazu wird es von V2 und V3 erst sehr stark verstärkt und dann aus der Klemme "C" auf die Linebox geschickt. Diese wird dann vom Scanner abgetastet und dann über den Verstärker "Kanal D" (siehe dort im Kapitel 16.5) wieder in den regulären Signalweg eingespeist.

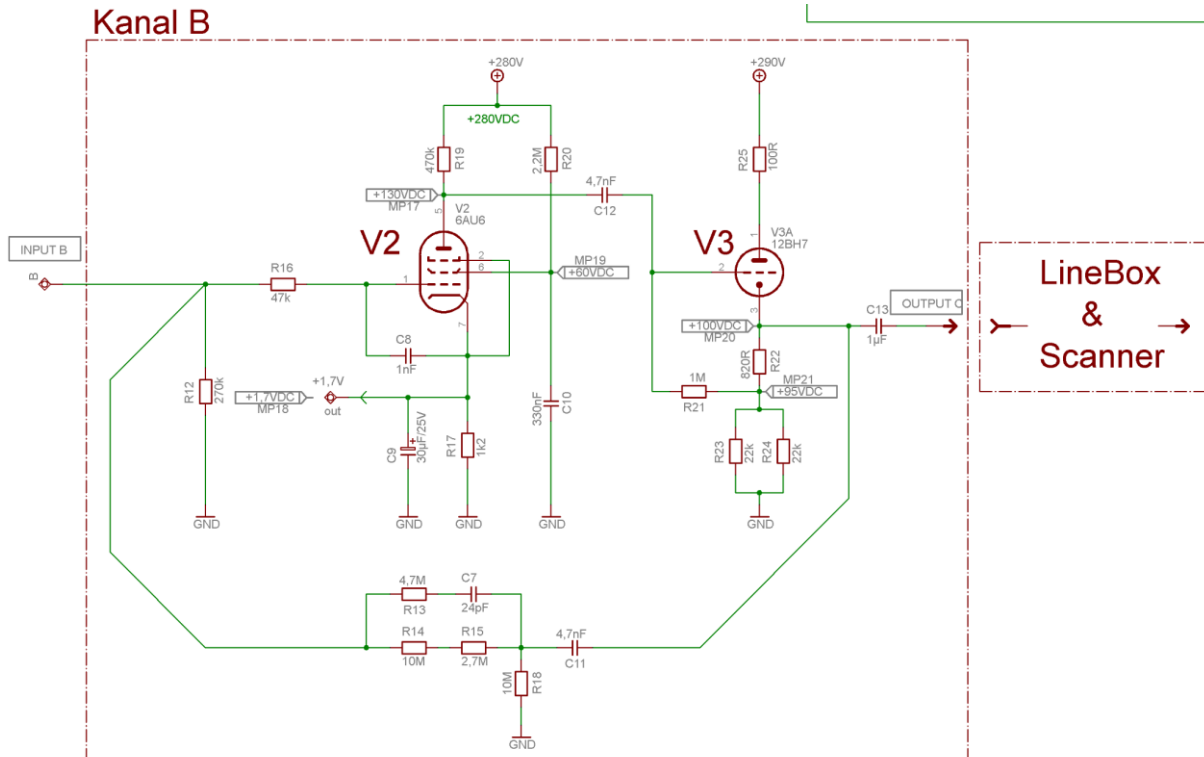


Abbildung 146: Schaltplanauszug "Kanal B"

Die Beschaltung von V2 erzeugt das +1,7V-Potential, das auch für weitere Röhrenstufen im AO-28 benötigt wird (V1, V4, siehe dort).

Die Verstärkung dieser Stufe beträgt nach meinen Messungen **46dB** (gemessen Klemme B nach C).

Obwohl Eingang B auch noch deutlich höhere Spannungen verträgt, messe ich hier zweckmäßig ebenfalls mit den bekannten -28dBV (=40mV_{eff}) Signalspannung. Dann erhält man an Klemme C einen Klirrfaktor THD von erfahrungswise knapp 2%.

Steuert man Eingang B absichtlich mit sehr hohem Pegel an, können am Ausgang C sogar Spannungen von +33dBV (bei einem THD von ca. 10%) beobachtet werden. Das entspricht immerhin einer Spitze-Spitze-Spannung von mehr als 125V_{ss}!

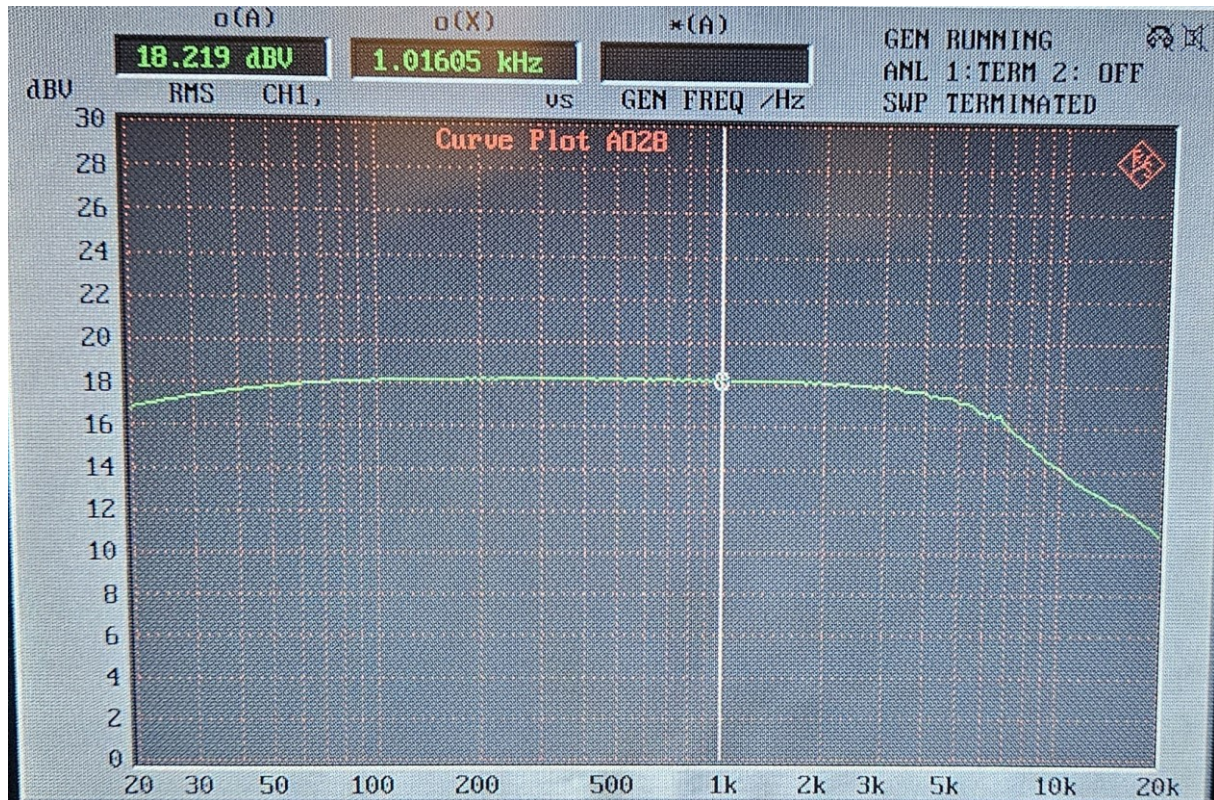


Abbildung 147: Frequenzgang B -> C

Die Messung in Abbildung 147 wurde in eingebautem Zustand durchgeführt; d.h. alle Signale waren am AO-28 angeschlossen (auch die LineBox, die mit ihrer komplexen Impedanz sicherlich die Messung oben etwas beeinflusst hat).

16.10 Kanal "H"

Der Sinn der Stufe von V5 ist es, das -für die Percussionerzeugung- ausgewählte Tonsignal (2nd oder 3rd) anzunehmen (von Klemme H), über einen Trafo T5 für die Percussion auszukoppeln, aber ebenfalls auch zur weiteren Verwendung im Zugriegelsatz über Klemme J auch wieder zurückzuspielen.

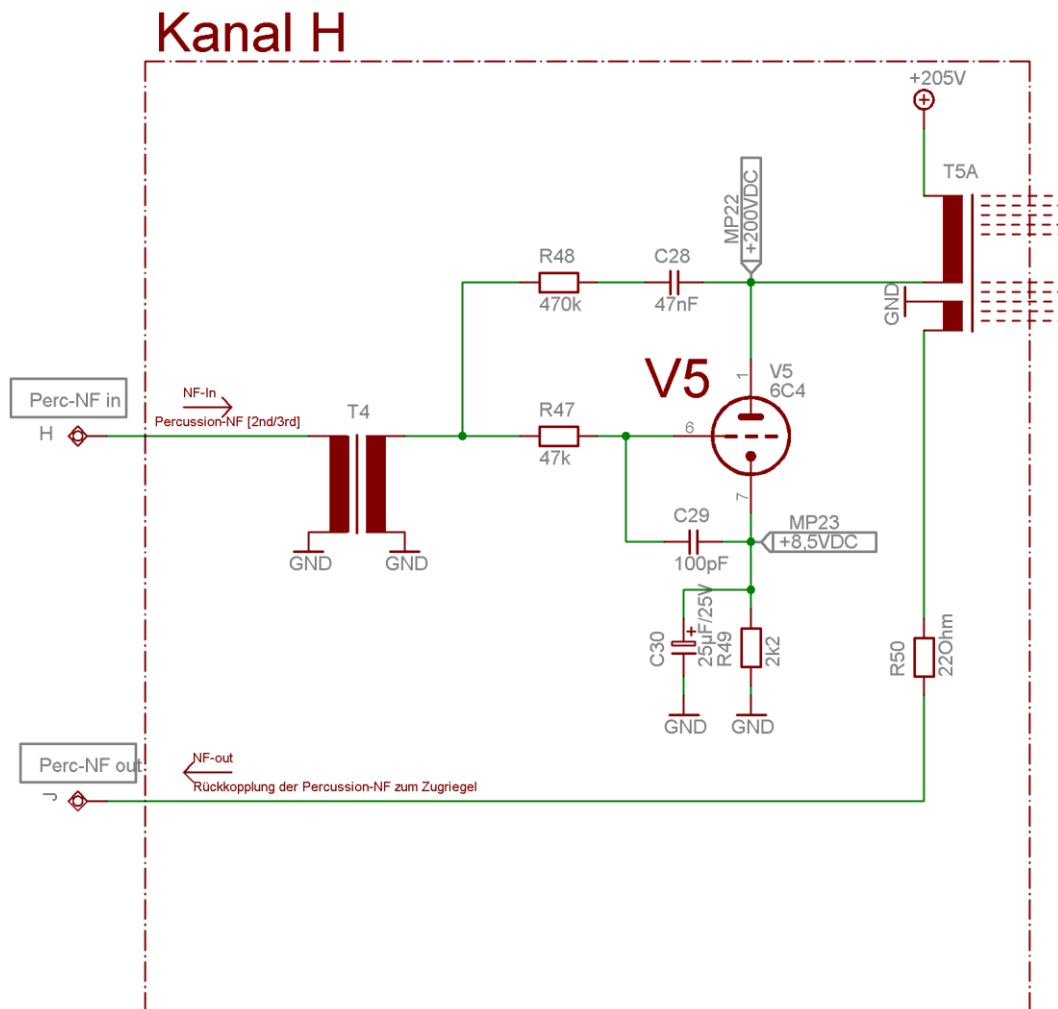


Abbildung 148: Schaltplanauszug "Kanal H"

Trafo T5 dient dabei als Signalsplitter: über eine kleine Auskoppelwicklung wird das Tonsignal zum Zurückspielen an Klemme J wieder ausgegeben.

Zugleich wird das eigentliche Percussion-Signal über die magnetische Kopplung von T5 von der hier dargestellten Primärseite auf die Sekundärseite (siehe Schaltbild in Kapitel 16.11) weitergegeben.

Der Frequenzgang von Klemme H nach J ist entsprechend linear und die Verstärkung beträgt ziemlich genau **10dB** bei exzellentem THD von unter 0,01%.

Klemme H ist ein sehr empfindlicher Eingang! Auch wenn die hier untersuchte Strecke H->J durchaus mit unserem Standardpegel von -28dBV gemessen werden könnte, so zwingt uns der andere Signalweg (Percussion-Kanal Strecke H->P) zu einer deutlichen Reduzierung unserer Signalspannung!

Denn im Signalweg von H nach Klemme P (Percussion Ausgang) führen unsere sonst üblichen -28dBV (=40mV_{eff}) zwar noch zu keiner Kompression (=Rückgang der Verstärkung), jedoch zeigt uns in diesem Fall bei etwa +30dBV ein Klirrfaktor von mehr als 17% sehr deutlich, dass er für kleinere Signalspannungen ausgelegt zu sein scheint.

Ich messe hier also ausnahmsweise mit **-60dBV** (=1mV_{eff}) in Klemme H.

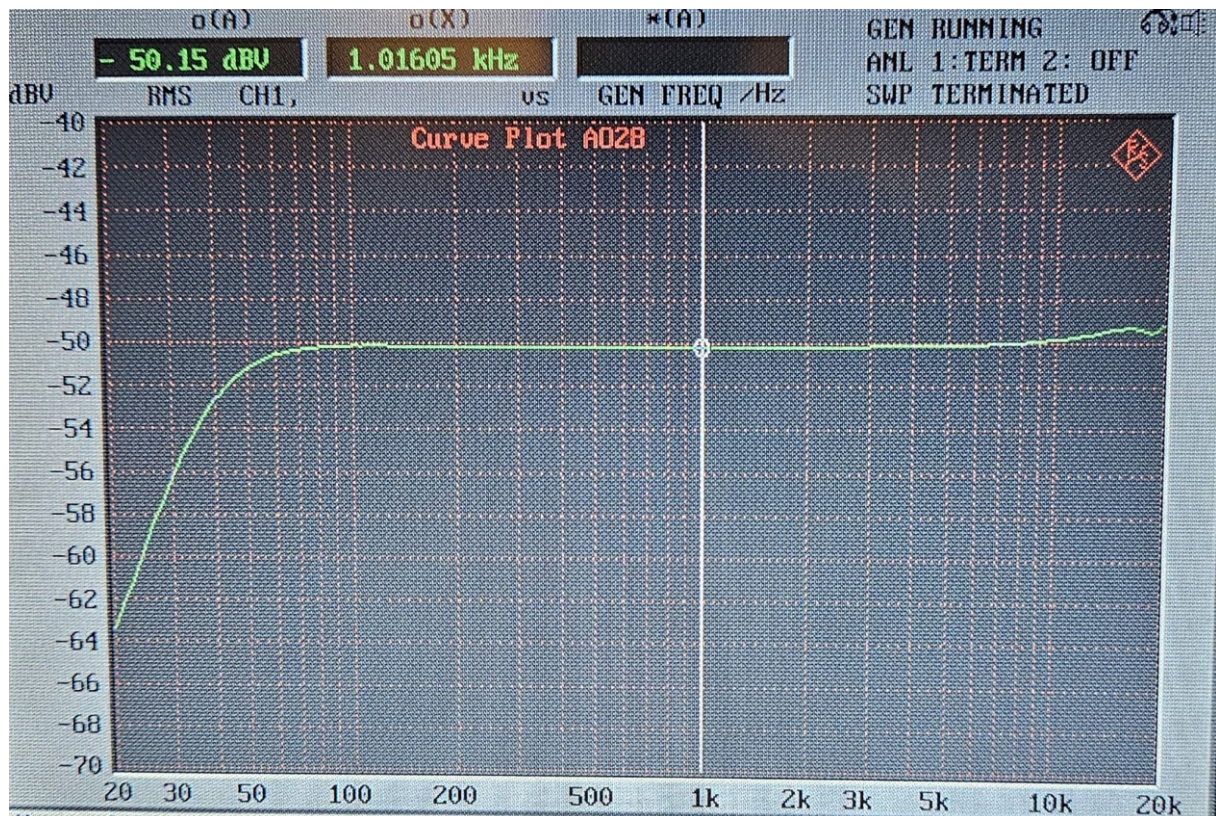


Abbildung 149: Frequenzgang H -> J

16.11 Percussion-Erzeugung

Das über die magnetische Kopplung von T5 empfangene Tonsignal wird mittels Sekundärwicklung T5B empfangen und an einen symmetrischen Verstärker mit V7 weitergereicht, der wiederum über T6 das eigentliche Percussion-Signal auskoppelt und an den Kanal-D-Verstärker weitergibt (siehe Kapitel 16.5).

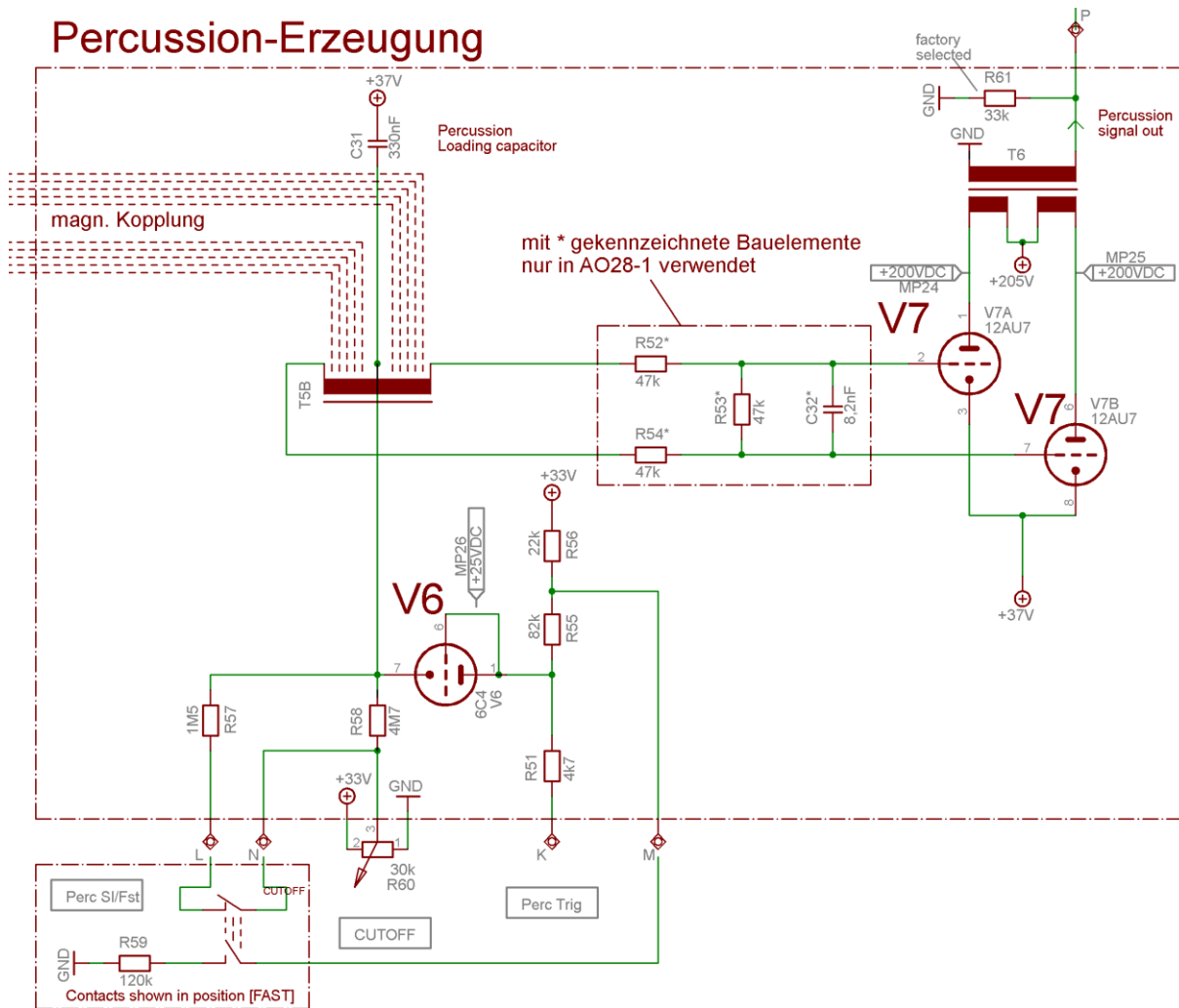


Abbildung 150: Schaltplanauszug "Percussion-Erzeugung"

V6 ist zur Generierung der Hüllkurve wichtig (siehe Kapitel 18). Klemme K löst die Generierung der Percussion-Hüllkurve einmalig aus. Indem über den Mittelanzapf der Sekundärwicklung T5B eine Gleichspannung auf V7 gekoppelt wird, ändert man dort kurzzeitig ihren Arbeitspunkt - und damit ihre Verstärkung, was den bekannten Ping-Sound erzeugt.

Solange man das "Ping" nicht auslöst (also keine Spieltaste drückt), läuft die Schaltung mit maximaler Verstärkung. Ein an Klemme H eingespeistes Prüfsignal mit **-60dBV** (=1mVeff) erzeugt an Klemme P folgenden Frequenzgang:

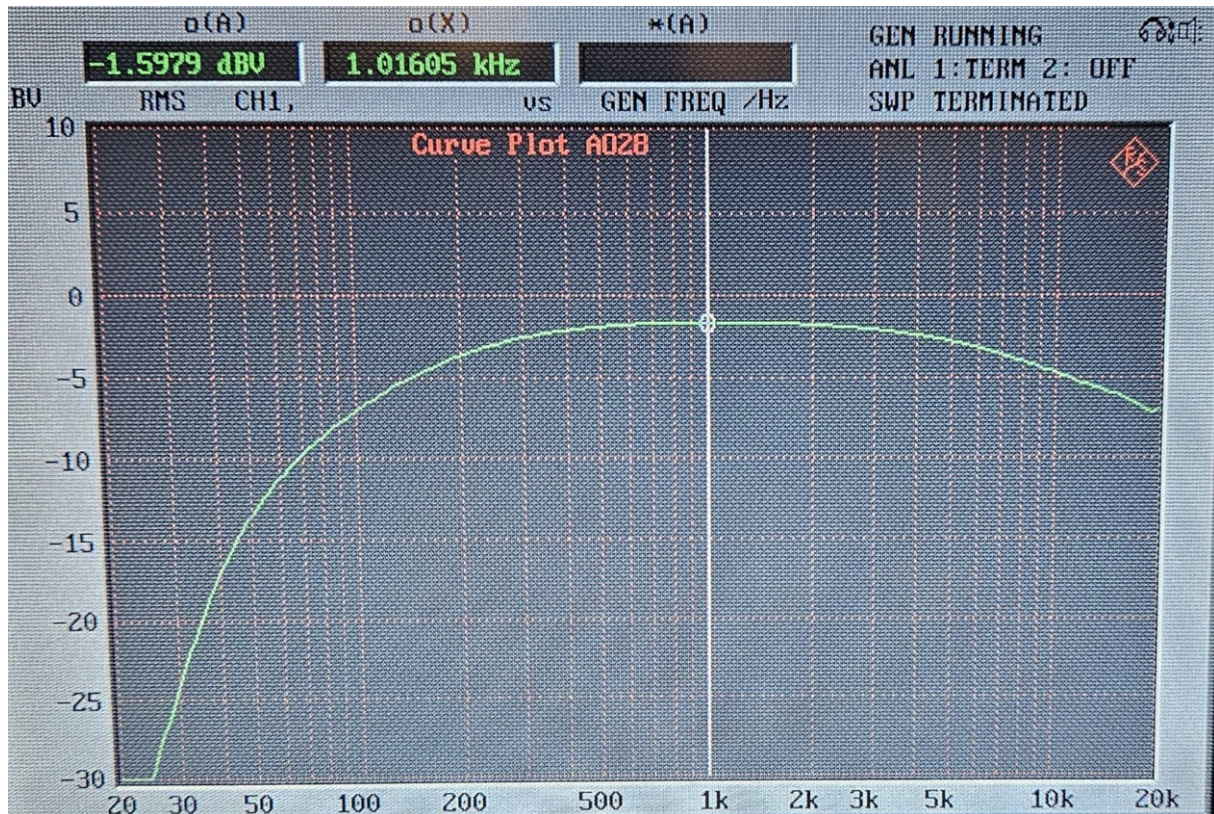


Abbildung 151: Frequenzgang H -> P

Es ergibt sich bei $f=1\text{kHz}$ eine Verstärkung von etwa **58dB** bei einem THD von 0,4%.
Zur Verdeutlichung: 60dB entspräche einem Verstärkungsfaktor von immerhin Eintausend!

Elektrisch funktioniert die Percussion in etwa so:

Im Ruhe-Zustand (keine Spieltaste gedrückt, aber Percussion aktiviert) hat sich C31 auf seinen Endwert von etwa +37V aufgeladen. Diese Spannung liegt dann also auch auf den Gittern der Verstärkerröhre V7. Die Kathoden von V7 werden laut Schaltplan permanent mit +37V versorgt. Damit ist die Gitter-Kathodenspannung ziemlich nahe bei etwa 0Volt, die Röhre erzeugt unter diesen Betriebsbedingungen ihre maximale Verstärkung!

Davon hört man allerdings noch nichts, denn in diesem Moment ist ja noch keine Spieltaste gedrückt! Um das besser zu erklären, greife ich mal auf ein Bild (Abbildung 152) vor, das ich auch noch einmal im nächsten Kapitel beschreibe.

Der Mechanismus ist nun wie folgt:

Wir schauen zuerst auf das Symbol . Hier hört man noch nichts.

Wird dann aber eine Spieltaste gedrückt, erreicht die Schaltung auch ein Tonsignal, und das wird im ersten Moment nun mit maximaler Verstärkung über V7 auf den Ausgang gegeben.

Der Ton wird damit sofort hörbar- und zwar (anfangs) mit maximaler Lautstärke!

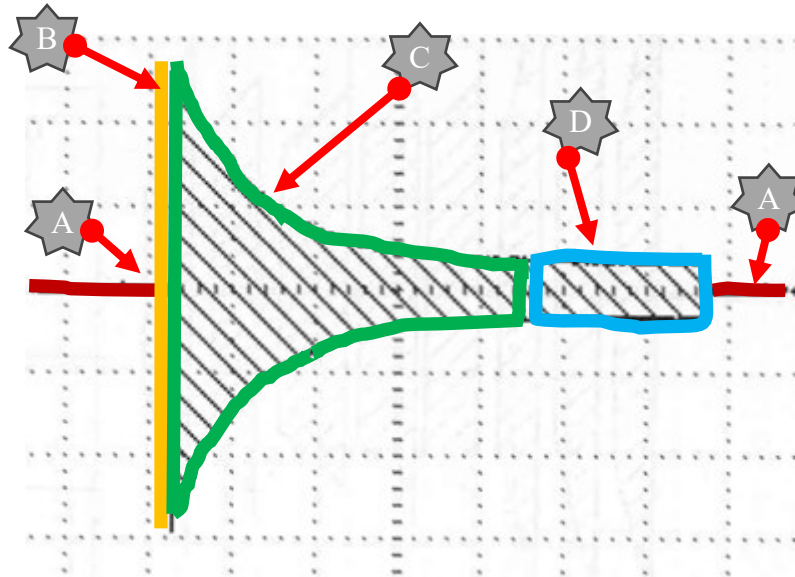


Abbildung 152: Verlauf eines Tons mit aktivierter Percussion

Gleichzeitig wird mit dem Drücken der Spieltaste ja aber auch die Klemme K auf "Masse" gezogen (rückwärts durch die Generatorspulen, die an ihrem einen Ende nämlich geerdet sind)! Wir sagen dazu: "die Percussion wird ausgelöst bzw. getriggert".

Durch diesen Trigger wird Röhre V6 leitend und damit eine +33V-Spannung in Richtung V7 Verstärkerröhre auf die Reise schickt. Dadurch beginnt sich C31 umzuladen. Wir erinnern uns: der war ja vorher auf +37V aufgeladen und wird durch die nun anliegenden +33V etwas heruntergezogen (=entladen).

Das Gitter von V7 wird nun -bezogen auf die Kathode- um ca. -4V negativ (wir rechnen $33V - 37V = -4V$). Allgemein gilt: Je negativer bei einer Röhren-Triode die Gitterspannung wird, desto geringer wird auch ihre Verstärkung. Damit klingt der anfangs so extrem stark verstärkte Ton also auch gleich sofort wieder ab- und zwar in genau derselben Geschwindigkeit, wie der Kondensator C31 umgeladen wird.



Irgendwann hat sich Kondensator C31 vollständig von +37V auf +33V umgeladen und es stellt sich ein neuer stationärer Zustand ein.



Naja, fast stationär. E-Funktionen erreichen ihren Endwert strenggenommen erst im Unendlichen, aber so lange wollen wir hier nicht warten. ;-)

Solange man die Spieltaste weiter gedrückt hält, arbeitet V7 also mit reduzierter Verstärkung weiter und der Ton ist weiterhin (entsprechend leise) hörbar. Er wird auch nicht mehr weiter leiser, weil C31 inzwischen fertig umgeladen wurde und nun elektrisch nichts mehr weiter passiert. In der Praxis dauert das Umladen etwa eine Sekunde, geht also sehr schnell. Das erzeugt also das "Ping" in der Percussion.

Lässt man die Spieltaste jetzt aber wieder los, sperrt V6 sofort wieder und C31 kann sich erneut von +33V auf +37V aufladen (das passiert innerhalb von Millisekunden!) und somit die hohe Verstärkung von V7 wieder ermöglichen. Die Schaltung ist damit wieder "rückgesetzt" und bereit für den nächsten "Ping"!



Mit den an die Percussion-Schaltung angeschlossenen Rockerswitches kann man noch die Abklinglänge und die gesamte Intensität umschalten sowie mit dem "Cutoff-Einstellpoti" die Gittervorspannung von V7 etwas verändern, wodurch sich der Abklingcharakter etwas ändert. Hier muss man empirisch ermitteln, welches akustische Ergebnis einem am besten gefällt; es hängt sicher auch vom Zustand der Röhre V7 ab, denn je nach Kennlinie braucht die eine Röhre etwas mehr Vorspannung und die andere etwas weniger.

16.12 Netzteil

Das Netzteil besteht aus einem Netztrafo mit zwei symmetrischen Ausgängen, einer Gleichrichterröhre, Siebelkos und Widerständen.

Es liefert laut Manual folgende Spannungen:

- +205V DC
- +290V DC
- +280V DC
- +37V DC
- +33V DC

Netzteil

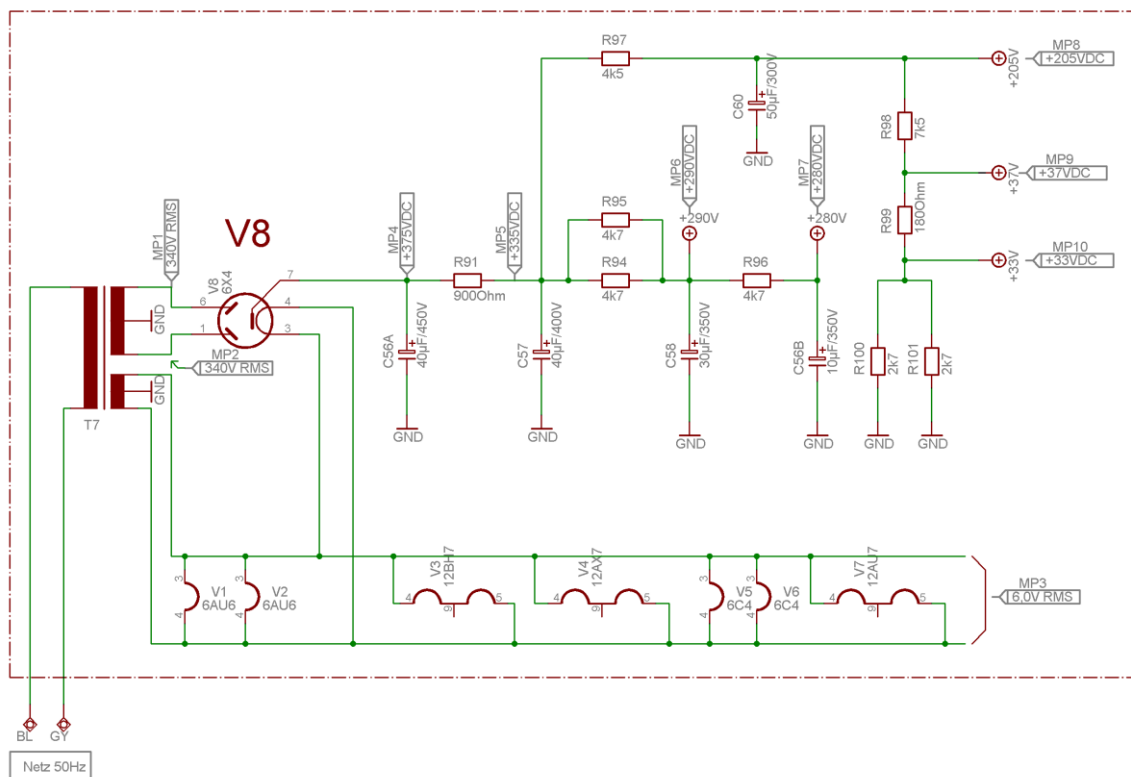


Abbildung 153: Schaltplanauszug "Netzteil"

Eine großartige elektronische Stabilisierung gibt es bei dieser Schaltung nicht. Ist bei der hier verwendeten Röhrentechnik allerdings auch nicht notwendig.

Der originale Schaltplan beziffert den Strom an der 340V-AC-Seite auf 50mA.

Die Heizungen der ganzen Röhren sind eigentlich für 6,3V AC spezifiziert. Das Hammond-Manual macht hier allerdings eine Angabe von nur 6,0V AC. Den Grund für diesen unüblichen Wert kenne ich nicht. Wichtig ist jedoch zu wissen, dass eine UNTERheizung für die Lebensdauer einer Röhre eher schlechter ist als eine ÜBERheizung! Auch die Toleranz, mit der die 6,3V Heizspannung schwanken darf, ist nur selten in den Datenblättern angegeben. Hier variieren die Herstellerangaben und reichen von +/-5% bis +/-10%. Nur dass man die 6,3V möglichst gut treffen sollte- darüber herrscht immerhin Einigkeit ;-)

17 Arbeitspunkte am AO-28

Im Schaltplan zum AO-28 gibt es einige ausgewiesene Messpunkte, wo uns das Manual einige Richtwerte vorgibt. Ich habe bei mir zwei AO-28 durchgemessen (eine 117V-Version und eine 220V/ bzw. 230V-Version) und die von mir ermittelten Spannungswerte in zwei kleinen Tabellen eingetragen.

Die Abweichungen zum Richtwert habe ich ausgerechnet und immer dort, wo sie mir relativ groß erschienen, rot eingefärbt. In der Realität laufen beide Preamps einwandfrei und haben vermutlich auch keinen Fehler- es soll nur veranschaulichen, wie groß die Streuung bei Röhrengeräten sein kann, ohne dass gleich was kaputt sein muss.

Hinweis: beim ersten AO-28 habe ich zwei Messwerte vergessen. Dort stehen dann in der Tabelle Striche "---". Und noch etwas: die im Manual mit 6,0VC angegebene Heizspannung habe ich eigenmächtig auf 6,3V Sollwert korrigiert. Das ist nämlich der in jedem Röhrendatenblatt angegebene Richtwert!

					AO28- Nr. 1 (117V-Ausführung)			AO28- Nr. 2 (220V-Ausführung)		
Messpunkt	Funktion	SOLL [VDC]	SOLL [VAC]	Sichtmerkmal	IST [VDC]	IST [VAC]	Abweichung VDC [%]	IST [VDC]	IST [VAC]	Abweichung VDC [%]
MP1	Anoden-Wechselspannung, Trafowicklung 1		340			341	0,3%		342,5	0,7%
MP2	Anoden-Wechselspannung, Trafowicklung 2		340			340	0,0%		343,7	1,1%
MP3	Heizspannung		6,3			---	---		6,41	1,7%
MP4	Netzteil: Gleichspannung 1. Filterung	375			389	1,5	3,7%	384,5	1,907	2,5%
MP5	Netzteil: Gleichspannung 2. Filterung	335			341	0,042	1,8%	337,1	0,097	0,6%
MP6	Netzteil: Betriebsspannung +290V	290			296	0,01	2,1%	284,2	0,006	-2,0%
MP7	Netzteil: Betriebsspannung +280V	280			287	0,01	2,5%	277,4	0,004	-0,9%
MP8	Netzteil: Betriebsspannung +205V	205			199	0,005	-2,9%	198,1	0,004	-3,4%
MP9	Netzteil: Betriebsspannung +37V	37			43	0,004	16,2%	42,4	0,003	14,6%
MP10	Netzteil: Betriebsspannung +33V	33			38	0,004	15,2%	37,3	0,003	13,0%
MP11	Anodenspannung V1 (Pin5)	130			159		22,3%	137,9		6,1%
MP12	Schirmgitter V1 (Pin6)	60			61,5		2,5%	49,2		-18,0%
MP13	Anodenspannung V4A (Pin1)	145			183		26,2%	160,1		10,4%
MP14	Anodenspannung V4B (Pin6)	140			167		19,3%	166,2		18,7%
MP15	Anodenspannung V3B (Pin6)	265			283		6,8%	272,8		2,9%
MP16	Kathodenspannung V3B (Pin8)	12			12,1		0,8%	12,66		5,5%
MP17	Anodenspannung V2 (Pin5)	130		blaues Kabel	155,5		19,6%	148		13,8%
MP18	Kathodenspannung V2 (Pin7), V1, V4	1,7		gelbes Kabel	1,654		-2,7%	1,711		0,6%
MP19	Schirmgitter V2 (Pin6)	60		orange. Kabel	70		16,7%	56,5		-5,8%
MP20	Kathodenspannung V3A (Pin3)	100		gelbes Kabel	125		25,0%	110,4		10,4%
MP21	Kathodenspannung, Spannungsteiler, V3A	95		Platine	118,3		24,5%	102,4		7,8%
MP22	Anodenspannung V5 (Pin1)	200		blaues Kabel	195		-2,5%	193,1		-3,5%
MP23	Kathodenspannung V5 (Pin7)	8,5		gelbes Kabel	8,1		-4,7%	8,3		-2,4%
MP24	Trafospannung T6, Wicklung 1 (V7, Pin1)	200		braunes Kabel	197		-1,5%	195,4		-2,3%
MP25	Trafospannung T6, Wicklung 2 (V7, Pin6)	200		blaues Kabel	197		-1,5%	195,4		-2,3%
MP26	Anoden-/Gitterspannung V6 (Pin5+6)	25		Drahtbrücke	---		---	33,51		34,0%
Netzspannung						120	2,6%		234,5	

Abbildung 154: Arbeitspunkte von zwei AO-28 Vorverstärkern

Die Messpunkte "MP" beziehen sich direkt auf die im Schaltplan und deren Auszügen angegebenen Stellen (siehe Abbildung 136ff).

Ich habe -soweit sinnvoll- bei Gleichspannungen [VDC] auch immer den ihr überlagerten Wechselspannungsanteil mit angeben [VAC]; hauptsächlich wohl 50Hz Netzbrumm.

18 Percussion-Klang

In Kapitel 16.11 haben wir die Percussion bereits technisch beschrieben. Nun soll es um den "Klang" an sich gehen, und einige wichtige Parameter, wie man ihn technisch besser definieren kann. Der -vorwiegend bei den Jazzern- beliebte glockenähnliche "Ping"-Sound beim Druck einer Spieltaste macht das Spielen von verrückten Improvisationen noch interessanter und dynamischer. Die Percussion ist nur monophon spielbar; d.h. ist der Ping-Sound einmal ausgelöst und abgeklungen (=Ladekondensator ist entladen), benötigt die Schaltung des Pre-Amps eine kurze Zeit, den Ladekondensator wieder neu aufzuladen, bevor der Percussion-Klang erneut hörbar wird. Das geht wirklich sehr schnell- jedoch darf dazu für eine ganz kurze Zeit lang natürlich keine einzige Spieltaste des Obermanuals gedrückt sein. Profis beeinflussen diese Eigenheit der Hammond bewusst durch ihr Spiel: sie können durch kurzzeitiges Legato-Spiel das "Aufladen" der Percussion ganz absichtlich unterbinden und erst nach einigen Takten ganz gewollt durch Staccato-Spiel wieder einsetzen lassen.

18.1 Grundlagen

Bevor wir uns aber die Percussion-Einheit genauer ansehen, möchte ich anhand eines Oszillogramms noch einmal den wesentlichen Verlauf erläutern:

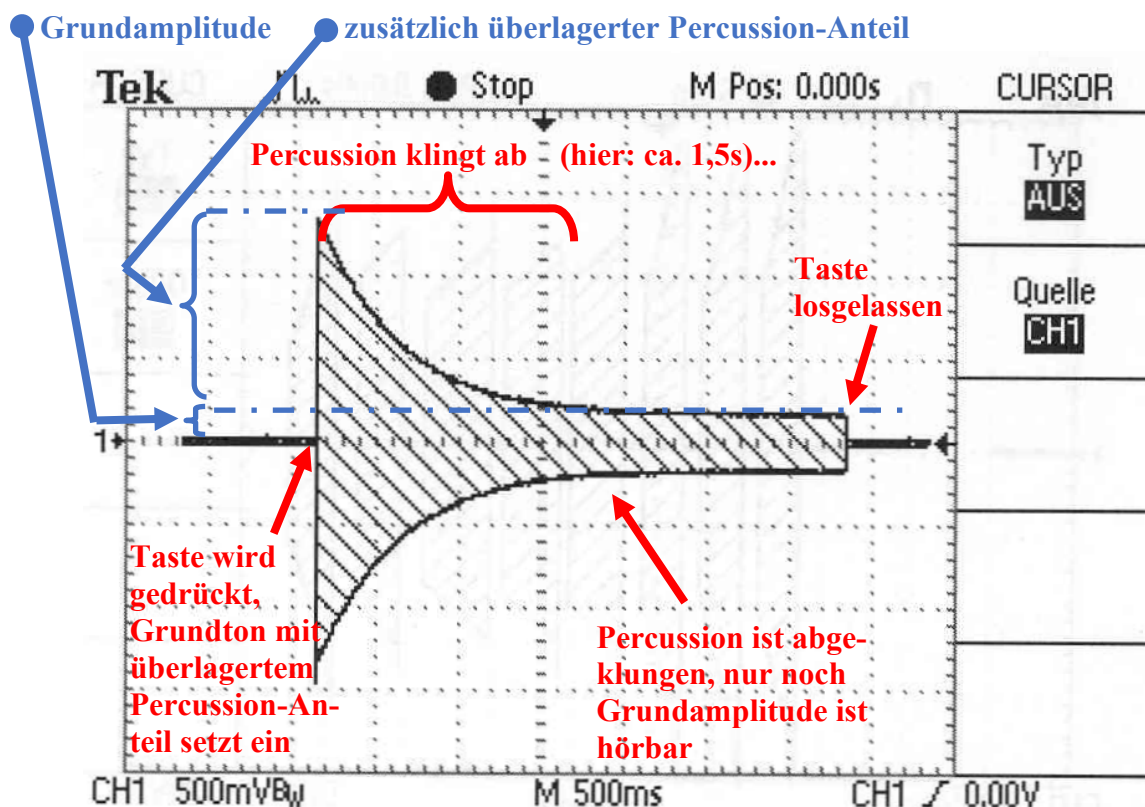


Abbildung 155: Hüllkurve der Percussion

Wir schauen uns Abbildung 155 genauer an: Es zeigt das Schirmbild eines digitalen Speicheroszilloskops. Zu sehen ist die Ausgangsspannung des AO-28, gemessen an Ausgang G, während in Eingang A ein einfaches 1kHz Sinussignal vom Tongenerator eingespeist wurde. Im Moment der Aufnahme wurde eine gedrückte Spieltaste simuliert und damit sowohl der Grundton hörbar als auch zeitgleich die darauf aufsetzende Percussion ausgelöst.

Wir erkennen den ruckartigen Einsatz des gespielten Tones, der sich aus der statischen Grundamplitude und dem überlagerten, dynamischen Percussion-Anteil zusammensetzt.* Doch bereits mit dem Druck der Spieltaste beginnend, wird die gesamte Signalamplitude schnell kleiner. Das liegt daran, dass der Percussion-Anteil (gewollt!) rasch abklingt und bereits nach etwa 1,5 Sekunden nur noch die Grundamplitude übrig bleibt.

Das folgende Bild soll zum besseren Verständnis beitragen: hier wurde sechs mal kurz hintereinander eine Spieltaste angeschlagen. Bei den ersten drei Anschlägen war die Percussion ausgeschaltet, man erkennt lediglich die Grundamplitude als statischen Tonbestandteil.

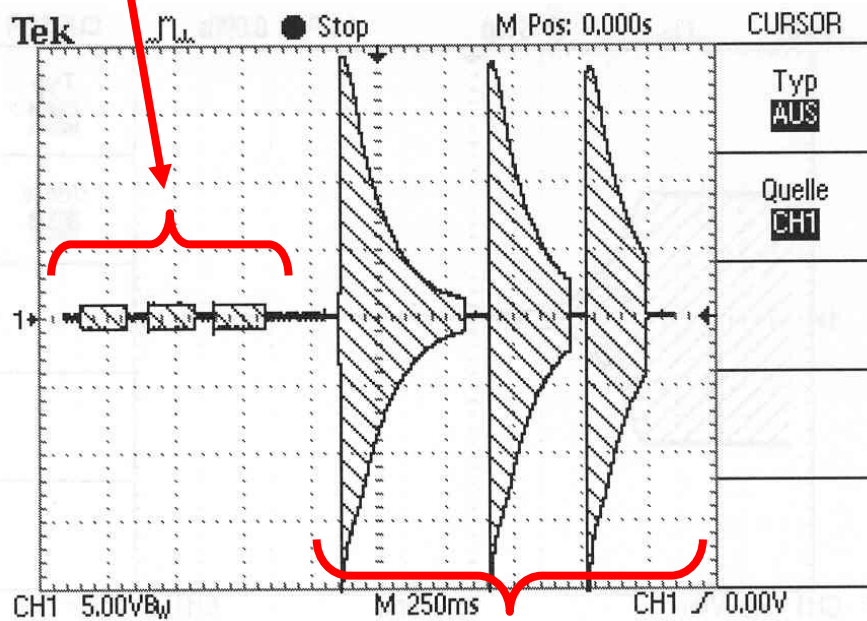


Abbildung 156: Hüllkurven: Perc aus (links) und Perc ein (rechts)

Bei den anderen drei Tönen rechts im Bild war die Percussion aktiviert. Hier sieht man, dass im Anschlagmoment die Amplitude sehr viel höher ist (wie viel genau, werden wir gleich noch ausmessen) als vorher. Wenn die Percussion jedoch abgeklungen ist, bleibt auch bei diesen Tönen wieder nur die Grundamplitude übrig (= statischer Ruhewert).

Hinweis:

Da ich das Oszilloskop bewusst auf langsame X-Ablenkung gestellt habe ($x = 500\text{ms/div}$), kann man die einzelnen Sinuswellen nicht mehr sehen (zwischen zwei Kästchen in X-Richtung befinden sich 100 Perioden der 1kHz-Schwingung; praktisch verlaufen diese 100 Perioden bei dieser Darstellung jedoch zu einer gefüllten Fläche). Aber erst bei langsamer X-Ablenkung kann man den zeitlichen Verlauf der Signalamplitude messen: die so genannte "Hüllkurve"!

* strenggenommen auch noch aus weiteren Klangbestandteilen wie z.B. dem "Keyclick", aber das vernachlässigen wir an dieser Stelle!

Ich habe die Hüllkurve in Abbildung 157 noch einmal als gestrichelte Linie eingezeichnet. Eine Hüllkurve kennzeichnet -grob gesagt- den zeitlichen Verlauf der Lautstärke. Und das ist für das elektrische Messen unserer Percussion sehr wichtig, denn die Percussion erzeugt ihren charakteristischen "Ping"-Sound einzig und allein durch Veränderung der Lautstärke!

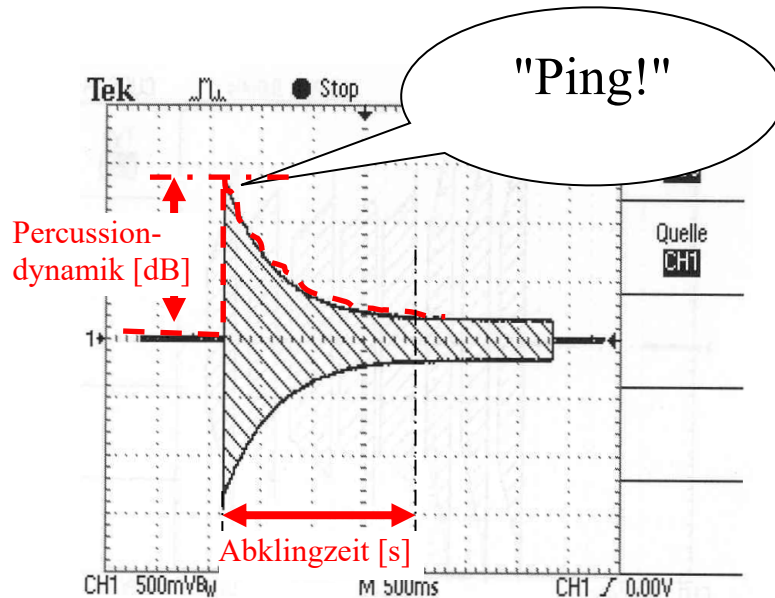


Abbildung 157: Hüllkurve (2)

Wir definieren nun anhand der obigen Abbildung zwei neue Größen, nämlich die

- Percussion-Dynamik
- und die
- Abklingzeit.

Wir wollen sie wie folgt beschreiben:

Im Moment des Drucks der Spieltaste steigt die Amplitude ruckartig auf einen Spitzenwert an, von dem aus der aber bereits sofort nach ihrem Einsetzen bereits auf einen Ruhewert abzufallen beginnt. Die Spannungsdifferenz zwischen dem Spitzenwert und Ruhewert nennen wir nun **"Percussion-Dynamik"**.

Die Zeitspanne, die zwischen dem Erreichen dieser beiden Spannungswerte verstreicht, bezeichnen wir im Folgenden nun als **"Abklingzeit"**. Sie gehorcht einer mathematischen e-Funktion der Form

$$y(t) = k \cdot e^{-t/\tau}.$$

Diese e-Funktionen beschreiben den Entladevorgang eines elektrischen Kondensators (genaugenommen C31, technische Beschreibung siehe Kapitel 16.11); und auch hier gehorcht die eingezeichnete Hüllkurve offensichtlich diesem mathematischen Gesetz.

E-Funktionen sind etwas schwierig zu messen, denn sie erreichen ja theoretisch nie ihr Ziel. Sie nähern sich einem Grenzwert immer mehr an, treffen ihn aber erst in der Unendlichkeit. Solange wollen wir nicht warten, daher interpretieren wir aus Abbildung 155, dass der Entladevorgang in diesem Beispiel bereits nach etwa 500..600 Millisekunden (=5 Kästchen in X-Richtung, Abbildung 157) als "akustisch abgeschlossen" betrachtet werden kann.

Grundsätzlich kann man so etwas auch anhand von definierten Schwellwerten ausmessen (z.B. 10%, 90%-Amplitudenpunkte), aber für unsere Zwecke reicht uns die erhaltene Genauigkeit mittels rein optischen Ablesens aus dem Diagramm völlig aus.

Wie bereits beschreiben, bezeichnen wir diese Zeitspanne als "Abklingzeit"; Hammond selber redet hier "consumer-tauglich" vom "Percussion Decay". Wieder einmal richtungsweisend, denn einige Jahrzehnte später werden die Erfinder der ersten elektronischen Synthesizer sich ähnlicher Begriffe bedienen: "Sustain", "Delay", "Release off" oder "Attack Rate" werden zu klar definierenden und geläufigen Parametern einer Amplituden-Hüllkurve!

18.2 Variationsmöglichkeiten

Wir wollen uns nun um die messtechnische Erfassung der Variationsmöglichkeiten kümmern. Dazu arbeiten wir die Veränderungen von "PERCUSSION DECAY", "PERCUSSION VOLUME" und "PERCUSSION HARMONIC SELECTOR" genauer heraus. Will sagen: wir spielen alle möglichen Variationsmöglichkeiten einmal durch und messen dabei, was herauskommt.



Abbildung 158: mittels dieser Tasten kann man den Klang der Percussion verändern

Die drei Schalter gestatten uns insgesamt $2^3 (= 8)$ verschiedene Klangvariationen, aus denen der Organist beim Spiel wählen kann. Betrachtet man den MASTER-VOLUME-Switch auf der linken Seite der Orgelkonsole ebenfalls als "amplitudenbeeinflussende Klangvariation" (wir werden gleich sehen, dass das nicht ganz ungerechtfertigt ist!), so ergeben sich rein theoretisch sogar $2^4 (= 16)$ Klangvariationen.

Wenn wir nun die folgenden Messungen rein auf die Hüllkurve reduzieren (also nur das betrachten, was in irgendeiner Form die Amplitude beeinflusst), fällt der "PERCUSSION HARMONIC SELECTOR" aus der Betrachtung allerdings schon wieder heraus, denn er hat keinerlei lautstärke-beeinflussende Funktion, sondern wählt nur aus, ob der 2. oder 3. Oberton als Signalquelle für die Percussion dienen soll.

Hinweis:

In diesem Zusammenhang ist es interessant, dass Hammond mit "2nd harmonic" den 4Fuß-Zugriegel meint, also seinen Grundton auf den **8Fuß-Zugriegel** bezieht.

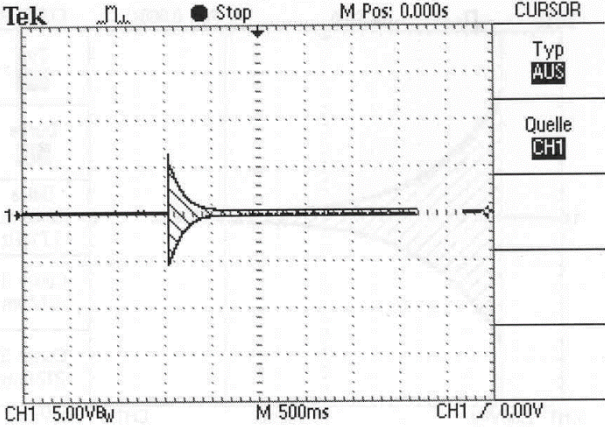
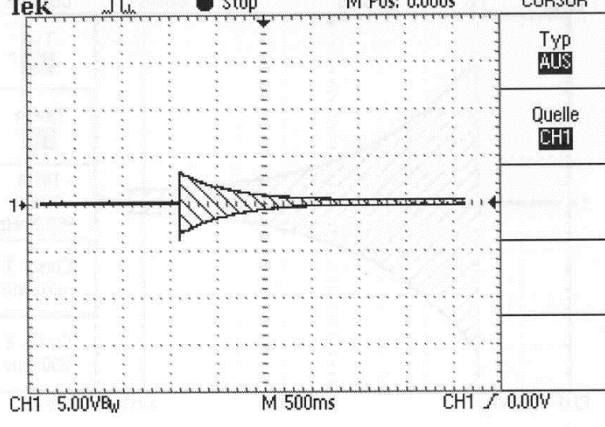
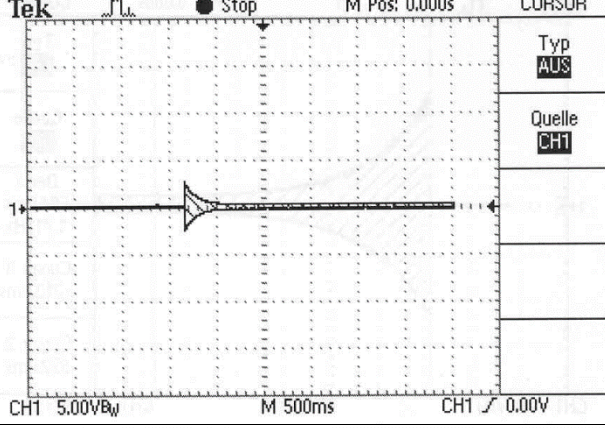
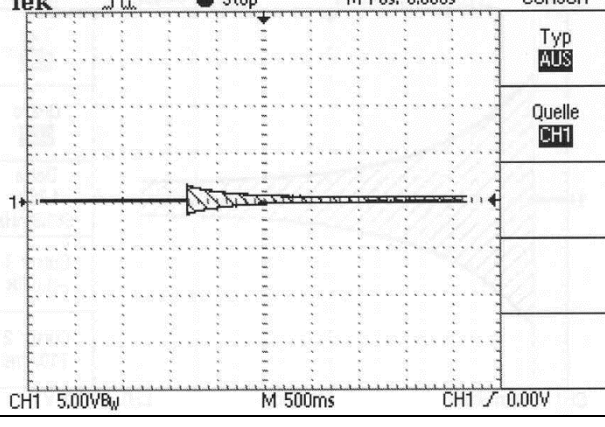
Dementsprechend bezeichnet der "3rd harmonic" den dritten Oberton (auch hier bezogen auf den 8Fuß-Zugriegel). Das entspricht der dreifachen Frequenz des 8Fuß-Tones => $2^{2/3}$ tel Fuß.

Die nun folgende Tabelle zeigt die von mir aufgenommenen Hüllkurven-Oszillogramme bei den einzelnen Schalterstellungen. Die X/Y-Einstellung (5V/div, 500ms/div) wurde -der Vergleichbarkeit untereinander zuliebe- konstant gelassen. Aus den erhaltenen Oszillogrammen wurde jeweils die Höhe des Amplitudensprungs nach Anschlag der Spieltaste ausgemessen sowie die Ausklingzeit des Percussion-Vorgangs (optisch) abgelesen.

Die hier angegebenen Diagramme stammen vom AO28-Preamp einer Hammond B-3 mit der Seriennummer #74763.

Hier nun die Übersicht der Kombinationsmöglichkeiten:

Ma-ster-VOL	PERC VOL	PERC DE-CAY		ausgemessene elektr. Parameter
NORM	NORM	FAST		$U_{\max}=19,2\text{V}$ $U_{\min}=0,8\text{V}$ $\Rightarrow \Delta U=18,4\text{V}$ Percussion-Dynamik: $\Delta U=27,2\text{dB}$ Abklingzeit: $\Delta t \approx 600\text{ms}$
		SLOW		$U_{\max}=14,0\text{V}$ $U_{\min}=1,0\text{V}$ $\Rightarrow \Delta U=13,0\text{V}$ Percussion-Dynamik: $\Delta U=22,9\text{dB}$ Abklingzeit: $\Delta t \approx 1800\text{ms}$
	SOFT	FAST		$U_{\max}=10,8\text{V}$ $U_{\min}=1,0\text{V}$ $\Rightarrow \Delta U=9,8\text{V}$ Percussion-Dynamik: $\Delta U=20,7\text{dB}$ Abklingzeit: $\Delta t \approx 520\text{ms}$
		SLOW		$U_{\max}=5,6\text{V}$ $U_{\min}=0,72\text{V}$ $\Rightarrow \Delta U=4,88\text{V}$ Percussion-Dynamik: $\Delta U=17,8\text{dB}$ Abklingzeit: $\Delta t \approx 1800\text{ms}$

SOFT	NORM	FAST		$U_{\max}=5,6\text{V}$ $U_{\min}=0,24\text{V}$ $\Rightarrow \Delta U=5,36\text{V}$ Percussion-Dynamik: $\Delta U=27,4\text{dB}$ Abklingzeit: $\Delta t \approx 600\text{ms}$
		SLOW		$U_{\max}=3,28\text{V}$ $U_{\min}=0,28\text{V}$ $\Rightarrow \Delta U=3,0\text{V}$ Percussion-Dynamik: $\Delta U=21,4\text{dB}$ Abklingzeit: $\Delta t \approx 1800\text{ms}$
	SOFT	FAST		$U_{\max}=2,2\text{V}$ $U_{\min}=0,2\text{V}$ $\Rightarrow \Delta U=2,0\text{V}$ Percussion-Dynamik: $\Delta U=20,8\text{dB}$ Abklingzeit: $\Delta t \approx 600\text{ms}$
		SLOW		$U_{\max}=1,38\text{V}$ $U_{\min}=0,18\text{V}$ $\Rightarrow \Delta U=1,2\text{V}$ Percussion-Dynamik: $\Delta U=17,7\text{dB}$ Abklingzeit: $\Delta t \approx 1800\text{ms}$

18.3 Kenngrößen

Aus diesen Messungen wollen wir nun systematische Kennwerte ablesen.

18.3.1 PERCUSSION DECAY

Umschalten von FAST -> SLOW bewirkt im wesentlichen bei allen Einstellungen eine Änderung der Abklingzeit von ca. 600ms auf 1800ms.

Trotzdem konnte ebenfalls beim Umschalten auf SLOW nicht nur die erwartete Abkling-Verlangsamung des Percussion-Signals beobachtet werden, sondern zugleich auch eine Reduzierung der Percussiondynamik um ca. 2...6dB (je nach Einstellung) nachgewiesen werden.

Ob dies von Hammond so gewollt war oder nur mal wieder einer der vielen liebgewonnenen Schmutzeffekte unserer Instrumente ist, kann ich nicht zuverlässig beantworten. Aufgrund der Beschriftung des Schalters gehe ich allerdings davon aus, dass im wesentlichen nur die Abklingzeit selber (=DECAY) umgeschaltet werden sollte, denn für die Percussion-Dynamik gibt es ja einen eigenen, separaten Schalter ("PERCUSSION VOLUME"). Das veranlasst mich zu der Annahme, dass es sich dabei eher um einen weiteren, von Hammond eher unerwünschten "Schmutzeffekt" handelt.

18.3.2 PERCUSSION VOLUME

Das Umschalten von NORM -> SOFT bewirkt eine Absenkung der Percussiondynamik um ca. 4...7dB. Dadurch klingt der Percussion-Klang nicht so scharf und durchdringend (Effekt-Intensität). Eine grundsätzliche Rückwirkung auf die Abklingzeit (also der umgekehrte Fall wie unter 18.3.1) konnte jedoch nicht deutlich nachgewiesen werden.

18.3.3 MASTER VOLUME

Rein technisch bewirkt das Umschalten der Master Volume lediglich das Umschalten der Gesamtverstärkung (und Loudness-Schaltung) im Vorverstärker. Die Schaltstelle liegt jedoch hinter der Percussion-Signalaufbereitung, sodass die Percussion-Dynamik dadurch eigentlich nicht berührt werden kann. Bis auf einen Ausnahmefall (NORM/NORM/SLOW =>1,5dB) bewegen sich die Unterschiede im Bereich von +/- 0,2dB, also prinzipiell nicht beeinflusst wird.

Es muss jedoch angemerkt werden, dass die Mess- und (insbesondere) Ableseungenauigkeiten aus dem Oszilloskopschirmbild leicht diese rätselhaften 1,5dB Pegelunterschied hervorgerufen haben könnten.

19 AO-28 Prüfstand

Wie damals bei Röhrenschaltungen üblich, hat man die eigentliche Schaltung des AO-28 von unten in sein Chassis eingebaut und dort verdrahtet. Das macht es für den Reparateur zuweilen etwas schwierig, denn um dort einmal eine Spannung zu überprüfen, muss man den Preamp entweder auf seine Seite legen oder man muss irgendwie versuchen, von unten mit den Messleitungen in der Schaltung den richtigen Messpunkt zu finden. Das ist sehr umständlich und zugleich fehlerträchtig. Dass man mit der Messspitze dabei abrutscht und versehentlich einen Kurzschluss macht, ist quasi "vorprogrammiert".

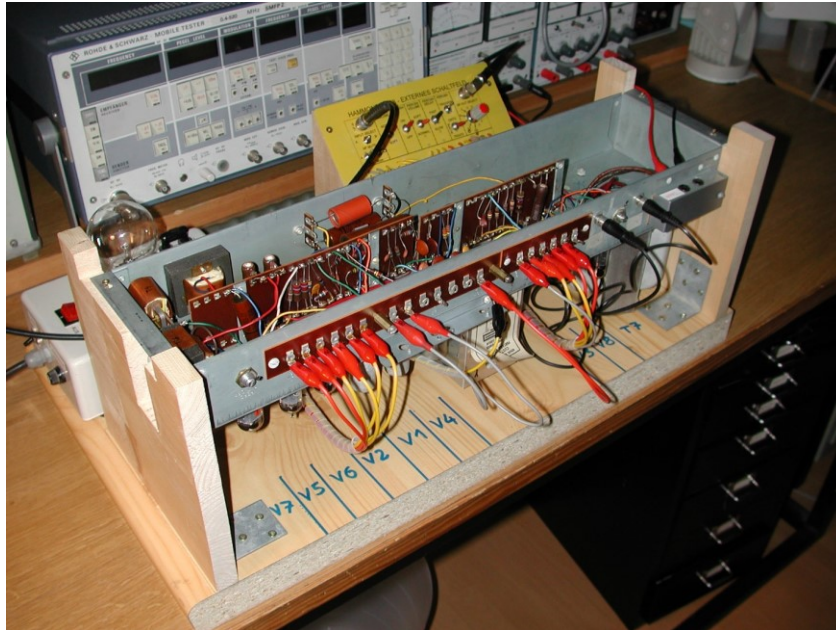


Abbildung 159: Messstand für AO-28

Sobald man aber den AO-28 auf die Seite drehen will, muss man vorher alle Kabel von seinen Anschlüssen ablöten und dann funktioniert natürlich längst nicht mehr alles. Um dieses Problem zu lösen, habe ich mir einen Messstand gebaut, in dem der AO-28 kopfüber eingehängt und betrieben werden kann.

Ein dahinter liegendes Schaltfeld sorgt für die "richtige" Betriebsumgebung des AO-28, so dass er in diesem Prüfstand komplett durchgemessen bzw. repariert werden kann.



Abbildung 160: Kontrollfeld

Von vorne werden alle seine benötigten Signale mittels Krokodilklemmen angeschlossen. Der AO-28 "merkt" somit noch nicht einmal, dass er gar nicht mehr in seiner Hammondorgel betrieben wird, sondern auf einem künstlichen Prüfstand.

In dieser Position kann man nicht nur viel sicherer arbeiten, sondern man erreicht auch alle Messpunkte und Bauteile und hat eine gute Übersicht.

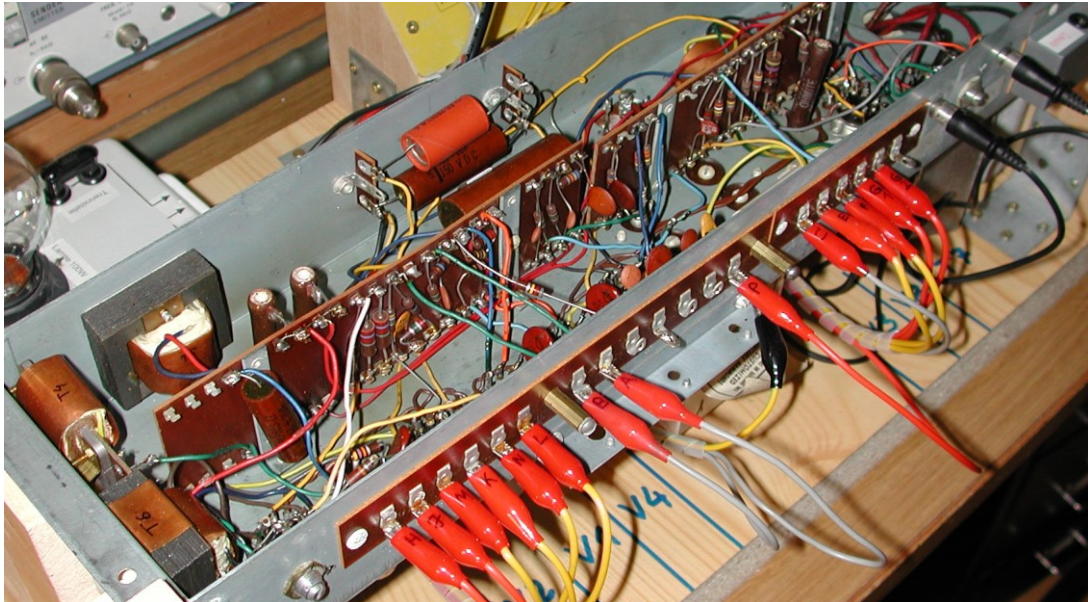


Abbildung 161: sicheres Arbeiten im Prüfstand

Das externe Schaltfeld hat bei mir folgende Bedienelemente und gestattet es, sämtliche Funktionen des AO-28 anzusteuern und zu testen. Umschaltbare Ein- und Ausgänge gestatten den Anschluss von Tongenerator und Oszilloskop bzw. Audio-Analyzer.

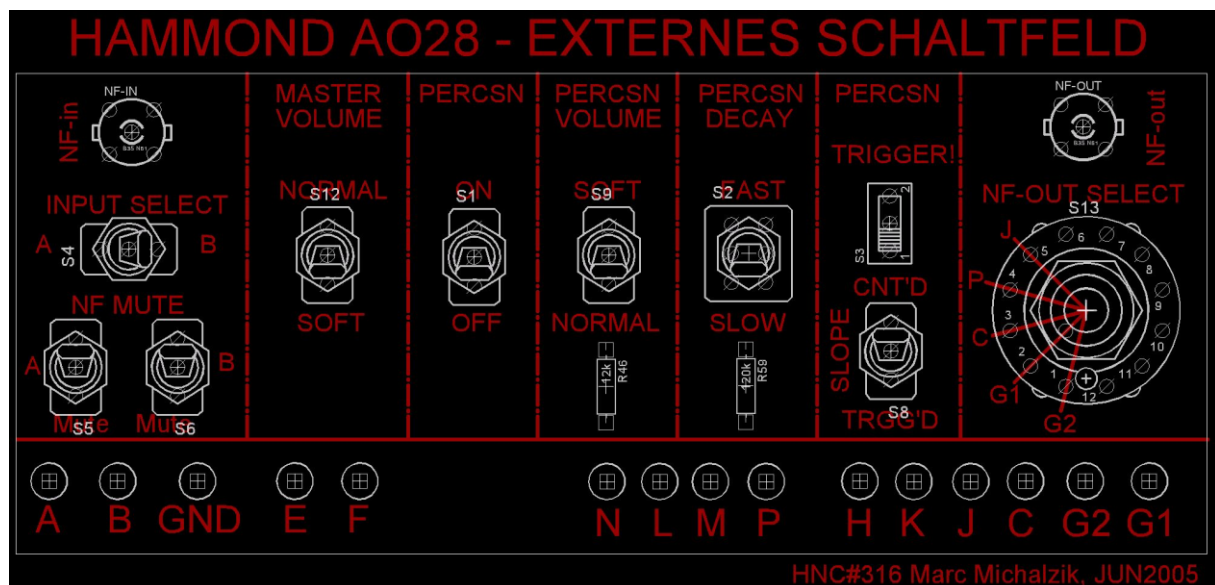


Abbildung 162: Layout des Schaltfelds

Das Schaltbild dazu ist unkompliziert und sieht so aus:

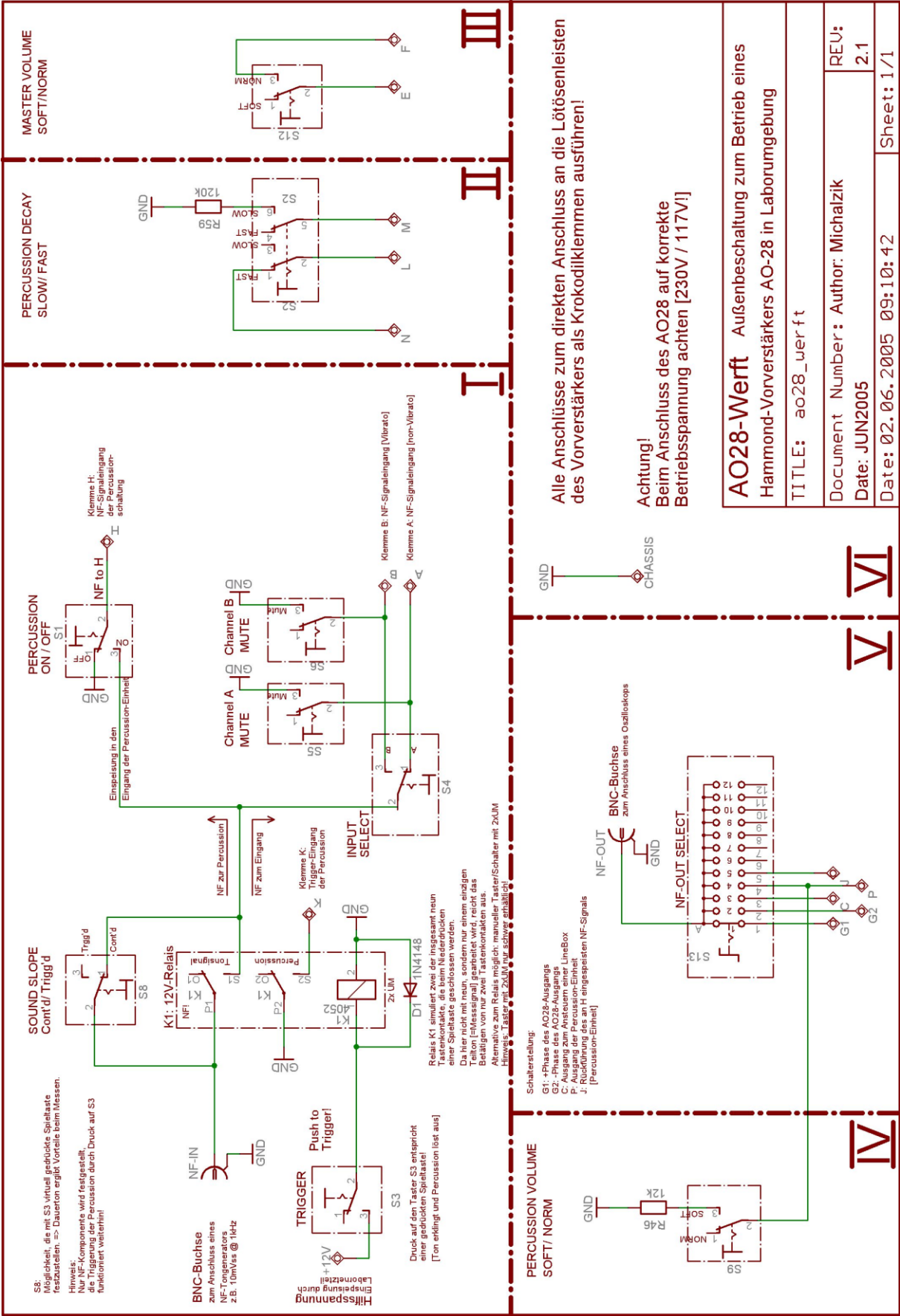


Abbildung 163: Schaltbild des AO-28 Prüfstands

20 AO-28 Messungen (Frequenzgang)

Mit der eben beschriebenen Apparatur kann man auch prima Messungen am AO-28 machen, denn man kann damit all seine Umgebungsbedingungen im Labor ganz genau und reproduzierbar kontrollieren. Herausgekommen sind folgende Diagramme. Sie können als Vergleichsreferenz dienen bei der Fehlersuche oder der abschließenden Endverifikation.

Im Gegensatz zu den Frequenzgängen in Kapitel 16 wurden diese Messungen OHNE angeschlossene Peripherie gemacht. Störende Beeinflussungen durch z.B. eine noch angelötete LineBox sind hier jetzt ausgeschlossen.

20.1 Klemme A => Klemme G1

Entspricht dem Gesamtfrequenzgang vom Non-Vibratokanal bis zum Ausgang. Da in dem AO-28 die 6kHz-Modifikation mit eingebaut war, habe ich den Frequenzgang für verschiedene Potistellungen (0% = 6kHz-Anhebung deaktiviert) aufgenommen.

Achtung: die Eingangsspannung betrug hier nur 10mV_{eff} (!)* Der Schweller war maximal durchgetreten.

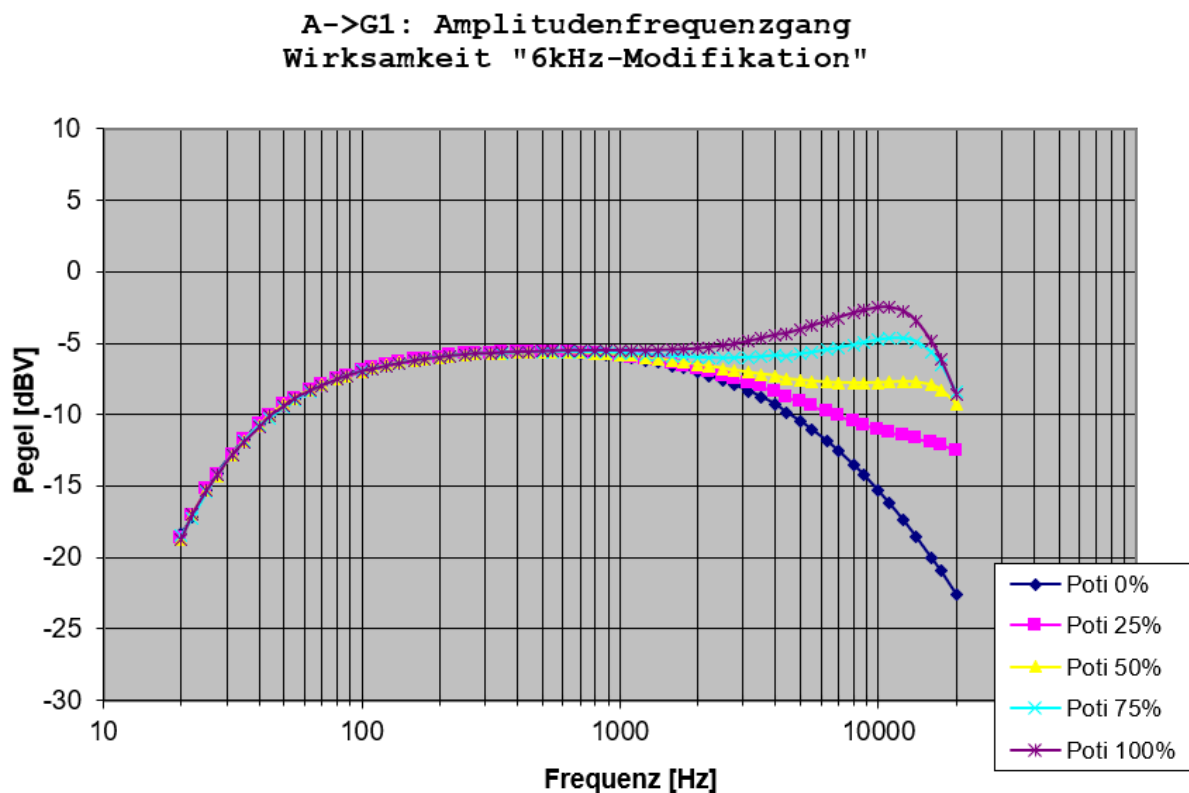


Abbildung 164: Frequenzgang AO-28 von Klemme A auf Klemme G

Gain @1kHz: **ca. 35dB** (C22 komplett reingedreht)
 ca. 50dB (C22 komplett herausgedreht)

* für Messungen an dieser Stelle benutze ich heutzutage inzwischen 40mV_{eff} !

20.2 Klemme B => Klemme C

Dieser Frequenzgang ist wichtig für die Ansteuerung der LineBox, siehe Blockdiagramm in Kapitel 16.

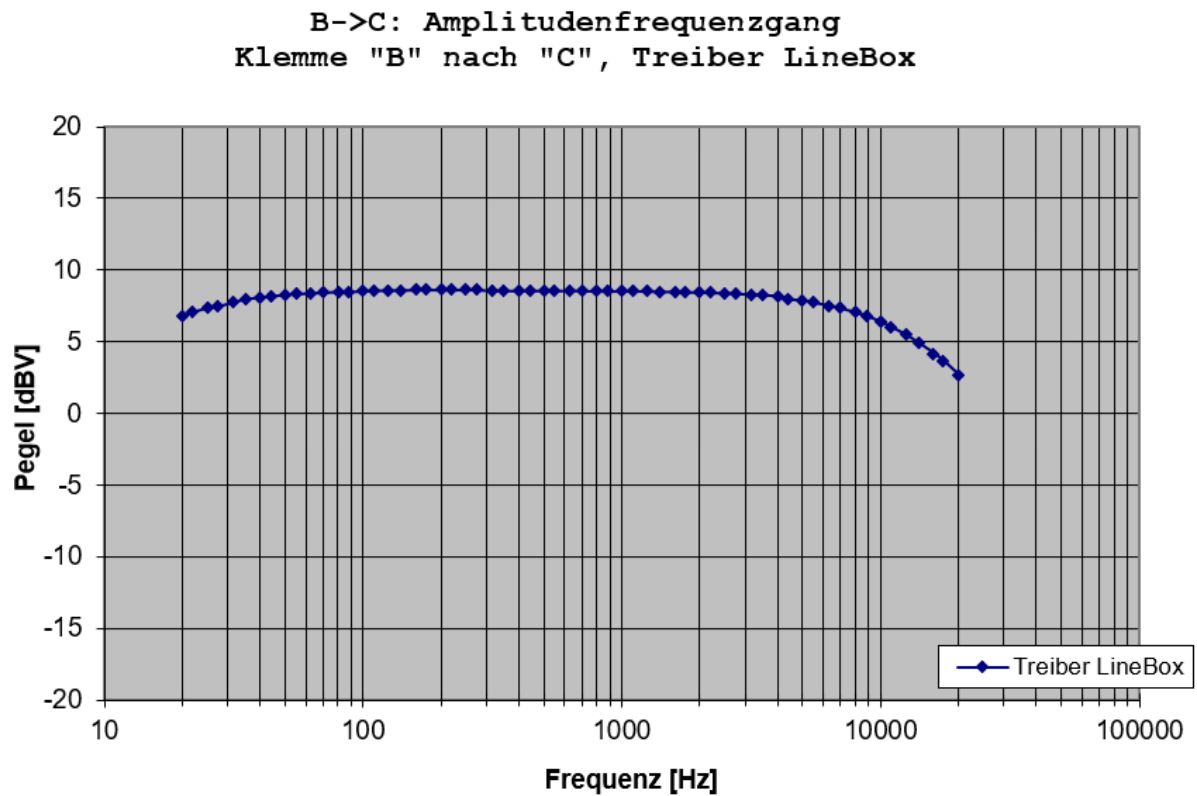


Abbildung 165: Frequenzgang AO-28 von Klemme B nach Klemme C

Gain @1kHz: **ca. 48dB**

20.3 Klemme H => Klemme P

Der Frequenzgang, der relevant ist für die Erzeugung des Percussion-"Ping"-Tons.

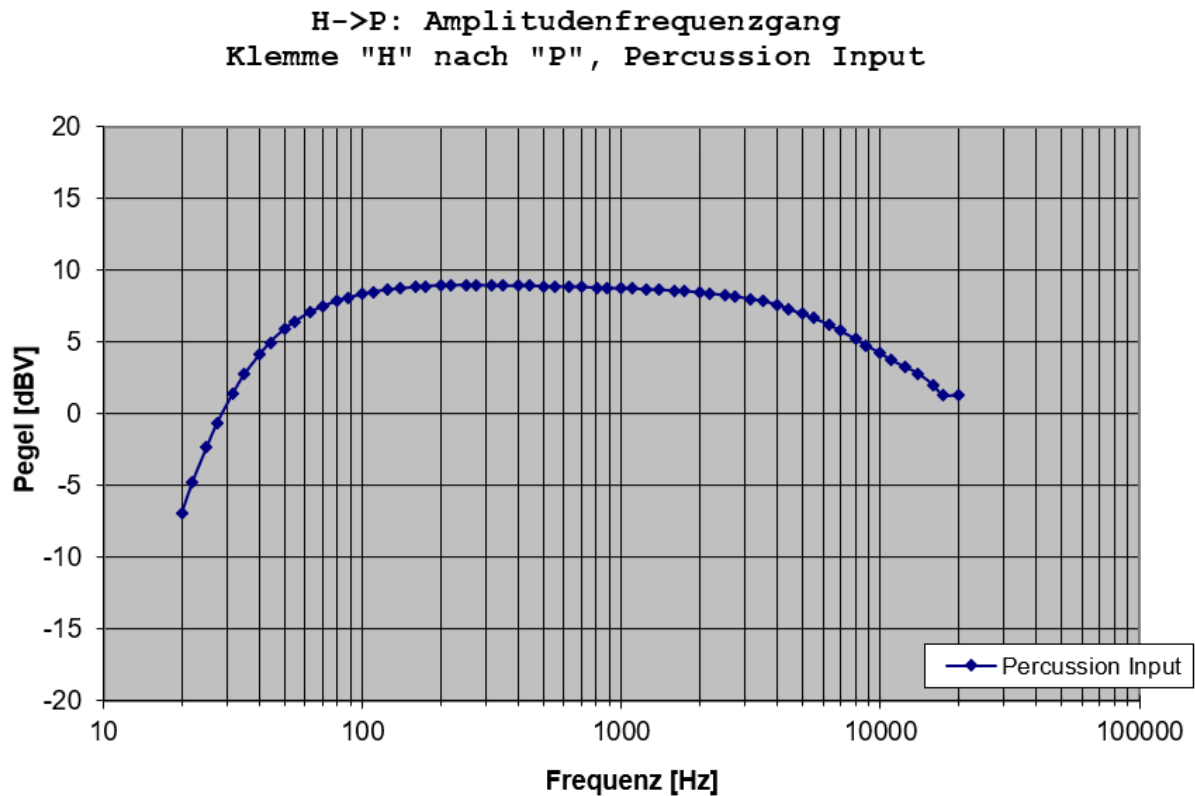


Abbildung 166: Frequenzgang AO-28 von Klemme "H" auf Klemme "P"

Gain @1kHz: ca. 69dB

20.4 Klemme H => Klemme J

Dieser Frequenzgang beschreibt die Rückkopplung des Percussion-Signals zurück auf den Zugriegel (2nd oder 3rd). Er ist weitgehend linear.

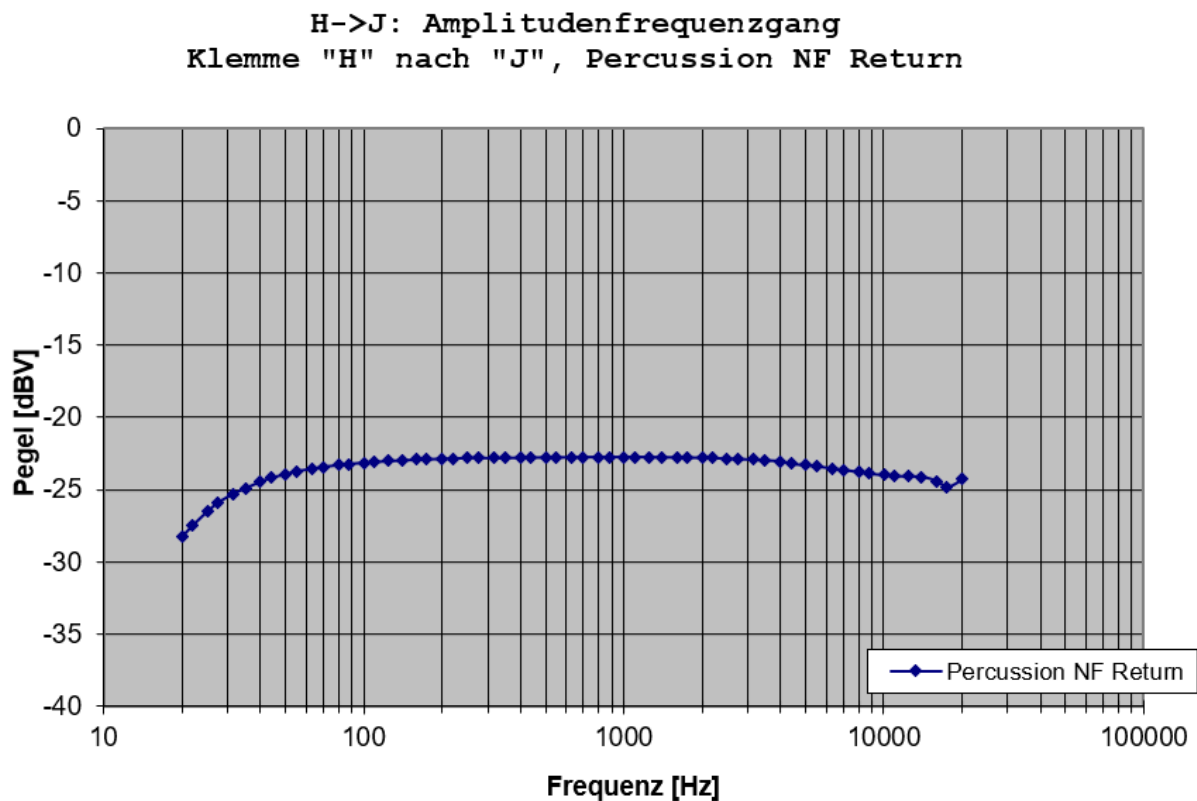


Abbildung 167: Frequenzgang AO-28 von Klemme "H" auf Klemme "J"

Gain @1kHz: **ca. 17dB**

20.5 AO-28 Messprotokoll

Wann immer ich einen AO-28 technisch beurteilen will, mache ich das auf Basis sachlicher Messwerte. Wie wir gesehen haben, gibt es beinahe unzählig viele Messungen, die man machen könnte. Damit ich einerseits nichts vergesse, mich aber andererseits auch nicht mit "un-nötigen" Messungen lange aufhalte, habe ich mich ein Standard-Messprotokoll zusammengestellt. Das sieht etwa so aus:

Hammond Preamplifier AO-28

MESSPROTOKOLL

PreAmp Typenbezeichnung:

PreAmp Netzspannung:

gehört zu Hammond

Typ:

Serial:

Besitzer:

AO-28

117V, 60Hz

Bühnenorgel "Betty", B2/B3

#52390

M. Michalzik

verwendete Messtechnik:

Messung durchgeführt von:

Datum:

Rohde&Schwarz SMFP2

Hewlett-Packard HP8903A

Tektronix 475

M. Michalzik

17. November 2006

Nr/Klemme	Art der Messung	Messbedingungen	Ergebnis[se]
1. A->G1	Amplitudenfrequenzgang	Uin = 10mVeff @ 10Hz..25kHz (Abtastraster Halb-Terz, 69Messwerte) C22 ganz reingedreht (fest) -> V-min. ToneControl = max. MasterVol = max. Schweller = max.	
	a) 6kHz-Modifikation unwirksam (DEFAULT)	Poti Einstellwinkel = 0%	Datei: ag_0p.csv
	b) ...	Poti Einstellwinkel = 25%	Datei: ag_25p.csv
	c) ...	Poti Einstellwinkel = 50%	Datei: ag_50p.csv
	d) ...	Poti Einstellwinkel = 75%	Datei: ag_75p.csv
	e) 6kHz-Modifikation max. wirksam	Poti Einstellwinkel = 100%	Datei: ag_100p.csv
2. A->G1	maximale Verstärkung @ 1kHz	Uin = 10mVeff @ 1kHz Signalform soll unverzerrt bleiben!	
	a) C22 rausgedreht	Uout(G1) = 3,11 Veff ->	49,86 dB
	b) C22 reingedreht	Uout(G1) = 0,52 Veff ->	34,32 dB
3. B->C	Amplitudenfrequenzgang	Uin = 10mVeff @ 10Hz..25kHz (Abtastraster Halb-Terz, 69Messwerte)	
		Datei: bc.csv	
4. H->P	Amplitudenfrequenzgang	Uin = 1mVeff @ 10Hz..25kHz (Abtastraster Halb-Terz, 69Messwerte) sicherstellen, dass Klemme P mit R=22kOhm belastet ist Einspeisung in Klemmen A und B abziehen	
		Datei: hp.csv	
5. H->J	Amplitudenfrequenzgang	Uin = 10mVeff @ 10Hz..25kHz (Abtastraster Halb-Terz, 69Messwerte)	
		Datei: hj.csv	
6. A->G1	Klirrfaktor @ 1kHz	Uin = Sinus mit Eigenklirrfaktor <0,1%	
	a) im linearen Aussteuerbereich	Uin = 10mVeff @ 1kHz	k = 1,04 %THD
	b) im verzerrten Aussteuerbereich	Uin so lange erhöhen, bis Klirr(Uout) = 5%THD Für diesen Fall Uout an Klemme G1 messen	Uin= 104 mVeff für 4,98 %THD Uout(G1)= 5,36 Veff
7. A->G1	Dynamikbereich @ 1kHz	Eingang "Klemme A" kurzgeschlossen Messung mit Effektivwertmesser	Uout(G1)= 3,9 mVeff
8.	ZUSAMMENFASSUNG		
	a) maximale Verstärkung NORM, C22 rausgedreht	49,86 dB	
	b) maximale Verstärkung NORM, C22 reingedreht	34,32 dB	
	c) Klirrfaktor, Normalbetrieb	1,04 %THD	
	d) Dynamikbereich für max. Klirr <= 5%THD	62,76 dB	

Abbildung 168: AO-28 Messprotokoll Vorlage (nur zur Info)

Zugegeben- auch das ist schon wieder fast 20 Jahre alt und es müsste einmal dringend überarbeitet werden! Denn heute verwende ich vollständig andere Messgeräte als damals und auch mein Wissen zum AO-28 hat sich geändert, so dass ich heute teilweise auch etwas anders messen würde (z.B. bis auf eine Ausnahme nun mit -28dBV (=40mV_{eff}) anstatt 10mV_{eff}). Mein Audioanalyzer (Rohde&Schwarz UPL) braucht beispielsweise auch keinen aufwändigen Excel-Export mehr, um Frequenzgänge überhaupt grafisch darstellen zu können, sondern kann das schon von Haus aus - und zudem viel, viel schneller als noch damals mit Tongenerator und Oszilloskop. Nicht zuletzt habe ich gelernt, dass man die allermeisten Sachen auch mit fest eingebautem AO-28 direkt messen kann (siehe Kapitel 21)- ein zeitaufwändiges Ablöten der ganzen Kabel (die ja die Messung tlw. auch etwas beeinflussen) spare ich mir daher meistens. Trotzdem: eine definierte Standard-Messvorlage zu haben, macht durchaus Sinn und ich kann jedem empfehlen, sich eine solche zu erstellen.

21 "in-circuit" Messung AO-28

Nicht immer hat man die Möglichkeit, einen AO-28 auszubauen und auf dem Prüfstand durchzumessen. Wenn es "schnell" gehen muss, kann auch eine Messung in eingebautem Zustand direkt in der Orgel aufschlussreich sein. Sämtliche Anschlussleitungen lasse ich dabei angelötet! Der systematische Messfehler, den man damit zwangsweise eingeht, ist hier nicht wirklich groß und nach meiner Erfahrung wirklich nur für absolute Präzisionsmessungen* relevant!

Das Messen in geschlossenen Systemen nennt man technisch "in-circuit"; also "in der Schaltung". Solche Messungen gehen zwar schnell, weil man vorher nicht groß herumlöten muss, haben dabei aber grundsätzlich den Nachteil, dass man die zu untersuchende Baugruppe nicht isoliert erfassen kann. Die Rückwirkungen aller anderen (noch angelöteten) Baugruppen sind bei "in-circuit"-Messungen unweigerlich mit erfasst und können das Ergebnis durchaus ein wenig verfälschen.

In einem Versuch einer Gesamt-Frequenzgangsmessung Klemme A -> Klemme G ermittelte ich jedoch nur so geringe Beeinflussungen, dass wir sie mit gutem Gewissen vernachlässigen können (siehe Abbildung 169; grüne Kurve = Kabel blieb angelötet; gelbe Kurve = Kabel wurde extra vor der Messung abgelötet).



Abbildung 169: Unterschied zwischen angelötetem und abgelötetem Anschlusskabel an Klemme A

Neben der Aufnahme der Arbeitspunkte mit dem Digitalmultimeter (siehe Kapitel 17) halte ich die aufgenommenen Frequenzgangsmessungen am AO-28 für eine der wichtigsten Prüfungen. Wir wollen hier daher hier einmal exemplarisch den Gesamtfrequenzgang "in-circuit" messen (Klemme A auf Klemme G, vergleiche Kapitel 20.1), damit man eine Vorstellung davon bekommt, wie man so etwas machen könnte.

* bei denen es sowieso absolut diskussionswürdig ist, inwiefern die bei einem mit Elektronenröhren betriebenen Musikinstrument überhaupt Sinn machen!

Man benötigt dazu eigentlich nur einen durchstimmbaren Tongenerator und ein NF-Voltmeter oder Oszilloskop. Beides ist jedoch in meinem Rohde&Schwarz UPL Audioanalysator schon vorhanden und da er mir zudem die bequeme Möglichkeit zur automatisierten Aufnahme und Darstellung von Frequenzgängen in Sekundenschnelle bietet, bin ich nur noch in Ausnahmefällen mit Oszilloskop, Bleistift, Taschenrechner und Millimeterpapier unterwegs. Trotzdem: "oldschool zu Fuß" funktionieren die Messungen ganz genauso und man kommt am Ende auch mit nicht ganz so teurem Messequipment zu exakt denselben Ergebnissen!

Der Messaufbau mit dem R&S UPL gestaltet sich wie in Abbildung 170. Die Orgel wird in Grundstellung gebracht (Kapitel 16.1) und gestartet.

(Es gelten natürlich die Sicherheitshinweise über Umgang mit hohen Spannungen!)

Der rechte Abschirmdeckel am AO-28 wird abgeschraubt, damit man Zugang zu den NF-Eingängen bekommt. Will man den normalen Frequenzgang von A->G messen (siehe Kapitel 16.4), wird der Generatorausgang des UPL über ein unsymmetrisches, geschirmtes NF-Kabel an die Klemme "A" und Masse geklemmt.

Entsprechend wird der Analyzer-Eingang auf eines der beiden "G"-Terminals und Masse geklemmt. (Man könnte auch symmetrisch messen zwischen beiden G-Terminals, dann hat man am Ende 6dB mehr Signalspannung, aber ich will es hier bewusst einfach halten!)



Abbildung 170: Messaufbau "in-situ"

Als Signalspannung gibt es nicht wirklich einen "Standard". Ich kenne jedoch viele Techniker, die hier **40mV_{eff}** verwenden. Das sind dann etwa 113mV_{ss}. Ich finde die "40" zwar etwas "unschön", weil es sich mit dem im Kopf schlecht rechnen lässt. Lieber hätte ich so etwas wie eine "100" oder "50". Doch auch ich selbst kam bei meinen eigenen Messungen zu dem Ergebnis, dass die "40mV_{eff}" ein Optimum bei der Ansteuerung zu sein scheint: es ist üblicherweise die Spannung, bei der der AO-28 gerade noch gerade nicht übersteuert; d.h. üblicherweise innerhalb der Grenze von 1% THD bleibt!

Ich verwende daher inzwischen auch **40mV_{eff}** - allerdings auch erst seit ich einen R&S UPL verwende, der meine Messdiagramme dann in dBV darstellt. 40mV_{eff} entsprechen ziemlich genau -28dBV und wenn ich dann als Ausgangsspannung beispielsweise ablese "20 dBV", dann kann ich mir schon im Kopf die Verstärkung ausrechnen: $20\text{dB} - (-28)\text{dB} = 20\text{dB} + 28\text{dB} = 48\text{dB}$. Daher hat das Rechnen mit den dB schon echte Vorteile in der Praxis.

In der Realität könnte eine "in-circuit"-Frequenzgangsmessung dann so aussehen:

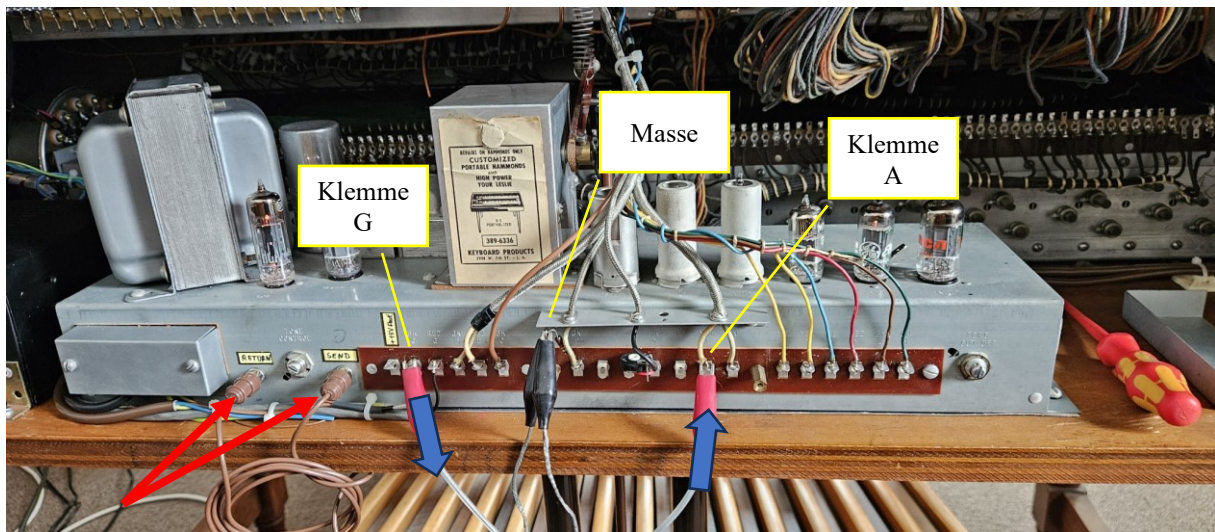


Abbildung 171: Anschlussbeispiel "in-circuit"

Man beachte bitte auch die kleine braune Cinch-Leitung (rote Pfeile). Die überbrückt das Hallgerät, das ich normalerweise in meiner Orgel eingeschleift habe und das bei dieser Messung natürlich ausgesteckt werden muss. Mit der -statt des Hallgerätes- eingesteckten braunen Cinch-Leitung ist der elektrische Originalzustand des AO-28 wiederhergestellt; und das brauchen wir für diese Messung.

21.1 Einfluss von C22

Eine definierte Einstellung von C22 (reindrehen oder rausdrehen) ist vor der Messung wichtig.

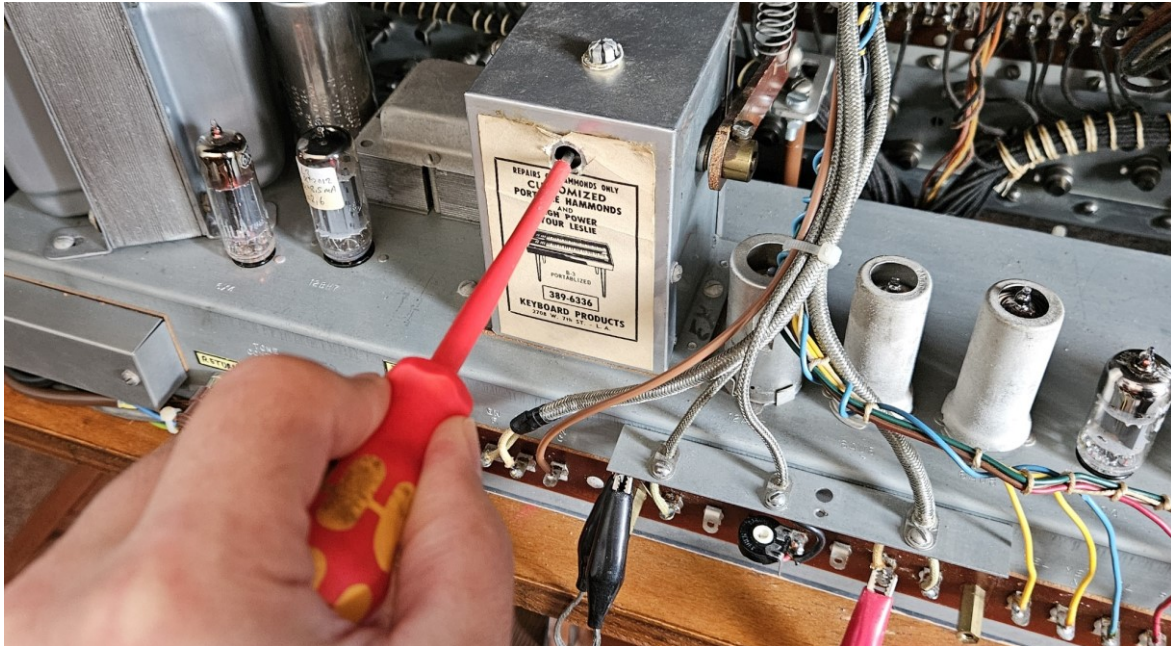


Abbildung 172: mit herausgedrehtem C22 ergibt sich die größte Verstärkung

Welch großen Unterschied das macht, zeige ich einmal hier:

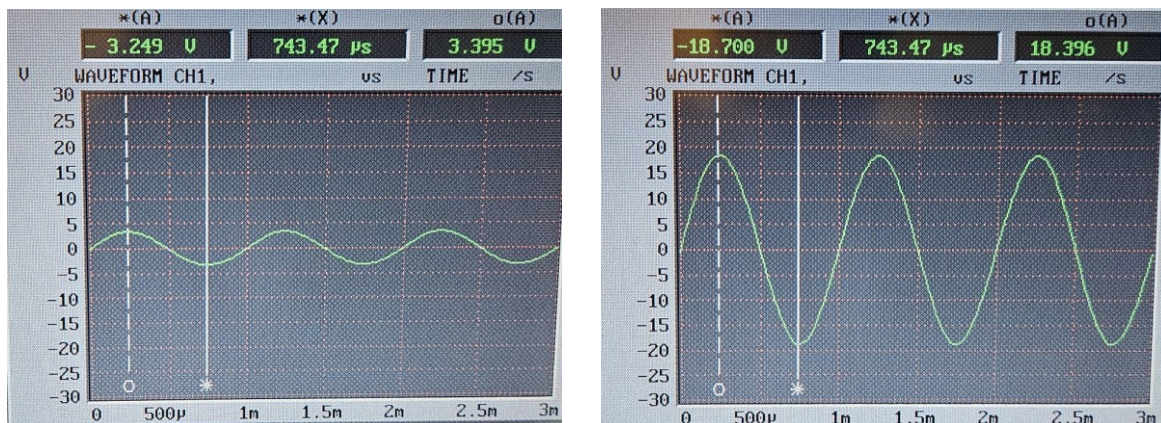


Abbildung 173: C22 ganz eingedreht (links) und ausgedreht (rechts)

Mit der Einspeisung von -28dBV ergibt sich bei dieser Orgel eine Verstärkung ($f=1\text{kHz}$)

- mit eingedrehtem C22: **ca. 35dB**
- mit ausgedrehtem C22: **ca. 50dB**

Bleibt anzumerken, dass hier unsymmetrisch gemessen wurde; d.h. bei symmetrischem Abgriff die Spannung noch um weitere 6dB größer wäre. Im rechten Fall hätte man dann schon eine Spitze-Spitze-Spannung von 74Volt zwischen den Terminals "G-G". Das ist schon ordentlich und ich würde da auch nicht mehr unbedingt anfassen wollen, wenn der AO-28 voll angesteuert wird!

21.2 Einfluss des Schwellers

Auch der hat natürlich einen erheblichen Einfluss auf die Messung.

In Abbildung 174 wurde einmal mit voll durchgetretenem Schweller gemessen (gelbe Kurve) sowie einmal mit voll zurückgezogenem Schweller (grüne Kurve). Sehr schön erkennt man die Wirkung der Loudness-Funktion (siehe Kapitel 16.6) bei geringen Lautstärken, die eine zunehmende Bassanhebung bewirkt.



Abbildung 174: Frequenzgang A->G mit Schweller max (gelb) und min (grün)

An diesem Beispiel kann ich schön zeigen, wie einfach dann die Ermittlung der Verstärkung wird: bei 1kHz zeigt uns der Cursor bei der grünen Linie einen Wert von etwa -15dBV. Eingespist haben wir hier ausnahmsweise einmal mit -26dBV (=50mV_{eff}), aber das tut der Sache keinen Abbruch..

Die Verstärkung ergibt sich dann zu $-15\text{dB} - (-26\text{dB}) = -15\text{dB} + 26\text{dB} = \mathbf{11\text{dB}}$ (grüne Kurve).

Bei der gelben Kurve lesen wir etwa 24dBV ab. Wir rechnen erneut: $24\text{dB} - (-26\text{dB}) = 24\text{dB} + 26\text{dB} = \mathbf{50\text{dB}}$.

Damit wissen wir nun auch den Dynamikbereich des Schwellers bei dieser Orgel (Hammond B-3 mit serial #74763): nämlich die Differenz zwischen beiden Werten = **39dB**! Das ist fast Faktor 100 und damit schon eine ganze Menge!

21.3 Klirrfaktor und S/N des AO-28

Bei Vollaussteuerung, in NORM-Stellung stehendem Volume-Schalter, komplett ausgedrehtem C22 und voll durchgedrückten Schweller sowie deaktivierter 6kHz-Anhebung wurde diese Messung hier gemacht:

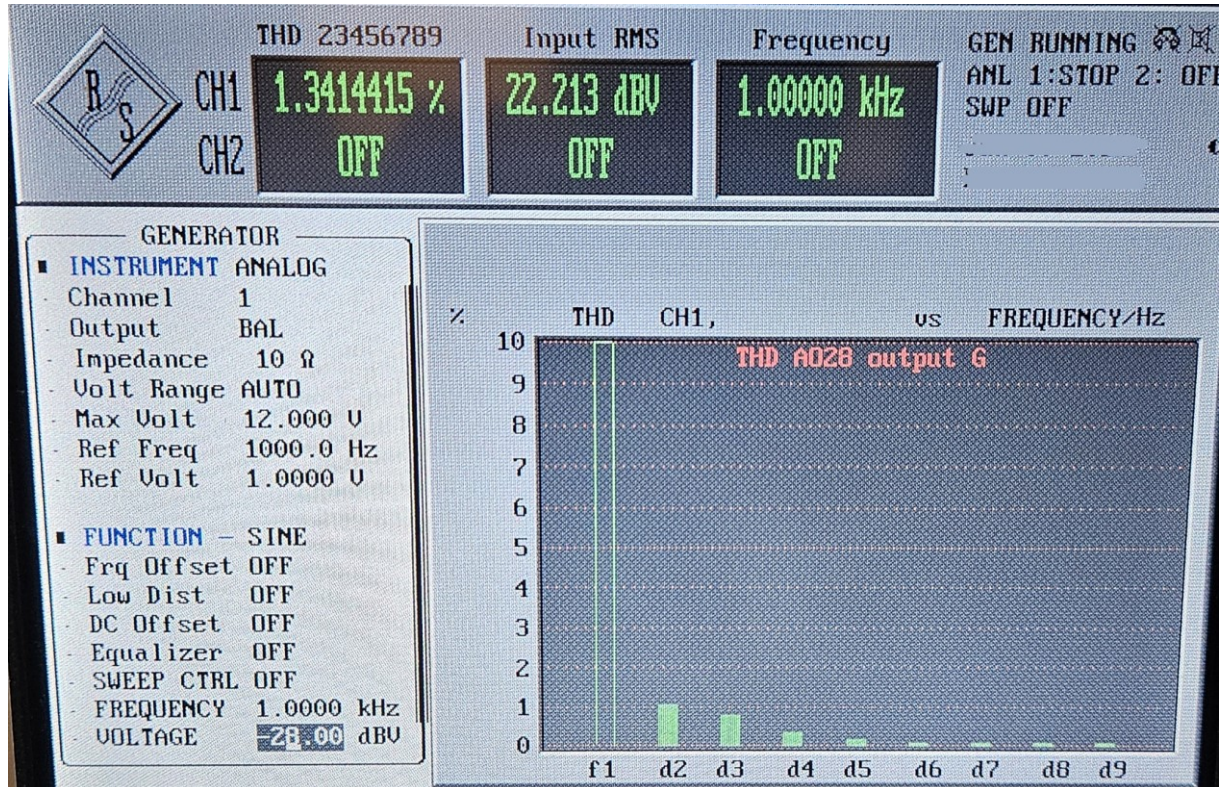


Abbildung 175: Klirrfaktor des AO-28 bei Vollaussteuerung

Wir messen bei dieser Orgel einen Klirrfaktor (THD ohne Noise) von etwa **1,3%** (20Hz..20kHz), Messung Klemme A auf Klemme G (unsymmetrisch).

Bleibt anzumerken, dass der Klirrfaktor durchaus etwas schwanken kann je nach Erwärmung der Röhren und auch deren Betriebszustand bzw. Alterung. Mit den eingespeisten -28dBV (= 40mV_{eff}) erreicht man üblicherweise **Werte um 1%**.

Generell sollte man den Klirrfaktor aber nicht überbewerten. Solange er irgendwo im Bereich von 1% liegt, ist hier alles in Ordnung. Ich verwende ihn lediglich als Indikator dafür, ob es irgendwo Probleme im AO-28 gibt. Ob er also nun genau bei 0,98% oder 1,46% liegt, ist für mich persönlich völlig unwichtig (und in der durch unterschiedliche Erwärmung ständig in den Arbeitspunkten wandernden Röhrentechnik eh kaum reproduzierbar). Wichtig ist nur, dass die Größenordnung stimmt, denn sonst wäre vermutlich etwas kaputt.

Misst mit im selben Messaufbau komplett OHNE Eingangssignal, so erhalte ich einen Grundrauschpegel bei etwa -40dBV (entspricht ca. 10mV_{eff}). Im Bezug zu den oben gemessenen +22,2dBV ergibt das dann einen **Signal- Rauschabstand (= Dynamik) von 62dB**.

Hinweis: Natürlich kann man den Wert noch etwas nach oben "massieren", wenn man entsprechend mehr Klirrfaktor bei der Aussteuerung zulässt (z.B. 10%). Ich messe aber lieber unter ehrlichen Standardbedingungen.

22 Messung der 6kHz-Modifikation

Auch wenn ich die 6kHz-Modifikation nach Ulrich Zwarg bereits im ersten Teil des Handbuchs erwähnt habe, fehlt noch eine etwas ausführlichere Beschreibung.

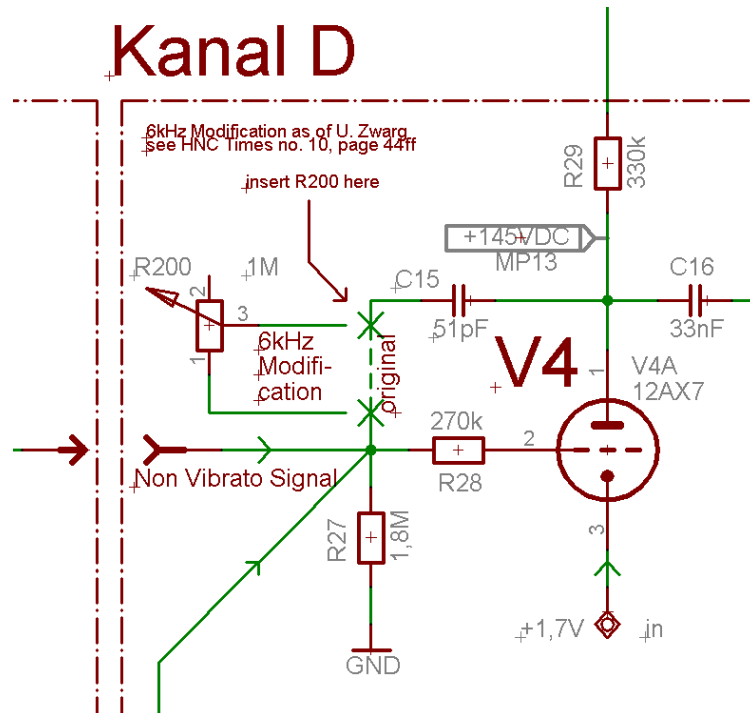


Abbildung 176: Schaltung der 6kHz-Modifikation nach U.Zwarg

Sein Erfinder ist Hammond-Techniker Ulrich Zwarg und beschrieben hat sie meines Wissens nach erstmalig Christoph Klug in der Hammond Nostalgie Times 10. Sie beinhaltet das Einfügen eines zusätzlichen 1M-Ohm-Trimmers in die Rückkopplung von V4. Das bewirkt eine einstellbare Höhenanhebung im Frequenzgang. Die Orgel klingt damit etwas brillanter.

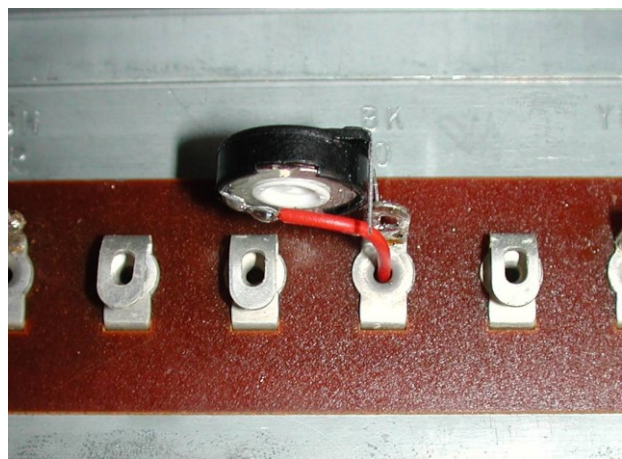
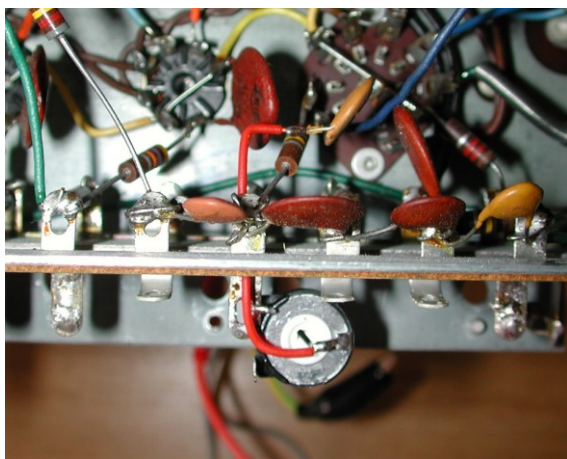


Abbildung 177: Fotos vom Einbau der Modifikation

Die spurlose Rückbaubarkeit sowie ihre geniale Einfachheit sind große Vorteile dieser Modifikation. Man kann das bereits vorhandene Bohrloch von Klemme D zur Durchführung der benötigten Leitung benutzen und Klemme D selbst als mechanischen Stützpunkt zum Anlöten des Trimmers.

Im Innern muss lediglich das Beinchen von C15 abgelötet und mittels eines kleinen Kabels (in Abbildung 177 links zu sehen, rotes Kabel, das durch die "Wand geht") zum außen liegenden Trimmer verlängert werden.

Die Maßnahme ist höchst wirksam, wie diese "in-situ" Frequenzgangsmessung zeigt. Im Prinzip gibt sie die Messung von Kapitel 20.1 wieder, diesmal jedoch mit 40mV_{eff} Eingangssignal gemessen und nicht nur mit 10mV_{eff}.

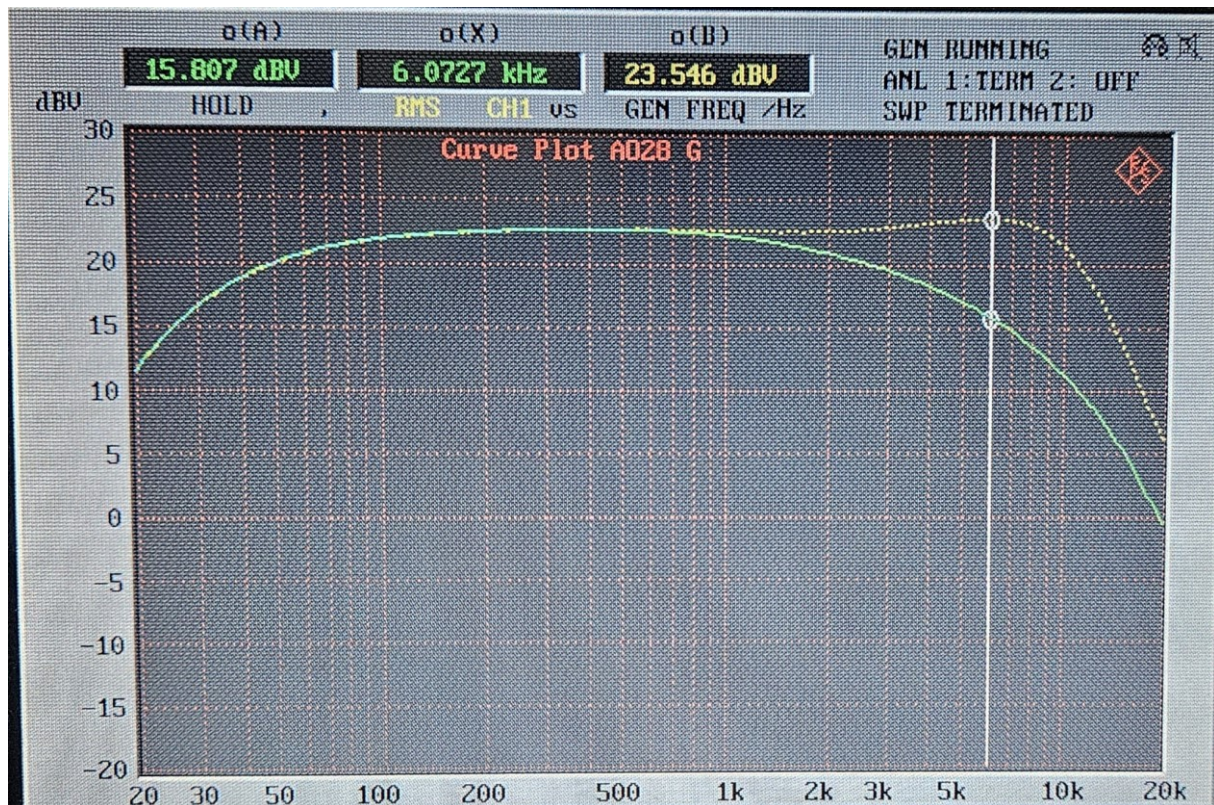


Abbildung 178: Frequenzgang A->G mit 0% und 100% Trimmereinstellung

Am 6kHz-Punkt kann bei vollständig aufgedrehtem Poti eine Erhöhung gegenüber Originalzustand von etwa 8dB gegenüber Original nachgewiesen werden. In der Praxis bedeutet das eine fast doppelt so laut empfundene Hörlautstärke. Ich persönlich drehe das Poti daher üblicherweise etwa nur zu 50% auf, je nachdem wie die Orgel in meinen Ohren für mich am Besten klingt. Übertreibt man es mit der Höhenanhebung, klingt die Orgel irgendwann zu "scharf" und unnatürlich. Aber auch das ist alles Geschmackssache. Viel hängt auch vom Leslie, dem Zustand seines verbauten Treibers (üblicherweise Jensen V21), aber auch von der Raumakustik an.

Nicht zuletzt hat auch die gewählten Generator-Referenzkurve einen großen Einfluss auf die Brillanz einer Orgel, siehe dazu Kapitel 26f.

Zur besseren Veranschaulichung hier noch ein Bild von außen, wie ich die 6kHz-Modifikation bei dieser Orgel umgesetzt habe. Zwei nicht benutzte Klemmen im AO-28 bieten guten Halt zum Einbau eines kleinen Trimmers, der mit etwas "schräger Schraubendreherakrobatik" durchaus gut erreicht werden kann.

Wie schon erwähnt, liegt der Vorteil dieser Variante u.a. darin, dass man sie notfalls auch komplett spurlos rückbauen kann, wenn man die Orgel verkaufen sollte und der Käufer viel Wert auf Originalität legen sollte.

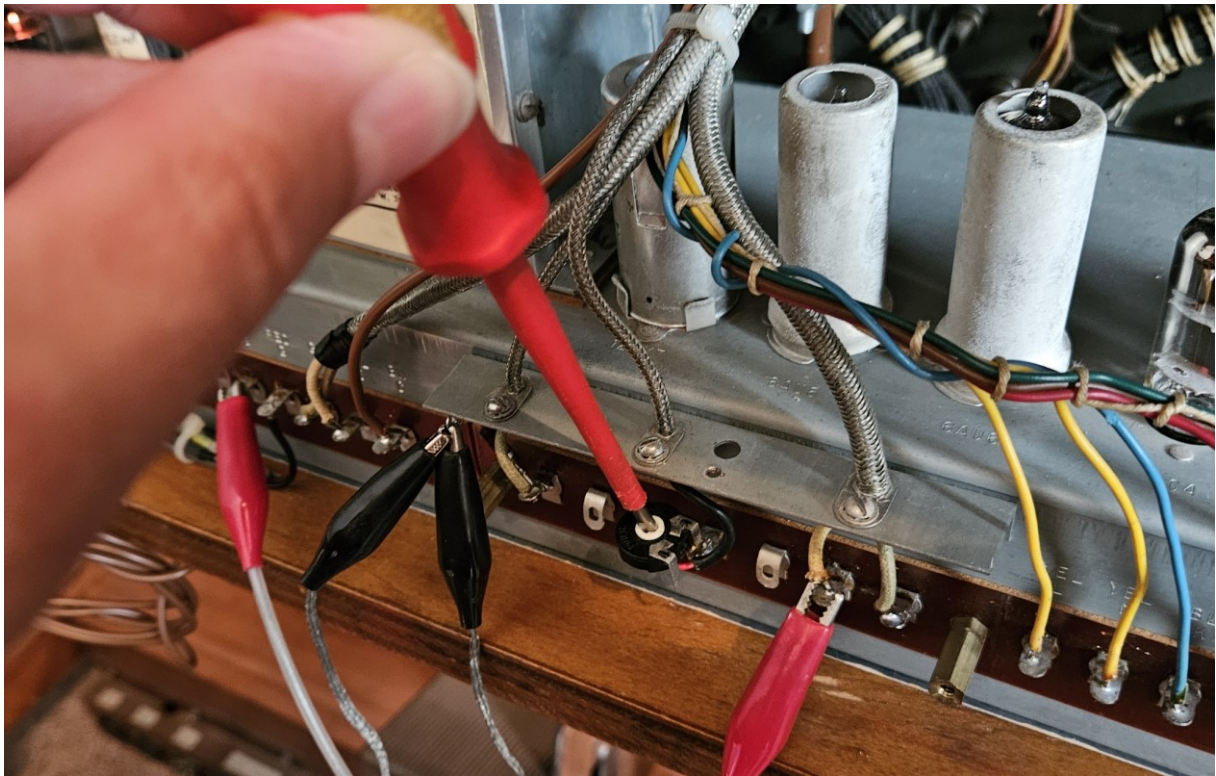
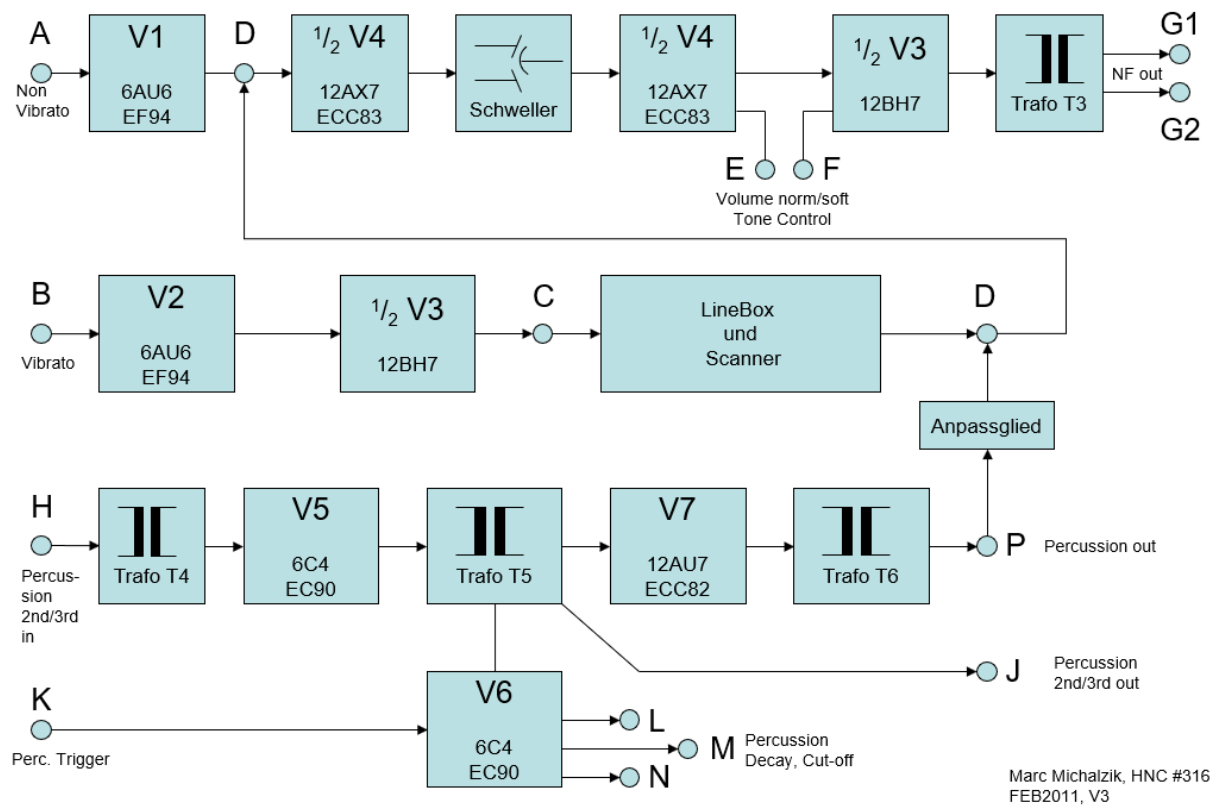


Abbildung 179: nachträglich eingebaute 6kHz-Modifikation nach Ulrich Zwarg

Blockschaltbild Hammond AO-28 Preamplifier



23 "Klemmende" Percussion

Ein bei unseren alten Hammondorgeln relativ häufig vorkommender Fehler ist es, dass die Percussion nicht mehr auslöst. Wie wir inzwischen wissen, wird die Erzeugung durch das Tippen einer etwa +30V großen Gleichspannung auf Masse ausgelöst. Dazu wird der 1Fuß-Zugriegel zweckentfremdet, der bei eingeschalteter Percussion nicht mehr des Übertragens von Tönen dient, sondern als "Triggerleitung" für die Percussion benutzt wird.

Hin und wieder kommt es vor, dass diese Triggerleitung (=Klemme "K" des AO-28) durch Zink-Dendriten, die sich auf der Oberfläche der verzinkten Gehäuseteilen der Hammond bilden, kurzgeschlossen ist. Wenn das passiert, ist das für die Percussion so, als sei ständig eine Taste gedrückt und sie löst nur noch genau ein einziges mal aus- dann nicht mehr.

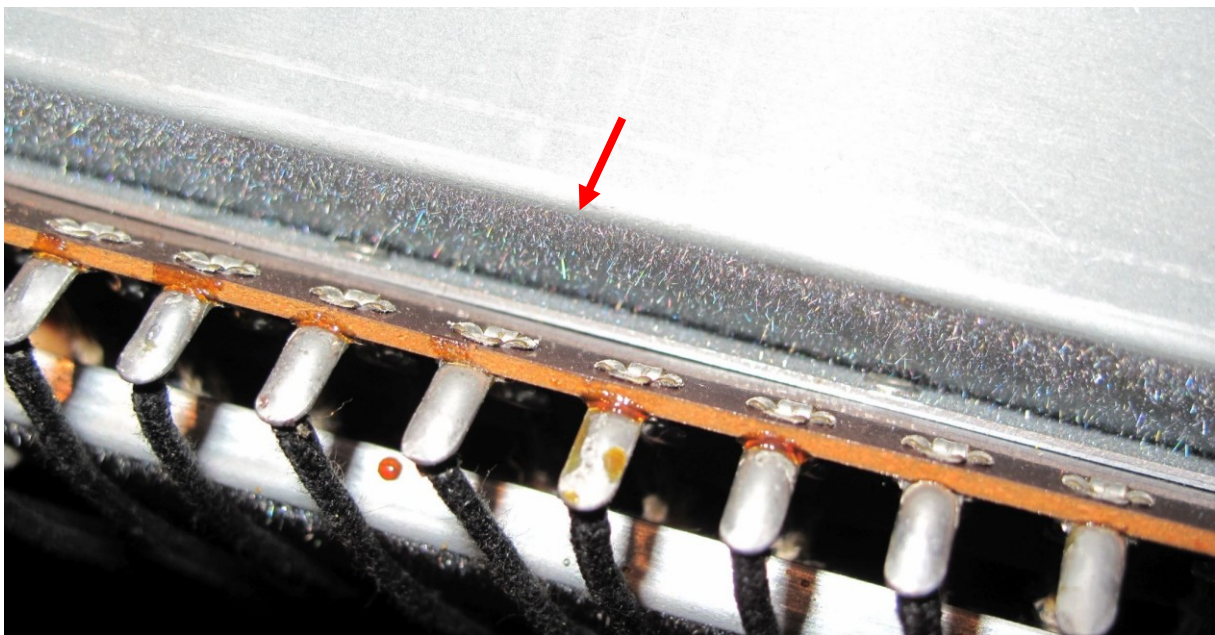


Abbildung 180: wachsende Zink-Dendrite an der Lötösenleiste einer RT-3

Die Dendrite bilden sich im Laufe der Jahrzehnte und "wachsen" so ähnlich wie kleine Eiskristalle aus dem Metall heraus. Sie sind hauchdünne Strukturen, sehen wie "Nadeln" oder "Spinnenweben" aus und können manchmal wirklich zentimeterlang werden, so dass sie sogar zwischen zwei Metallteilen Kurzschlüsse erzeugen (siehe Abbildung 180). Natürlich kann bei ihrem winzigen Durchmesser da nicht viel Strom durchfließen (sie sind hauchdünn, ähnlich wie ein Haar), aber um die Percussion-Triggerleitung dauerhaft kurz zu schließen, reicht es manchmal!

Ganz typisch für diesen Fehler ist es, dass man die Percussion genau ein einzige mal hören kann- nämlich beim Einschalten mit dem Rocker-Switch. Einmalig hört man den Ping (Voraussetzung: irgendeine Spieltaste gedrückt), dann aber nicht mehr. Der nächste erfolgreiche "Ping" ist es dann wieder zu hören, wenn man den Percussion-Schalter zwischenzeitlich auf "OFF" schaltet und dann erst wieder auf "ON". Der Fachmann ahnt in einem solchen Fall dann schon, was das Problem sein könnte: eine kurzgeschlossene Percussion-Triggerleitung durch Metall-Dendrite!

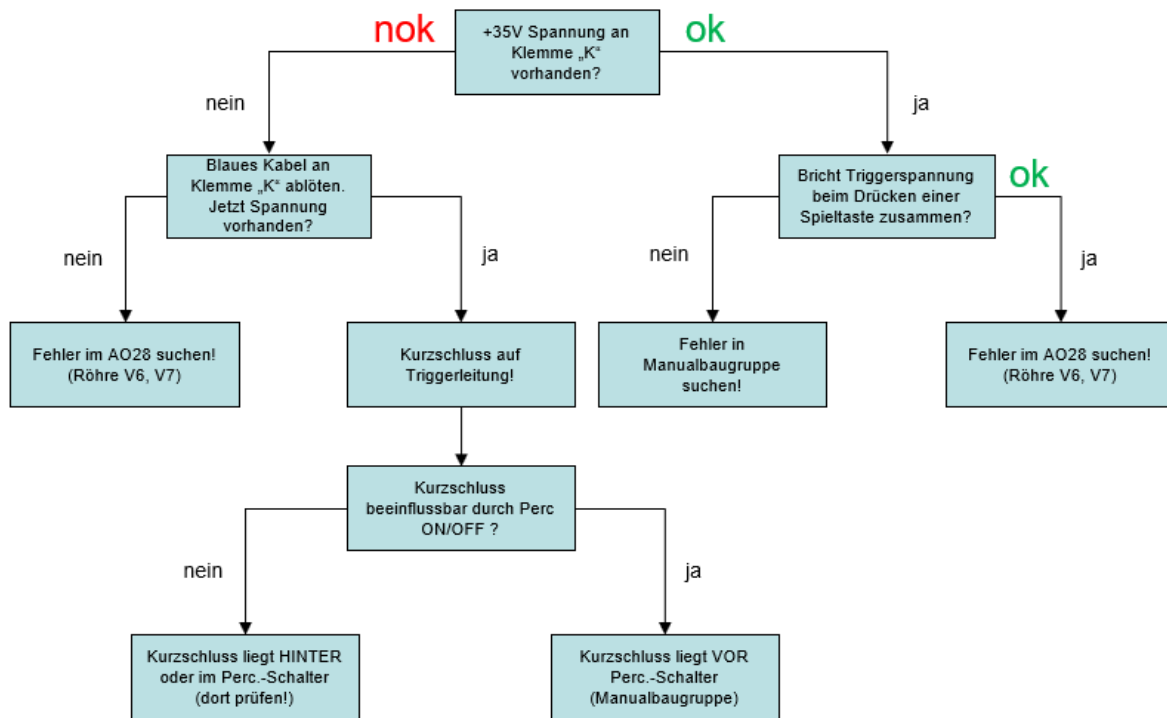


Abbildung 181: Fehlersuchbaum für defekte Percussions-Triggerleitung

Ich rate in so einem Fall zu einer systematischen Fehlersuche (siehe Abbildung 181).

Mit einem Multimeter prüfe ich dazu zuerst den Widerstand von an Klemme "K" gegenüber Masse. Das geht ganz leicht im ausgeschalteten Zustand der Orgel (d.h. stromlos, Netzstecker ziehen!).

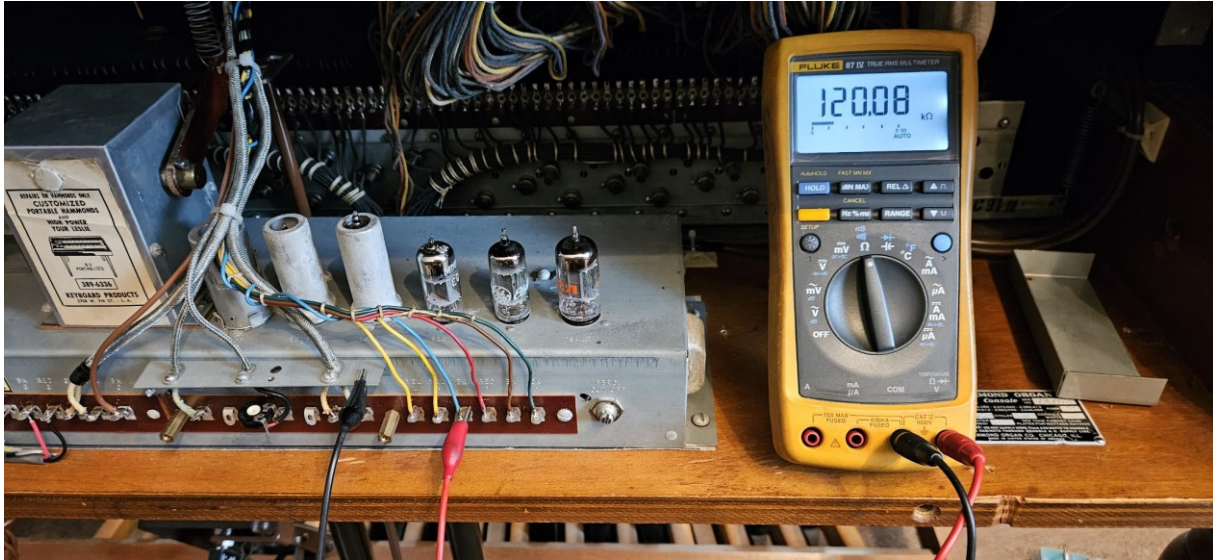


Abbildung 182: Widerstand Klemme K nach Masse prüfen

In diesem Fall messe ich an meiner B-3 120kOhm. Meine danebenstehende C-3 misst hier beispielsweise 110kOhm.



Abbildung 183: keine Taste gedrückt

Dann stelle ich mir das Multimeter gut sichtbar auf die Orgel, schalte die Percussion ein so wie aktiviere im Preset-Block den passenden Zugriegelblock (schwarze Taste H).

Dabei sollte sich der angezeigte Widerstand sich so gut wie nicht ändern.

Sobald ich eine Spieltaste drücke, muss der Widerstand an Klemme K auf deutlichst sinken. Bei meinen Orgeln kriege ich hier jeweils knappe 300 Ohm.



Abbildung 184: Taste im unteren Bereich gedrückt

Es gibt aber auch weiter oben ein paar Spieltasten, die etwas hochohmiger sind (irgendwas um die 500 Ohm). Das liegt daran, dass der Tongenerator intern je nach Tonrad verschiedene Beschaltungsarten benutzt, die alle unterschiedliche Innenwiderstände haben.

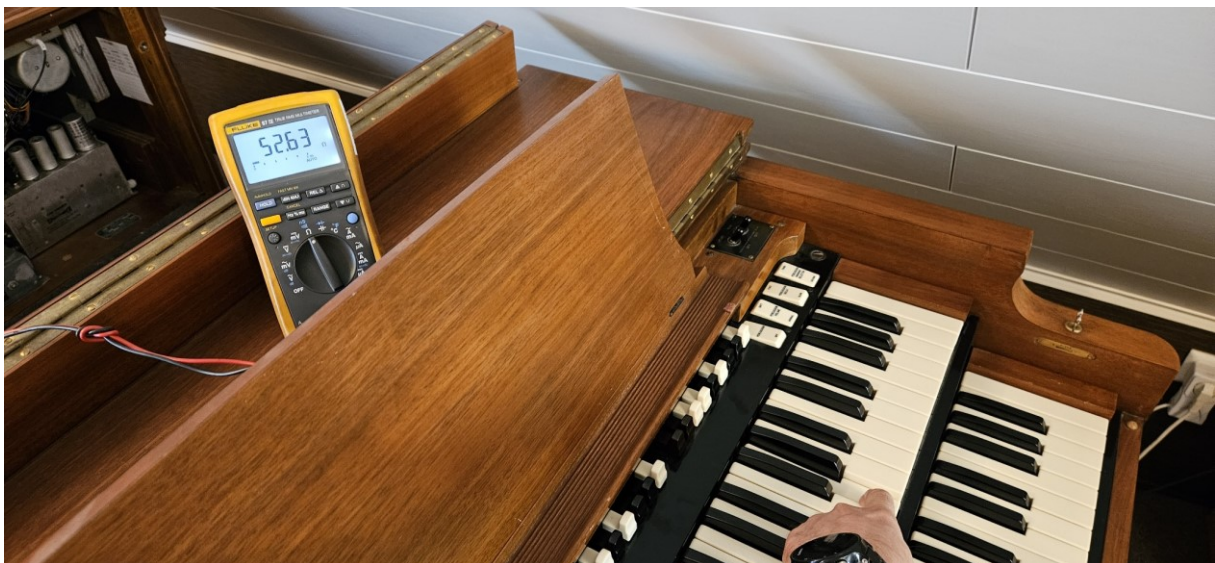


Abbildung 185: Taste im oberen Bereich gedrückt

Wichtig ist jedoch, dass hier bei gedrückter Taste Werte unter 100 Ohm herauskommen und bei losgelassener Taste Werte über etwa 100 kOhm.

Misst man auch OHNE gedrückte Spieltaste sehr niedrige Widerstände, könnte das auf Kurzschlussbrücken in der Manualbaugruppe (z.B. durch Dentrite) hindeuten!

Ist mit der Widerstandsmessung ein Kurzschluss gefunden, würde ich als nächsten Schritt die Leitung K ablöten und dann schauen, ob der Kurzschluss auf der K-Leitung liegt oder nicht vielleicht sogar aus dem AO-28 selbst kommt.

Eine alternative Methode ist die Messung der Triggerspannung an Klemme K. Der Messaufbau ist quasi derselbe; man muss lediglich das Multimeter auf DC-Spannungsmessung zu stellen und die Orgel einschalten.

Dort sollten ohne eine gedrückte Taste etwa gute +30V (gerne auch ein paar Volt mehr) anstehen.

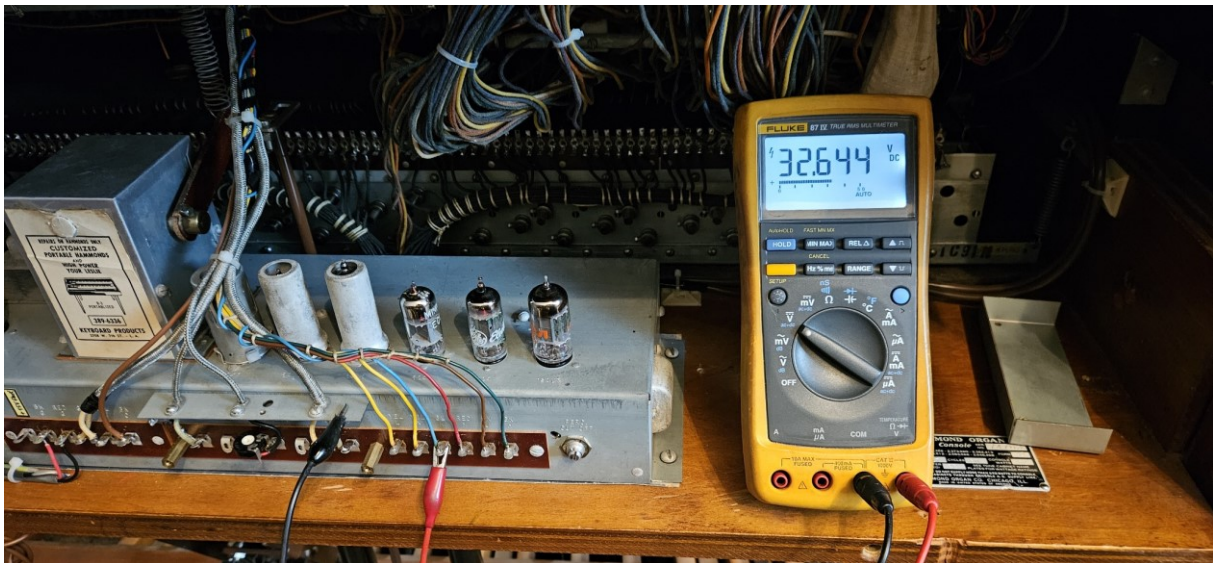


Abbildung 186: Spannung an Klemme K

Diese muss dann bei einer gedrückten Spieltaste (egal welcher) schlagartig zusammenbrechen. In meinem Beispiel von +32V auf unter 10 Milli-Volt.



Abbildung 187: Spannung bei gedrückter Taste

Tut es das nicht, kann auch das entweder durch einen Schaltungsdefekt im AO-28 selbst verursacht sein oder durch einen Kurzschluss außerhalb des AO-28.

Auch hier würde ich dann als nächstes das blaue Kabel an Klemme "K" ablöten. Verschwindet der Kurzschluss nun, -also stellen sich OHNE das angelötete Kabel an der Klemme "K" nun brav dort die +30V ein- scheint der AO-28 selbst ok zu sein. Der Kurzschluss scheint dann aus dem übrigen Teil der Orgel zu kommen.

Ist die blaue Leitung jedoch permanent niederohmig, gibt es mit hoher Wahrscheinlichkeit einen dauerhaften Kurzschluss in der Manualbaugruppe- beispielsweise durch Zink-Dendrite!

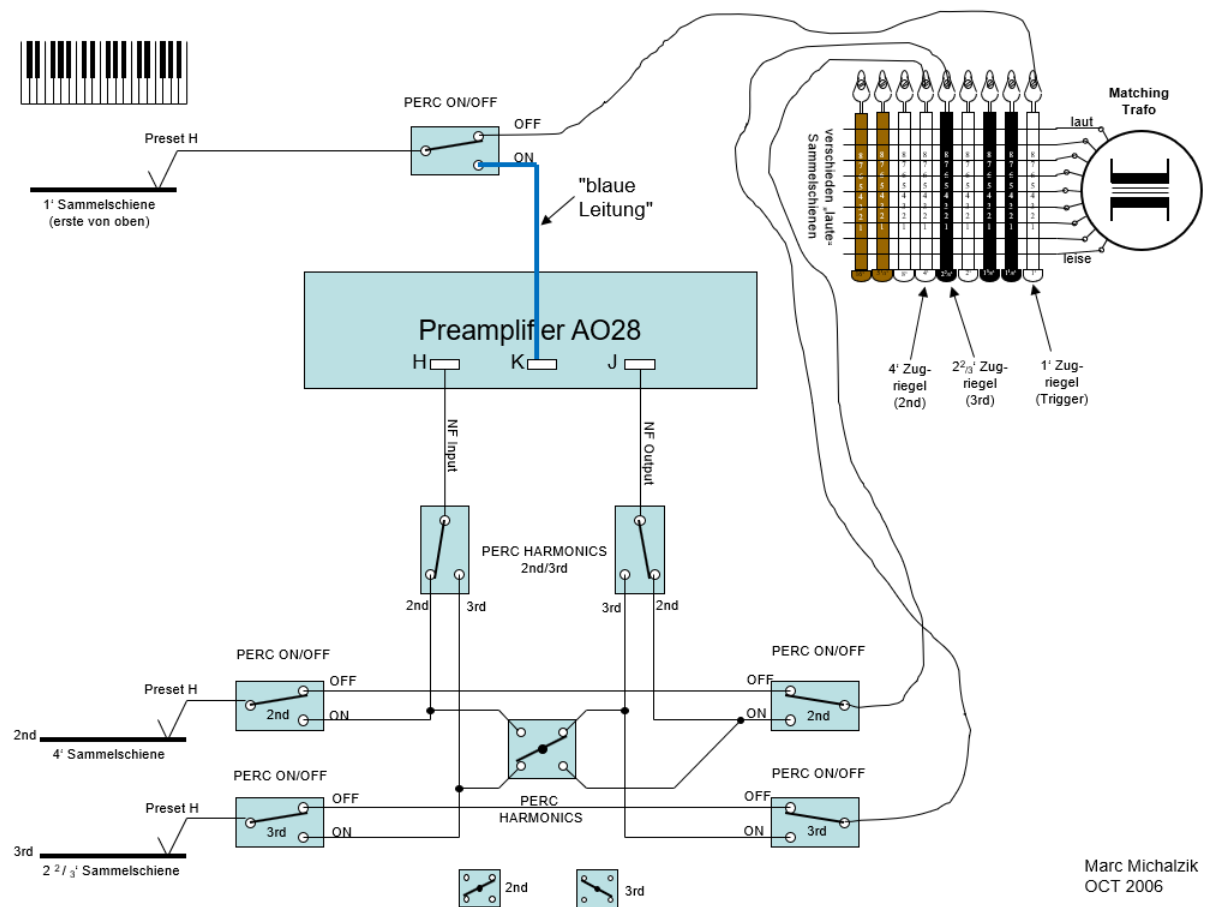


Abbildung 188: Übersicht Percussion-Schalter

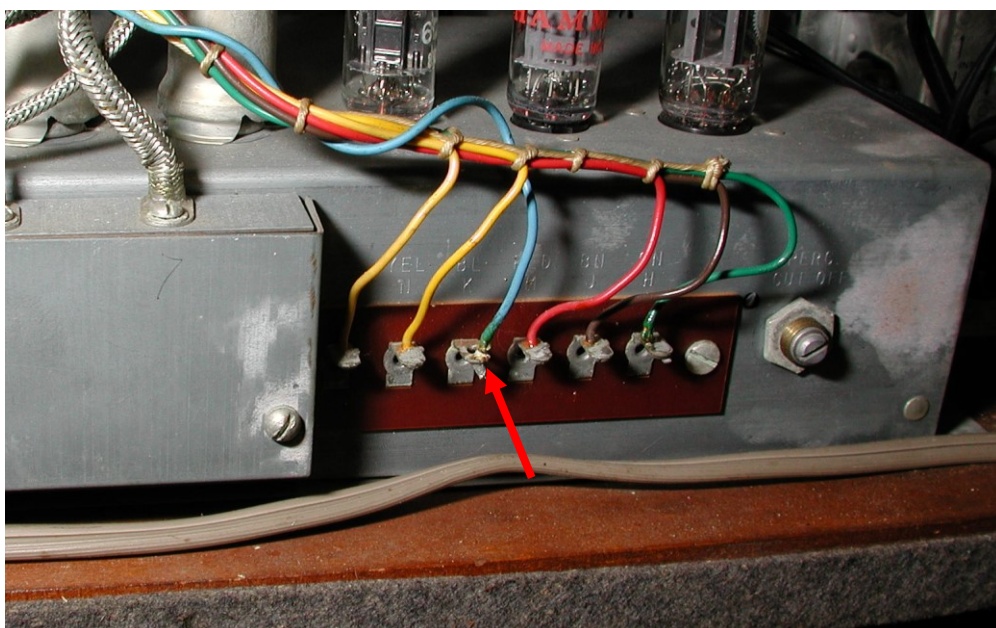


Abbildung 189: blaue Leitung an "Klemme K"

In so einem Fall sollte man eigentlich die Manualbaugruppe öffnen und prüfen, ob irgendwelche Metall-Dendrite vom Zink-Gehäuse auf die Tastaturkontakte oder die Sammelschiene gewachsen sind (siehe Kapitel 2) oder ob es andere für den Kurzschluss Gründe gibt.

Reparatur?

Die gute Nachricht ist: ja, so einen durch Denritwachstum verursachten Kurzschluss kann man durch eine einfache Reinigung wieder beseitigen. Das Problem ist lediglich, dass diese Reinigung recht aufwändig werden kann, denn dazu braucht man meistens Zugang zur Manualbaugruppe und ihren Tastenkontakten!

Daher hat sich oft eine alternative, etwas "rustikal" anmutende Methode entwickelt: das Wegbrennen der Dendrite!

Wenn man sich also wirklich sicher ist, dass es sich hier um einen durch Zink-Dendrite verursachten Kurzschluss handelt und nicht um irgendeine andere Ursache, dann könnte man eine kleine Stromquelle nehmen (z.B. eine 9V-Batterie) und damit die abgelötete Leitung K für ein paar Sekunden bestromen. Oft reicht die durch die Batterie gelieferte Energie aus, die feinen Dendrit-Härchen im Kurzschlussweg zum Aufglühen und damit sofort zum Verdampfen zu bringen- und damit den Kurzschluss dauerhaft zu beseitigen!

Die Methode ist super einfach, aber natürlich risikoreich: sobald der detektierte Kurzschluss vielleicht doch eine andere Ursache hat, könnte man damit auch enormen Schaden verursachen! Okay, mit einer 9V-Batterie vermutlich noch nicht, wer aber nach einem ersten Misserfolg beschließen sollte, die Behandlung mit etwas mehr Strom zu versuchen (z.B. Netzgerät oder gar Modellbau-Akku!), der sei gewarnt: insbesondere moderne Modellbauakkus können im Kurzschlussfall schon einmal schnell 100 Ampere Strom fließen lassen- mehr als genug Power für das Abbrennen von ganzen Tastaturkontakten oder sogar die Fingerkuppen des Anwenders, falls das Anschlusskabel dabei aufglühen und ihm Finger fallen sollte (kein Witz; 100A ist die Größenordnung, wo Elektroschweißen stattfindet!)

Meine Empfehlung daher:

Beim Messen mit einem Multimeter kann nicht viel schief gehen, daher ist die Widerstandsmessung der K-Leitung absolut sinnvoll. Sollte aber spätestens die Aktion mit der 9Volt-Batterie (die liefert sicherlich nicht viel mehr als max. 1 Ampere, da kann nicht viel passieren) nicht erfolgreich sein, bitte das Thema doch lieber an einen/eine Hammond Techniker*in übergeben!

24 Matching Transformer

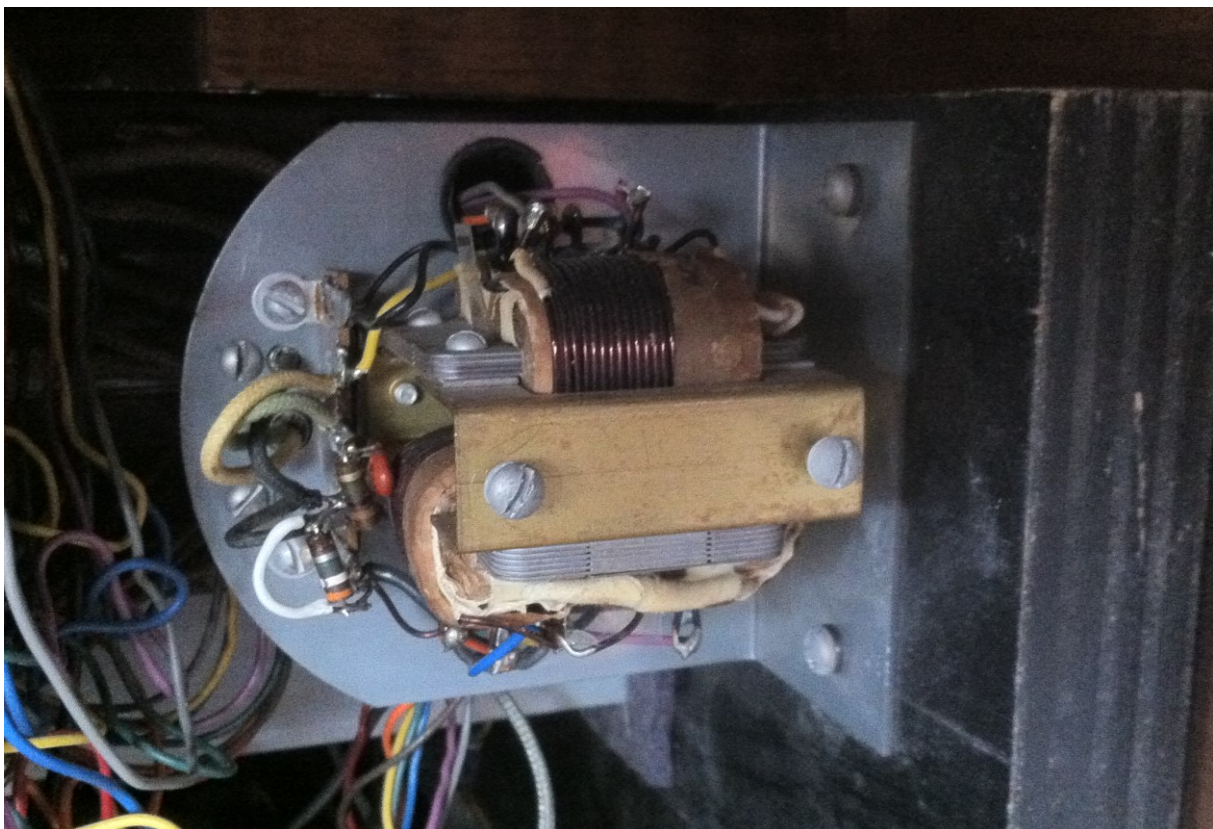
Ein sehr wichtiges, aber trotzdem oft unterschätztes Bauteil ist der „Matching Transformer“. Seine Aufgabe ist es, alle Einzeltöne verschiedener Zugriegelstufen zu einem Gesamtklang zu addieren. Es ist so etwas wie ein Audio-tauglicher Transformator mit verschiedenen Lautstärkestufen.

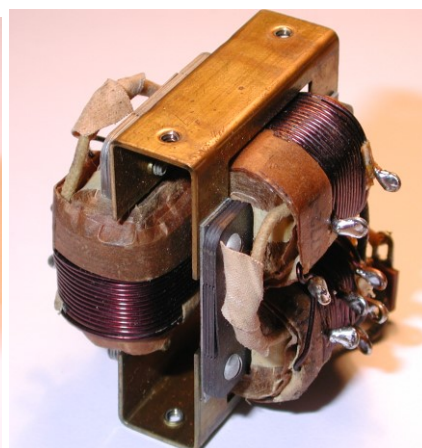
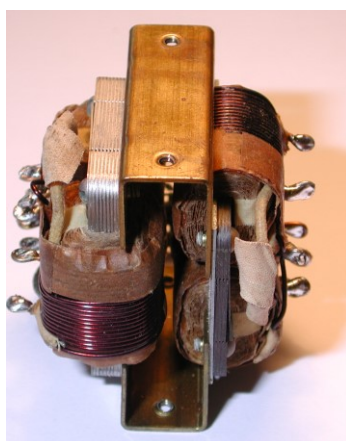
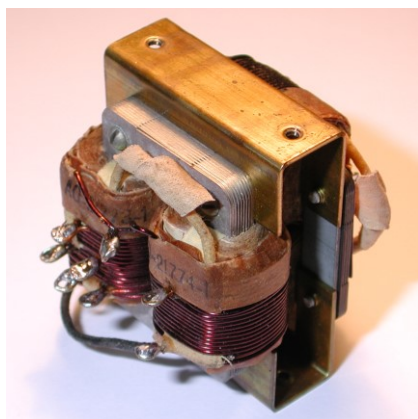
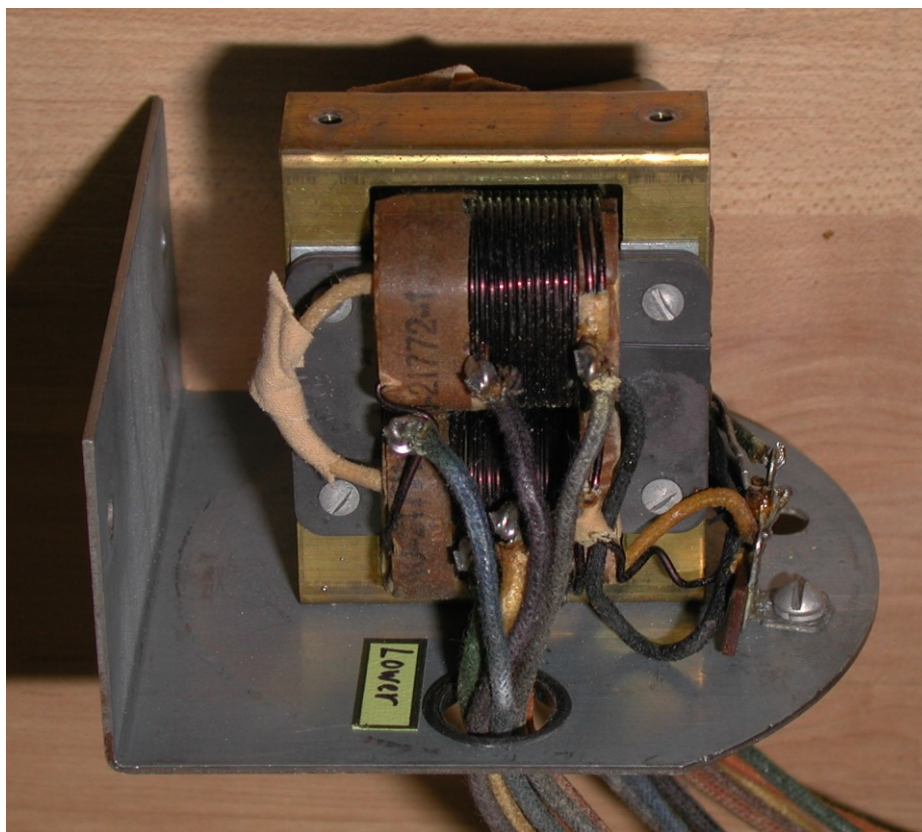
Hinter einer Metallhaube gut vor Störungen geschirmt, verrichtet er dort seinen Dienst. In Wirklichkeit ist der Matching-Trafo ein Doppeltrafo- jeweils einer für das Ober- und einer für das Untermanual. Vermutlich um eine bessere magnetische Entkopplung zu erreichen, sind beide 90° zueinander verdreht eingebaut.

Den Matching-Transformer kann man messen. Nicht nur seinen Frequenzgang, sondern auch die Lautstärkestufen der einzelnen Zugriegelpositionen.

Sollte der verwendete Tongenerator durch die induktive Last des Matching-Transformers eine ungewollte Schwingneigung entwickelt, empfiehlt es sich, einen 100Ohm-Widerstand zur Dämpfung zwischen Generator und Trafo einzuschleifen. Der Frequenzgang ändert sich in seinem Aussehen dadurch nicht- allerdings erhält man dadurch insgesamt etwas geringere Ausgangsspannungen am NF-Voltmeter.

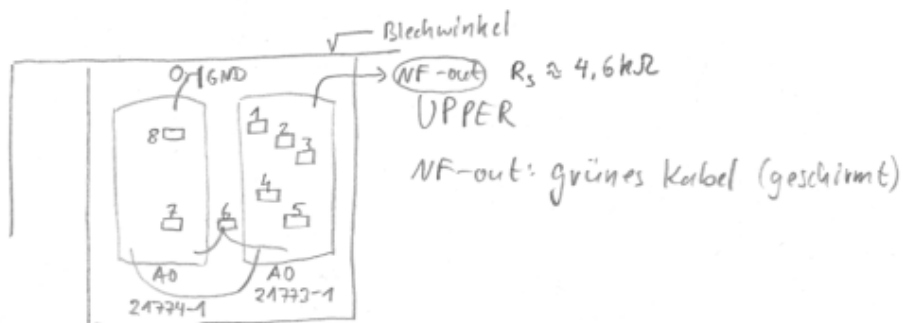
Measurement of the Matching Transformer's frequency response.
Measurement conditions as described in the "Faltappe" (R&S UPL, Rout = 100Ohm, Rin = 200kOhm parallel to 270kohms of AO-28, Uout= -26dBV, ect...)
Subject: Matching Transformer of Hammond B-3 "Rose", serial #74763





ANSCHLÜSSE AM MATCHING-TRAFO B-3

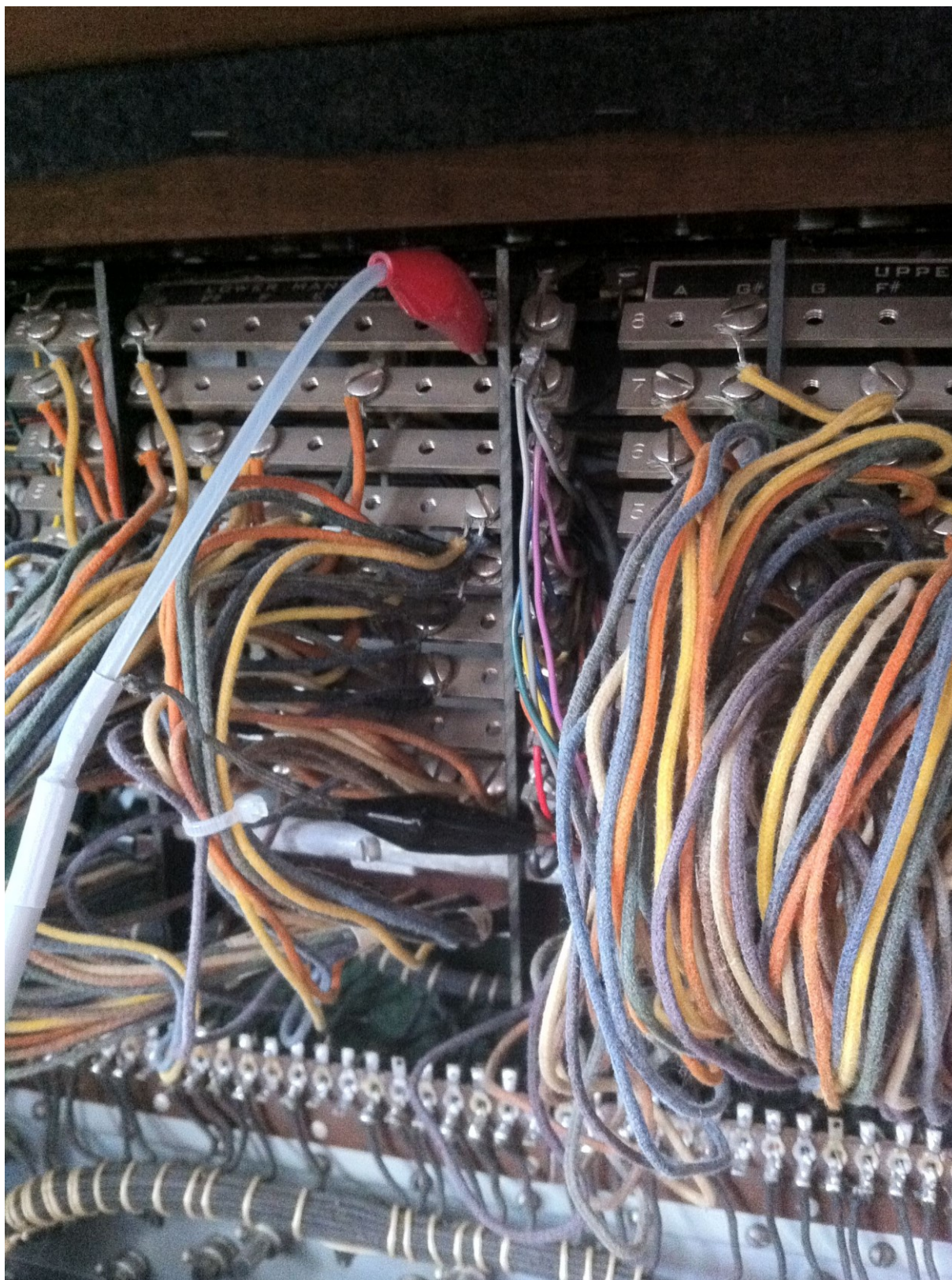
06 OCT 2006



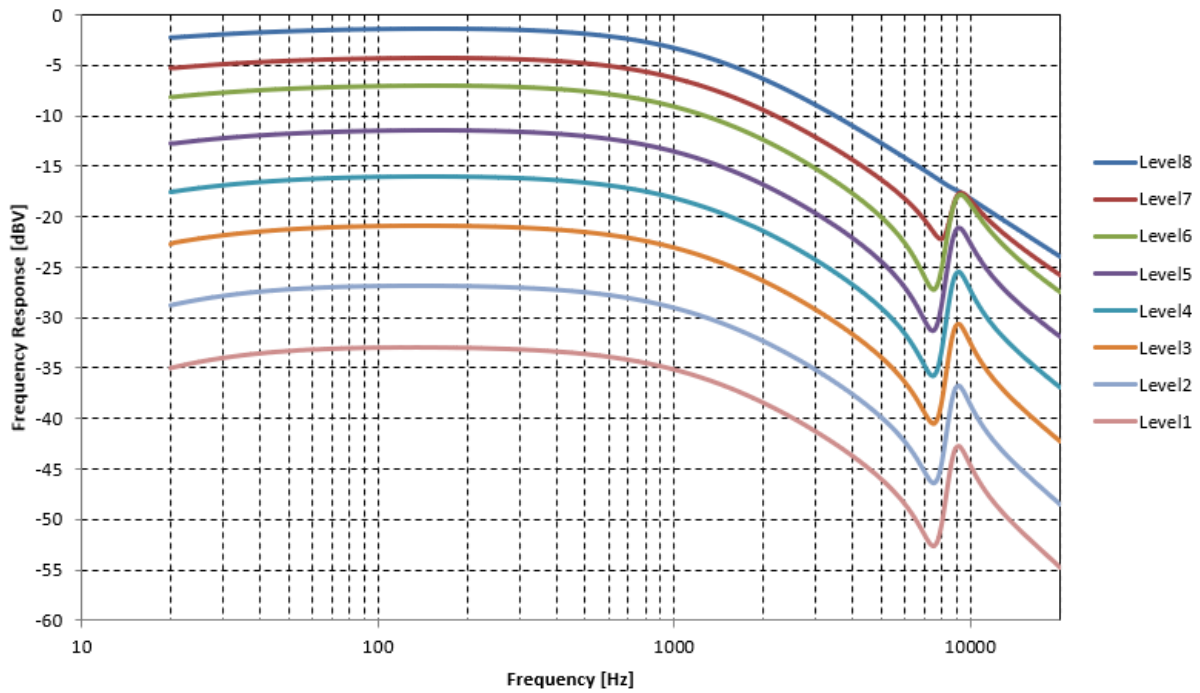
FARB-CODES

FARBE	ZUGRIFFEL- LAUTSTÄRKE	
Schwarz	0	
braun	1	$R_s \approx 0,01 \Omega$
rot	2	
orange	3	
gelb	4	
grün	5	
blau	6	
violett	7	
grau	8	$R_s \approx 0,1 \Omega$

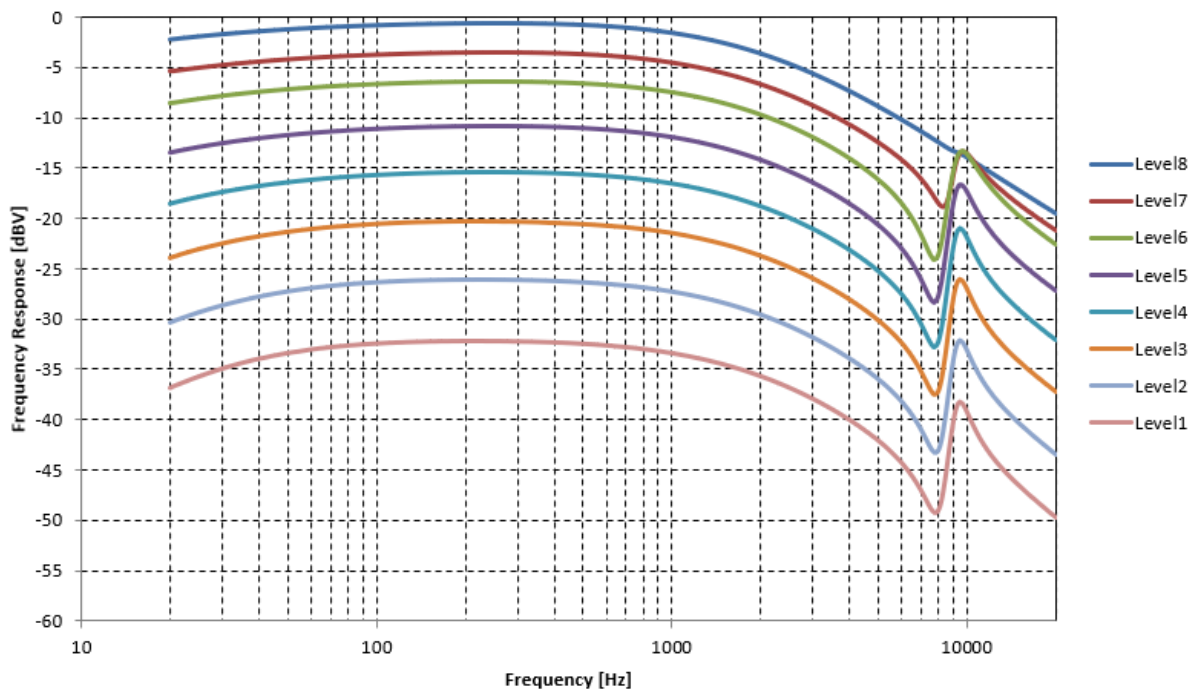
Einspeisung am Preset-Panet



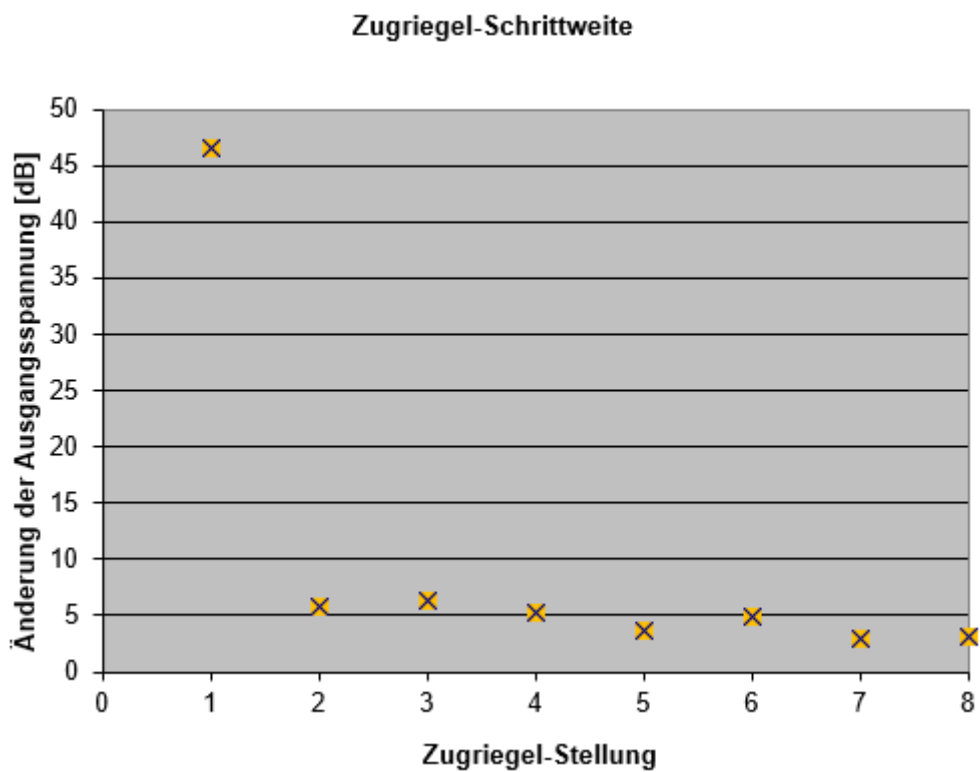
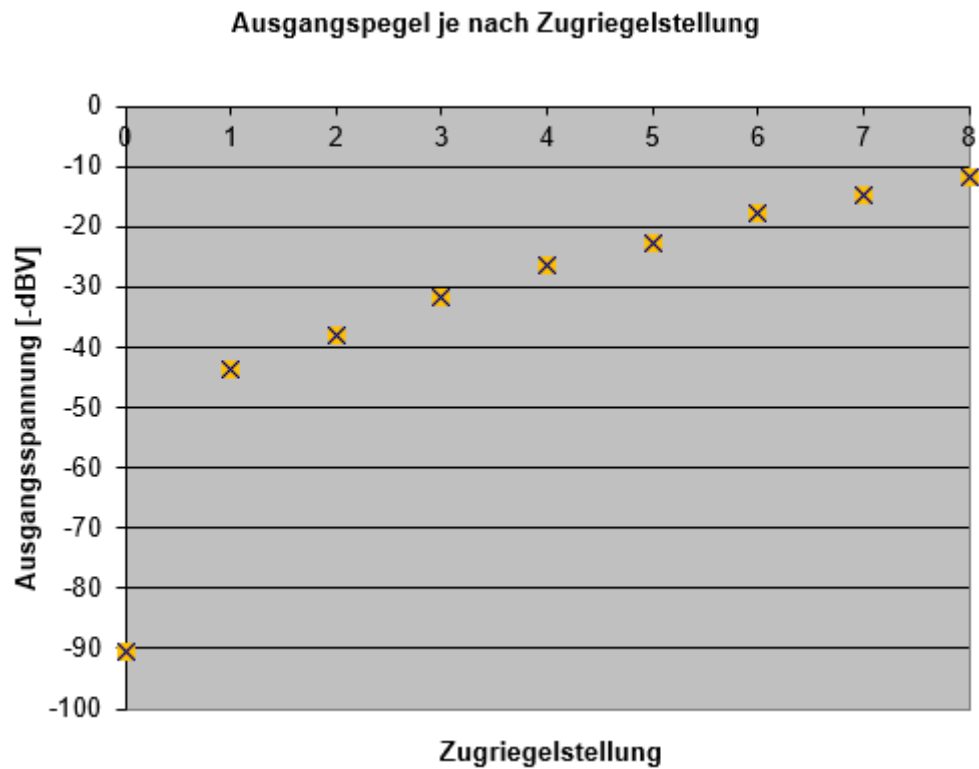
Matching Transformer Frequency Response "Upper Manual"



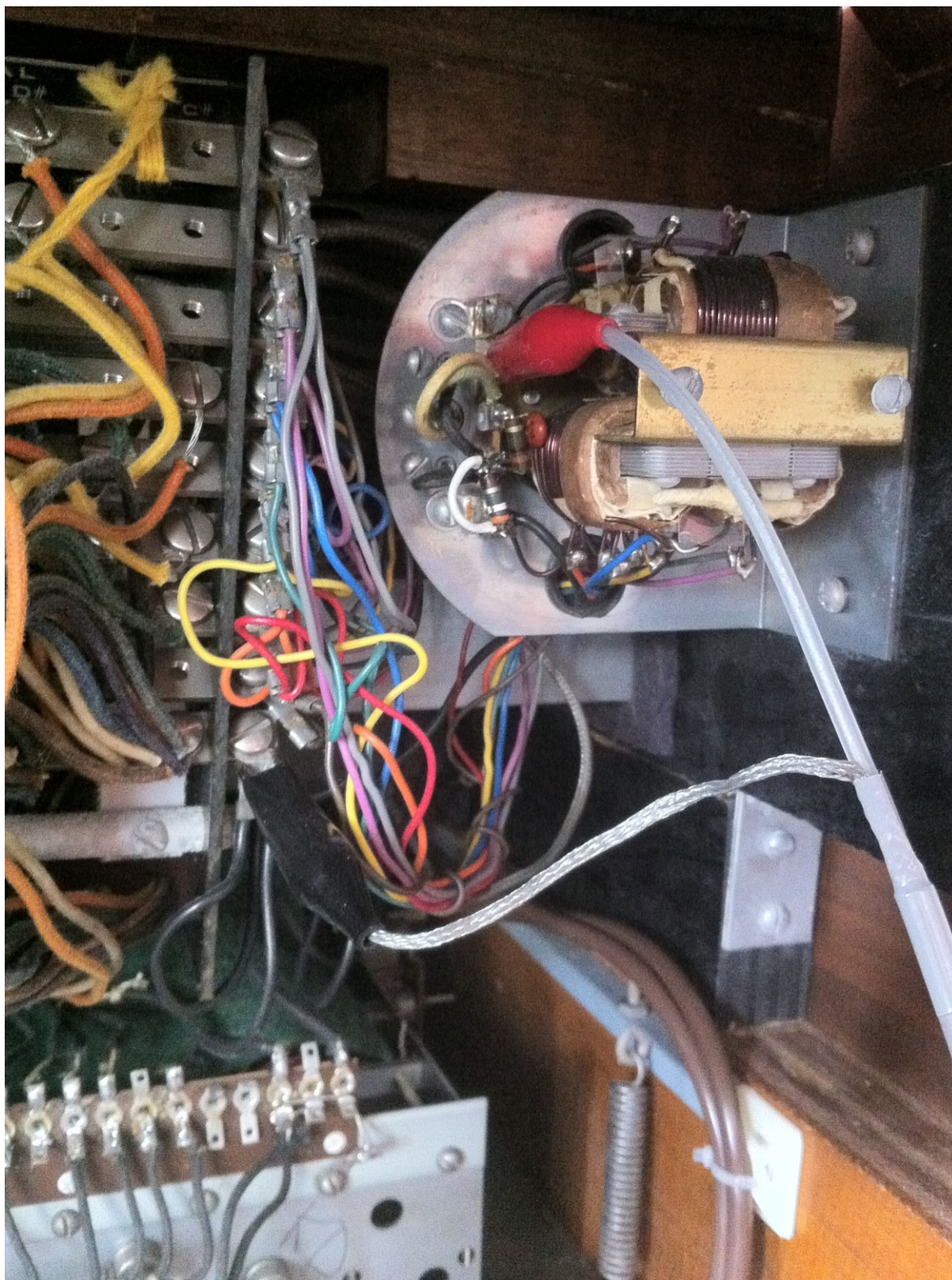
Matching Transformer Frequency Response "Lower Manual"

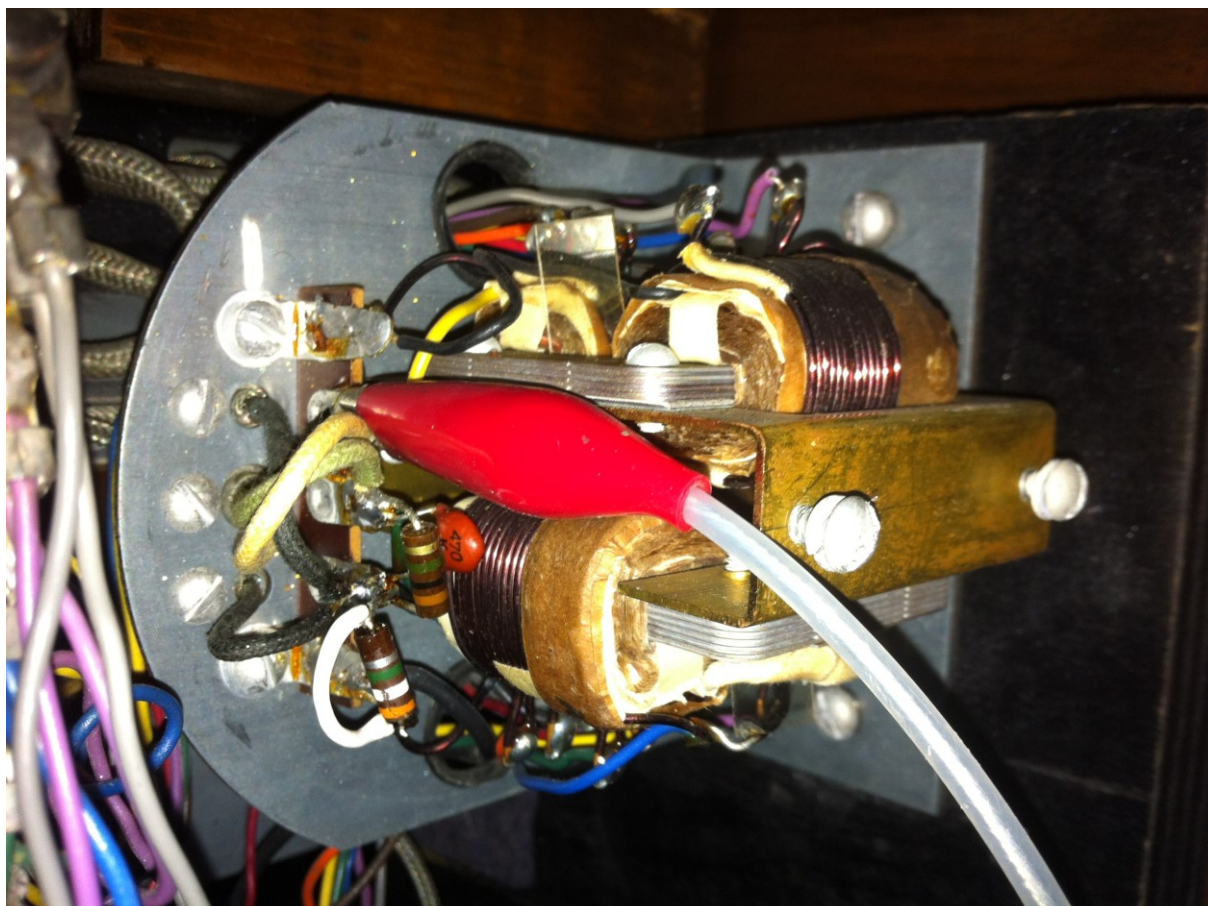


Zugriegelpositionen gemessen (Ton Nr. 49, auf Untermanual):



Abgriff





25 RC-Filter am Tongenerator

Es ist ohne Weiteres möglich, die im Hammond-Manual erwähnten RC-Filter nachzurüsten. Wichtig dabei: wie man in Abbildung 190 sehen kann, stellen sich nach dem Einbau der RC-Netzwerke erst einmal andere Ausgangsspannungen der Töne 37..48 ein, die durch Neuabgleich in dem Bereich wieder kompensiert werden müssen.

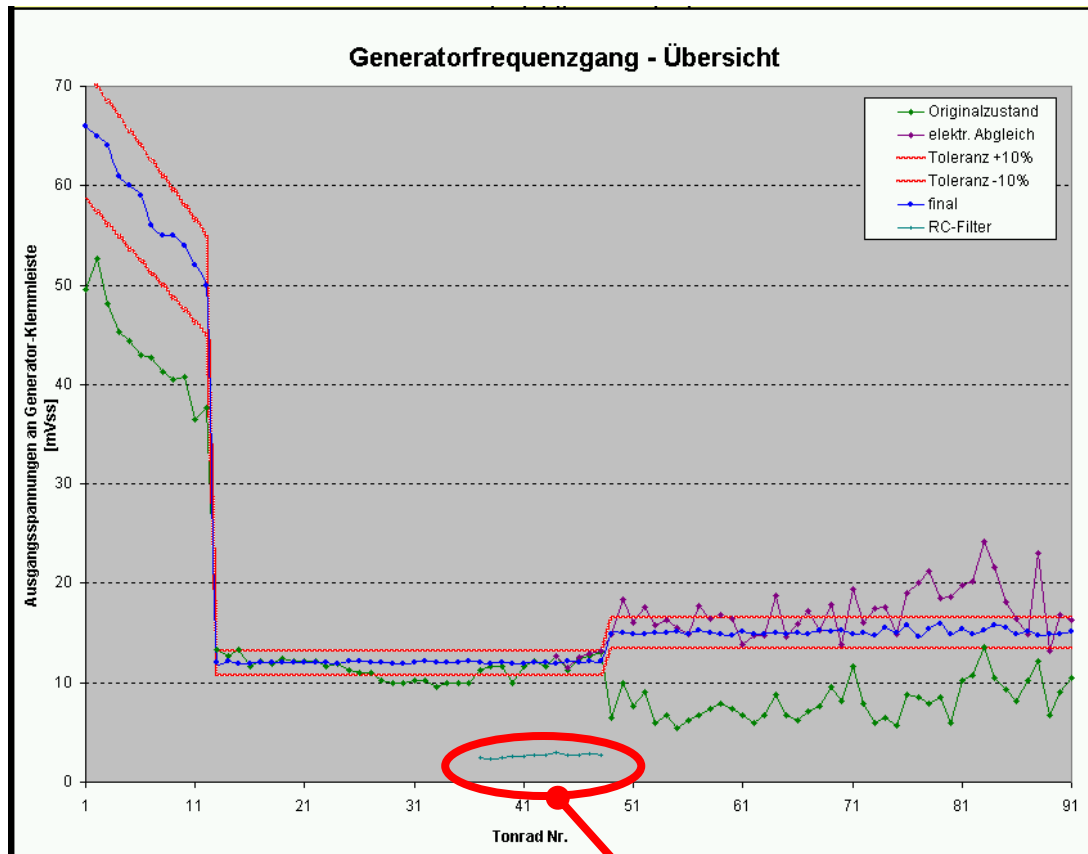


Abbildung 190: RC-Filter: Nachgleichen erforderlich

Im obigen Bild sieht man den Tongenerator einer Hammond B-2, in den ich nachträglich die RC-Filter eingebaut habe. Sofort fallen die Ausgangsspannungen der Töne 37 bis 48 durch die zusätzlichen Bauteile um etliche Millivolt nach unten.

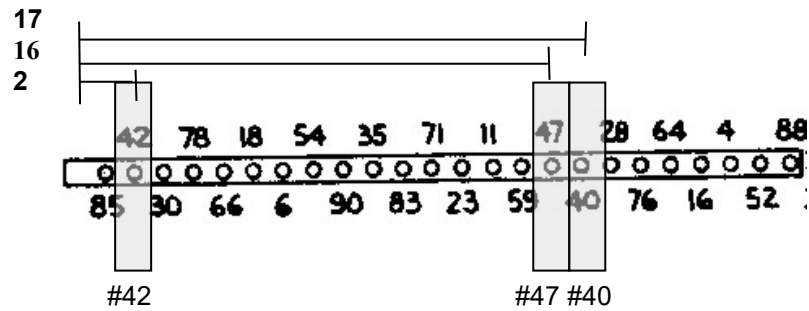
Das ist aber kein Problem- durch Verschieben dieser Magnetstifte erreicht man normalerweise die Sollwerte (12mV_{ss} bzw. $4,24\text{mV}_{\text{eff}}$)* wieder ohne Probleme.

* bei Verwendung der Zwarg'schen Referenzkurve

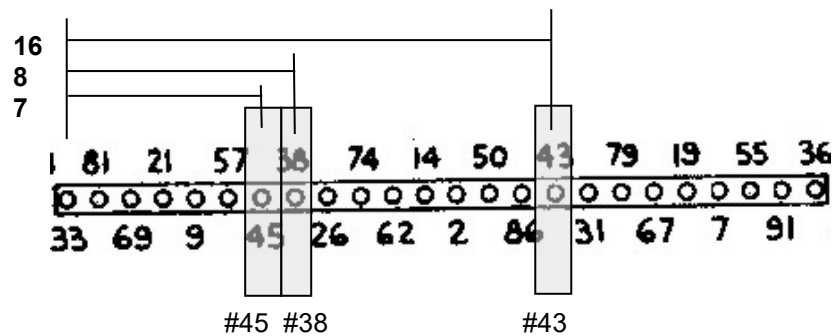
25.1.1.1. Einbauhinweise

Wer die RC-Filter nachrüsten möchte, freut sich vielleicht über die folgende Zusammenstellung. Sie zeigt die 4 Segmente der Generator-Anschluss-Lötösenleiste von links nach rechts. Die jeweiligen Kandidaten im Tonbereich 37 bis 48 sind zum besseren Auffinden hier farblich markiert. Die Angaben links helfen beim Abzählen der Lötösen (17 => "siebzehnter von links"; 2 => "zweiter von links", usw..).

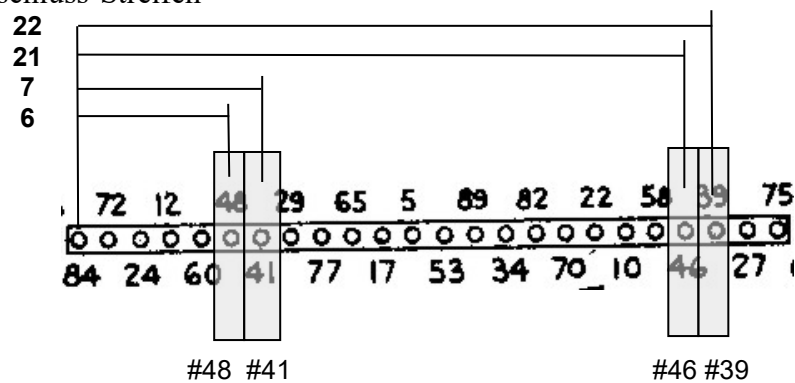
1. Generator-Anschluss-Streifen



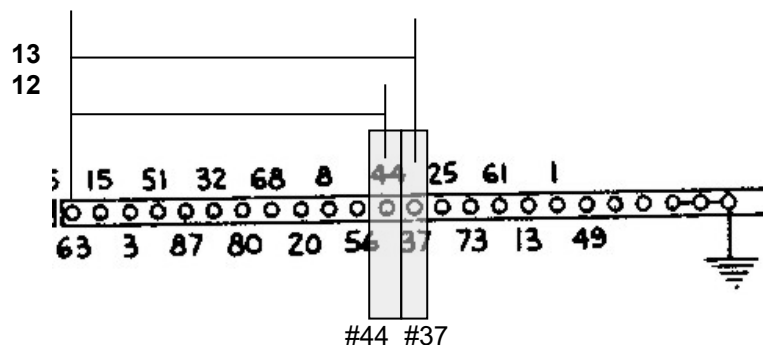
2. Generator-Anschluss-Streifen



3. Generator-Anschluss-Streifen



4. Generator-Anschluss-Streifen



25.1.1.2. Mechanische Ausführung

Bei mir habe ich als Kondensatoren 47 μ F-Elkos mit axialen Anschlüssen gewählt. Die kann man recht gut unterhalb der Lötösenleiste anbringen.

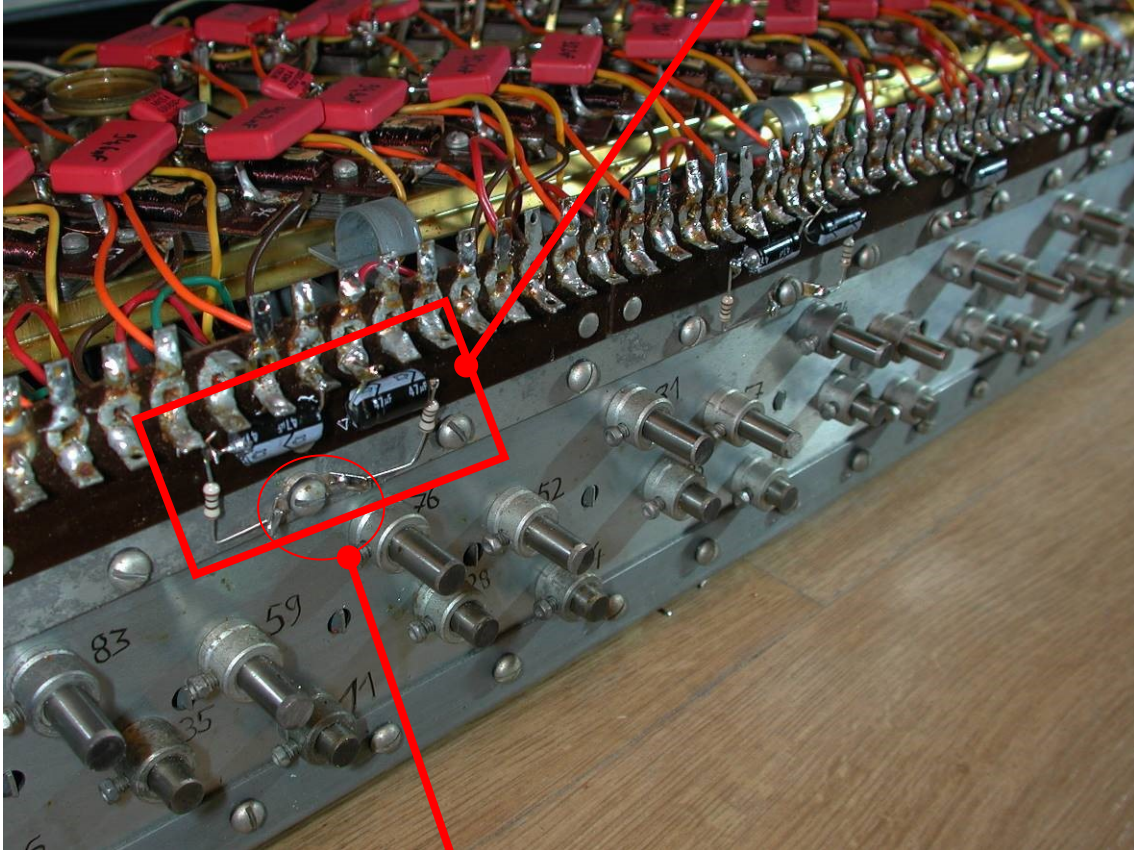


Abbildung 191: RC-Filter, nachträglich eingebaut

Damit man den Widerstand aber auch gut anlöten kann, empfehle ich, sich einen weiteren Masse-Fußpunkt zu bauen. Ich habe dazu die Befestigungsschraube unterhalb der Lötösenleiste gelöst, eine Lötöse (Elektronikbastlerbedarf) zwischengelegt und neu verschraubt. Daran kann man nun ganz wunderbar anlöten und das ganze Gebilde gewinnt auch an mechanischer Stabilität.

Wichtiger Hinweis:

Ich beschreibe hier nur den technischen Einbau der RC-Filter. Ob sie einem klanglich gefallen, muss allerdings jeder tatsächlich für sich selbst entscheiden! In meiner Bühnenorgel hatte ich die nachgerüsteten Filter am Ende sogar wieder ausgebaut, weil mir der Klang danach im Mittenbereich am Ende etwas "drucklos" vorkam. Aber wie gesagt- das ist alles Geschmacksache (und möglicherweise auch sogar Tongenerator-abhängig).

26 Alternative Generator-Frequenzgänge!

Als wir den ersten Teil des Hammond-Technikhandbuches schrieben, war uns lediglich eine einzige Generator-Frequenzgangskurve bekannt: nämlich die 12/15mV_{ss} nach seinem Erfinder Ulrich Zwarg.

Dass die auch in der Praxis funktioniert, beweisen alle unsere Orgeln, die ich auch genau danach eingestellt habe. Lange Zeit war das für mich die einzig bekannte "Wahrheit"!

Im Laufe der Zeit jedoch habe ich auch einmal einige andere Tongeneratoren messen dürfen. Und auch solche, die bereits Folienkondensatoren in den Generatoren hatten (die typischerweise sehr viel langzeitstabiler sind als die Feuchtigkeit ziehenden Wachskondensatoren). Die Generatoren waren zudem nachweisbar noch nie verändert oder nachjustiert worden. Bis auf die unvermeidbaren Alterungseffekte sollten sie also noch heute den "Werkabgleich" haben!

Das fand ich natürlich spannend, also habe ich drei verschiedene Orgeln gemessen, die mir damals noch von HNC-Clubgründer Dieter Enners (†) klanglich empfohlen wurden. Heraus kam das da (Orgeln hier absichtlich anonymisiert):

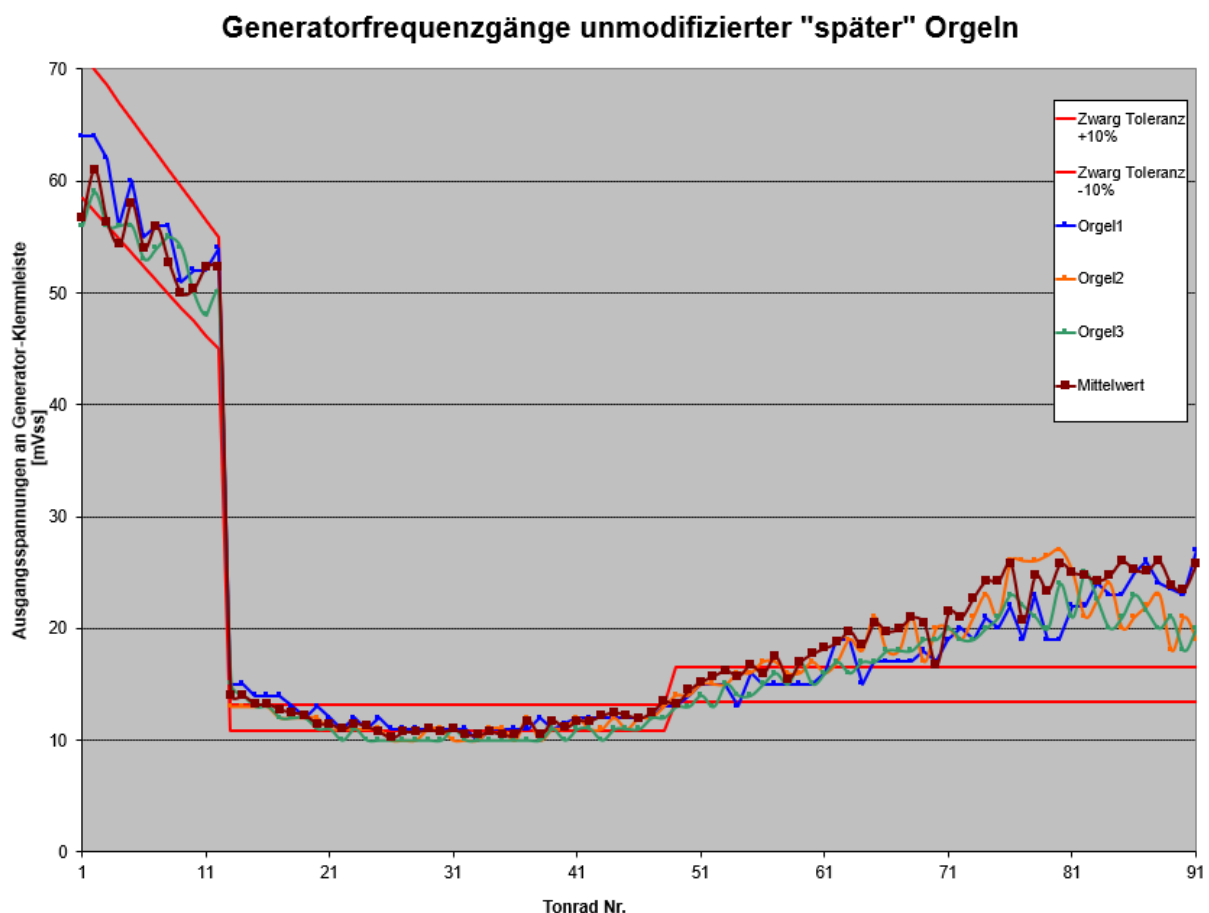


Abbildung 192: alternative Generatorfrequenzgänge

Die ebenfalls eingezeichneten roten Linien stellen den Korridor des Zwarg'schen Generatorfrequenzgangs mit seinem +/- 10% Toleranzschlauch dar.

Man sieht sehr deutlich, dass sie insbesondere ab ca. Ton Nr. 55 (entspricht ca. 750Hz) nicht mehr so recht in den Zwarg'schen Toleranzschlauch passen wollen, sondern zu den Höhen hin deutlich stärker ausgeprägt sind. Eine Alternative, die eher "rund" und kontinuierlich aussieht und keinen harten Pegelsprung in der Mitte hat wie bei Zwarg.

Wenn ich ehrlich bin, kann ich dieser "runden" Referenzkurve durchaus etwas abgewinnen, denn es sieht für mich -rein subjektiv- etwas "natürlicher" aus. Ein abrupter Sprung von einer Spieltaste auf die andere von 12mVss auf 15mVss mag in der Praxis kaum hörbar sein (rein rechnerisch sind das nur etwa 2dB; man bedenke bitte auch, dass wir hier direkt am Generator messen: weder Verharfung noch AO-28-Frequenzgang sind hier berücksichtigt). Trotzdem: ein kontinuierlicher Frequenzgangsverlauf, so wie man ihn auch bei Kon's TG Data Seite im Internet findet, erscheint mir durchaus möglich!

So richtig "wissen" tut es übrigens keiner: nach so vielen Jahren wird man einen originalen Werks-Generatorfrequenzgang kaum mehr zweifelsfrei rekonstruieren können. Zu viel kann sich da verändert haben- nicht nur die Kondensatoren, sondern auch der Magnetismus in den Magnetstiften, so dass heutzutage alles, was wir messen, von diesen Alterungseffekten beeinflusst ist.

Wir können lediglich wie ein Historiker scharf beobachten und vermuten, wie Hammond den Abgleich damals gemacht haben könnte. Einen kontinuierlichen Frequenzgang halte ich als aus akustischen Gründen für vorteilhaft; einen "linearen" -so wie nach Zwarg- für einfacher in der Produktion umsetzbar (zumindest mit den Messmitteln von damals und auch den Menschen, die das vermutlich alles händisch Wert für Wert abgleichen mussten).

Doch die Zwarg-Kurve ist am Ende der "runden" Kurve gar nicht mehr so fern: kombiniert man den Zwarg-Generatorfrequenzgang mit der von ihm ebenfalls vorgeschlagenen 6kHz-Hochtonanhebung im AO-28 (siehe Hammond-Technikhandbuch Teil1), kommen wir dieser "runden" Referenzkurve schon deutlich näher!

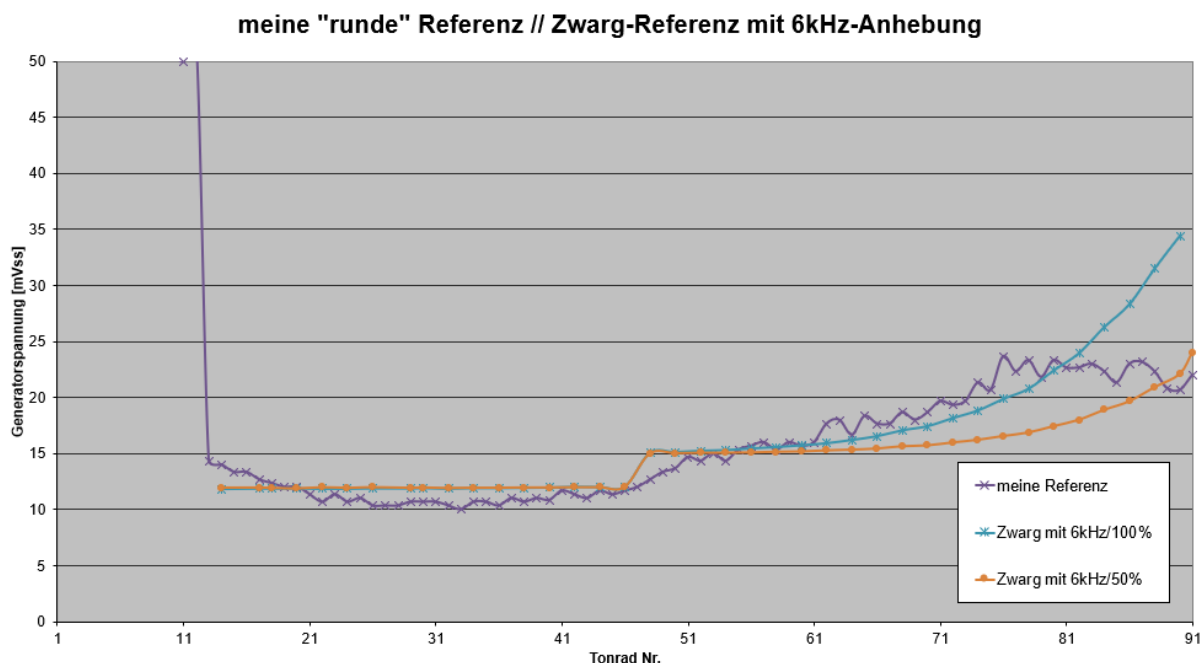


Abbildung 193: Vergleich der Zwarg-Referenz mit meinen Messungen

In Abbildung 193 habe ich die Zwarg-Referenzkurve genommen (die mit den 12/15mV_{ss}) und dort den **Einfluss der 6kHz-Anhebung mit eingerechnet**. Und zwar habe ich das für die zwei Potistellungen 50% und 100% gemacht (die 6kHz-Anhebung ist stufenlos einstellbar).

Hat man das gemacht, kann man zurückrechnen, wie die Referenzkurve eines virtuellen Tongenerators aussähe, der diese 6kHz-Anhebung quasi in seinen Frequenzgang bereits mit "einkalibriert" hätte. Auch wenn diese Kurve ("Zwarg mit 6kHz/100%") am Ende Tonradspannungen von fast 35mV_{ss} erfordern würde und ich mir gar nicht mehr sicher bin, ob man solch hohe Spannungen auch in der Praxis noch mit jeder Orgel durch Abgleich herausquetschen könnte, so zeigt sie erst einmal einen Verlauf, der nun auch im oberen Tonbereich meiner gemessenen "runden Kurve" deutlich näher kommt.

Abschließend kann man wohl zusammenfassen, dass es die "eine Wahrheit" bei Hammondorgeln vermutlich nicht gibt. Auch Hammond selbst scheint nicht immer nur den "einen" Generatorfrequenzgang verwendet zu haben, sondern hat vermutlich auch bestimmte Serien mit anderen Abstimmungen gefertigt. Zumindest deutet Vieles darauf hin, wenn man das Internet einmal nach Hammond-Generatorfrequenzgängen durchstöbert.

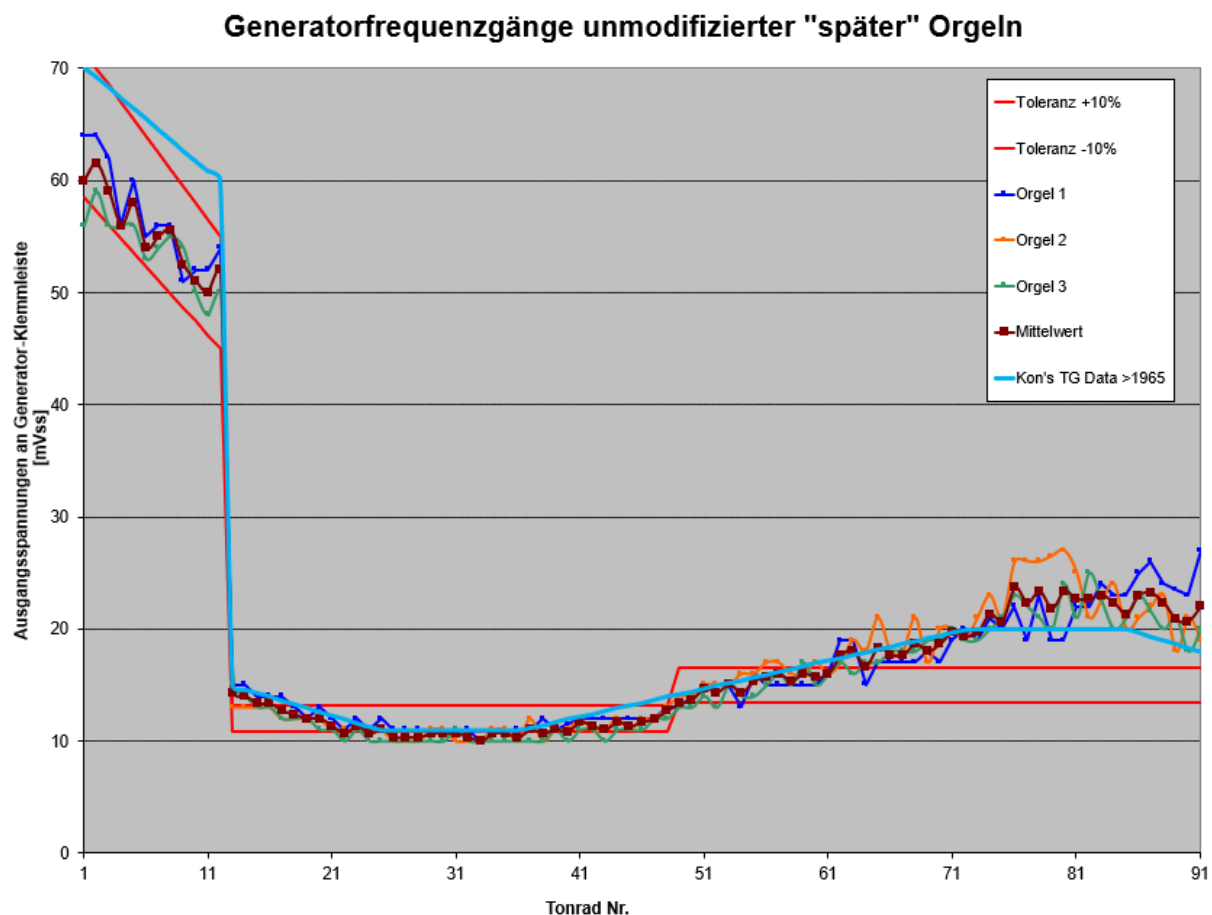


Abbildung 194: alle drei im Vergleich: Zwarg, meine "runde" und Kon's TG Data Kurve

Abschließen möchte ich das Thema mit einem kleinen Überblick. In Abbildung 194 sehen wir das Ergebnis meiner eigenen Orgel-Messungen ("Mittelwert") zusammen mit der Zwarg'schen Referenz sowie der Kurve, die unter Kon's TG Data >1965 im Internet veröffentlicht wurde. Insbesondere Kon kommt meiner eigenen gemessenen Kurve doch schon recht nahe, so dass sich auch für mich die Hinweise verdichten, dass sich so ein runder Frequenzgang dem -ursprünglich von Hammond justierten- Werks-Frequenzgang schon ziemlich nahe kommen könnte.

Auch das Abgleichtool von Carsten Meyer (keyboardpartner.de) scheint sich an der Kon'schen Referenzkurve orientiert zu haben. Wenn ich die dort hinterlegte Referenzkurve in mein Excel-Diagramm mit eintrage, gibt es nur vernachlässigbar kleine Unterschiede zu Kon:

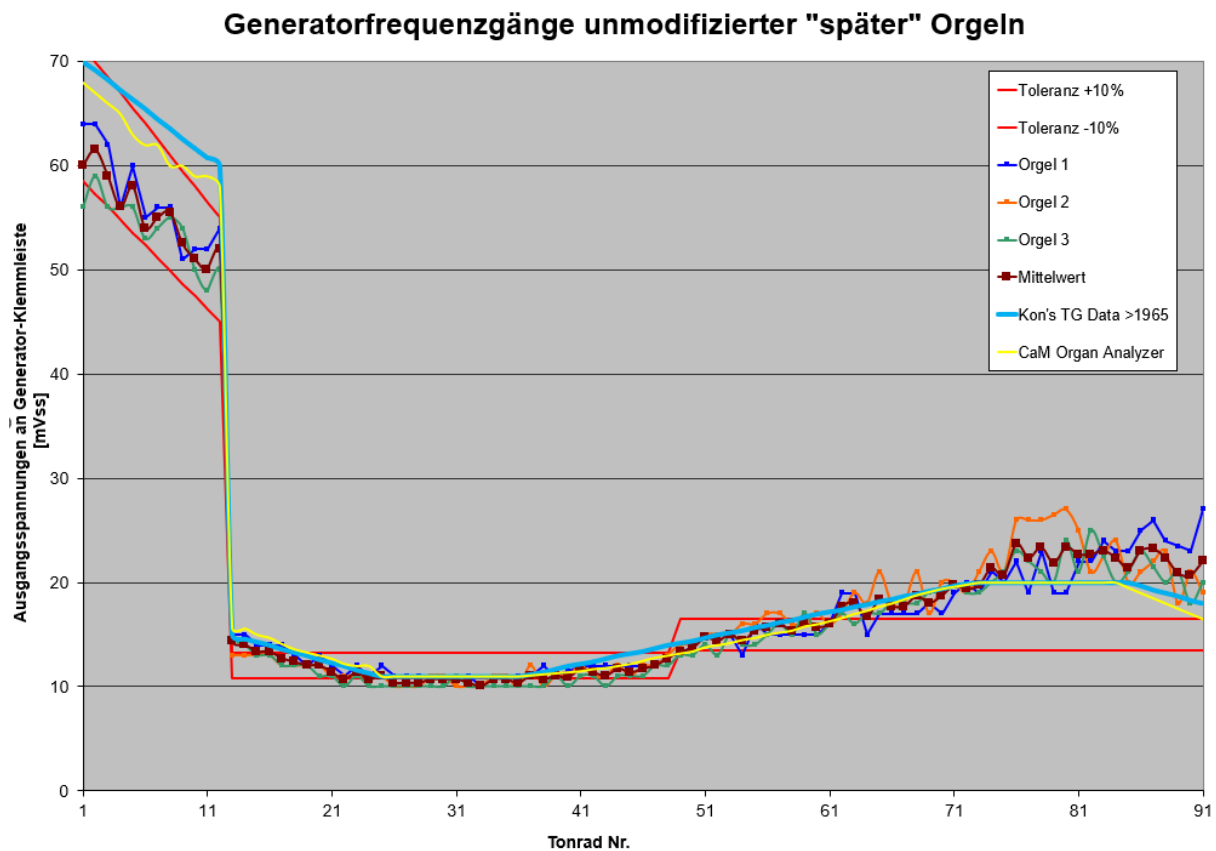


Abbildung 195: zusätzlich mit Referenzkurve des Cam Organ Analyzers

Das alles ermutigte mich, bei einer Generator-Restaurierung einmal eine "runde" Kurve zu probieren und danach zu schauen, wie sie mir gefällt. So geschehen am Tongenerator einer RT-3 mit Seriennummer #4212.

27 Abgleich auf alternative Referenzkurve

Wie im letzten Kapitel behandelt, zeige ich an diesem Beispiel den Abgleich eines Tongenerators auf eine alternative Referenzkurve. Hier die von Kon's TG >1965. Ich habe darauf einen +/-10% Zielkorridor berechnet und in ein Diagramm eingetragen.

Den Grundzustand der Orgel bzw. ihres Generators sieht man in Abbildung 196:

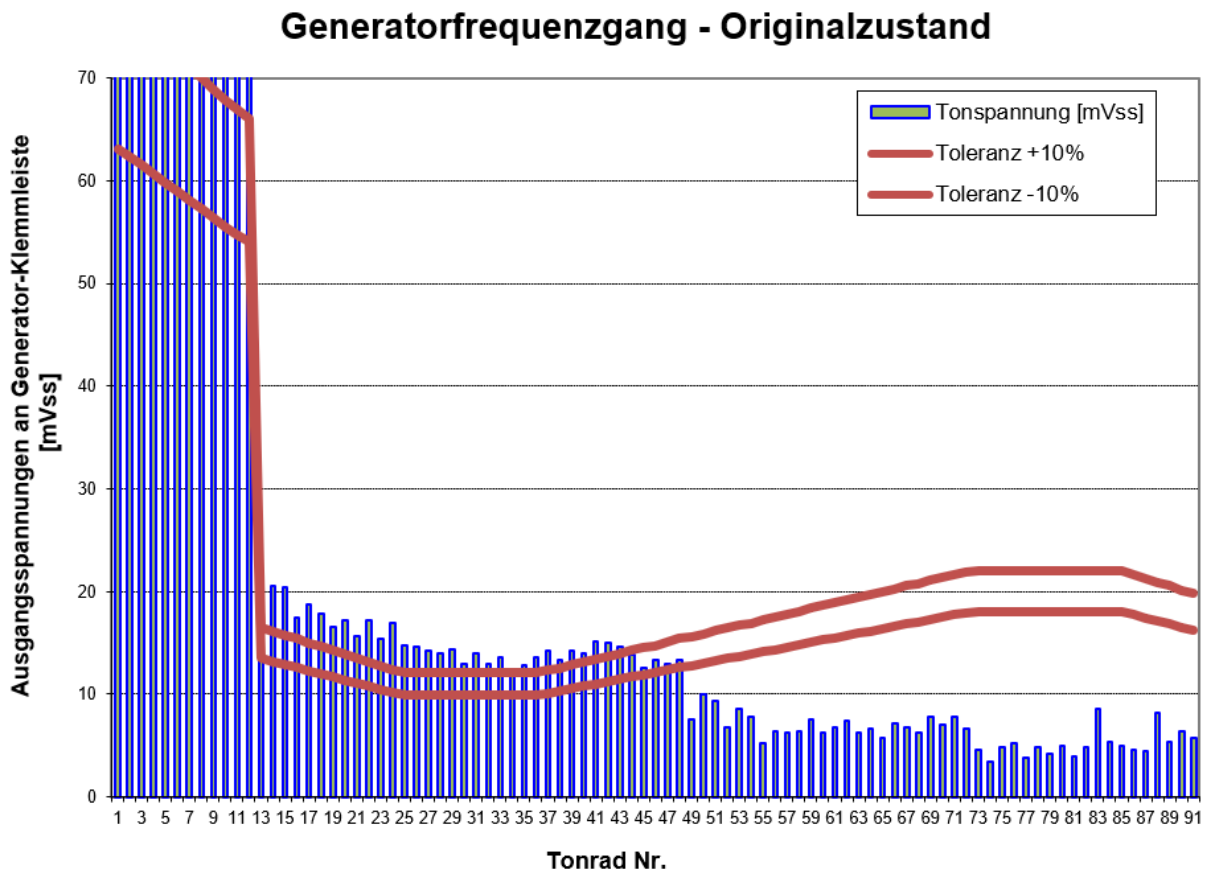


Abbildung 196: Originalzustand

Der Generator war noch mit Waskondensatoren bestückt. Es ist daher zu erwarten, dass der Kondensatortausch deutliche Wirkung auf die Töne 49..91 zeigen wird.

Und so was es auch. Nachdem ich die ganzen LC-Schwingkreise neu eingestellt habe (Kondensatorwechsel), ergibt sich für Töne 49..91 folgende Veränderung:

Generatorfrequenzgang - nach elektr. Abgleich

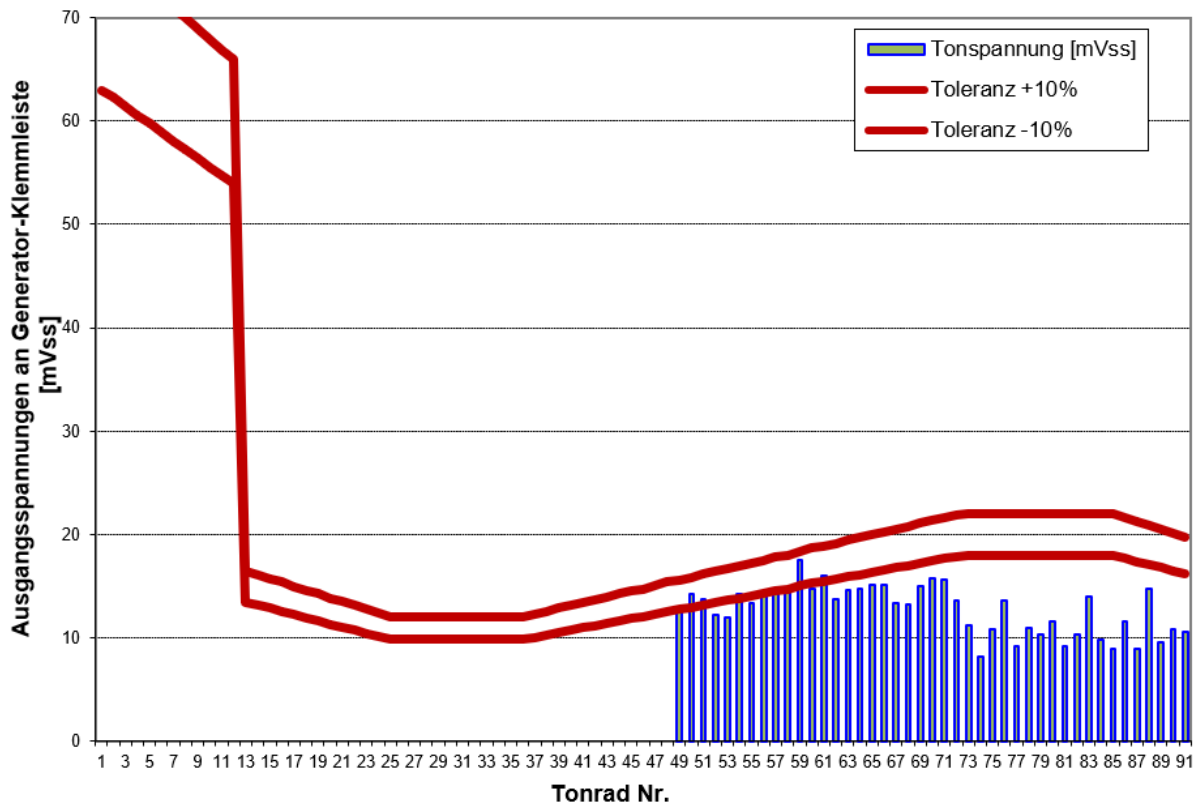


Abbildung 197: nach elektr. Abgleich

Heute habe ich bessere Messmöglichkeiten als damals, daher kann ich inzwischen auch den Klirrfaktor der der Töne zuverlässig bestimmen. Zu Beginn sah der so aus:

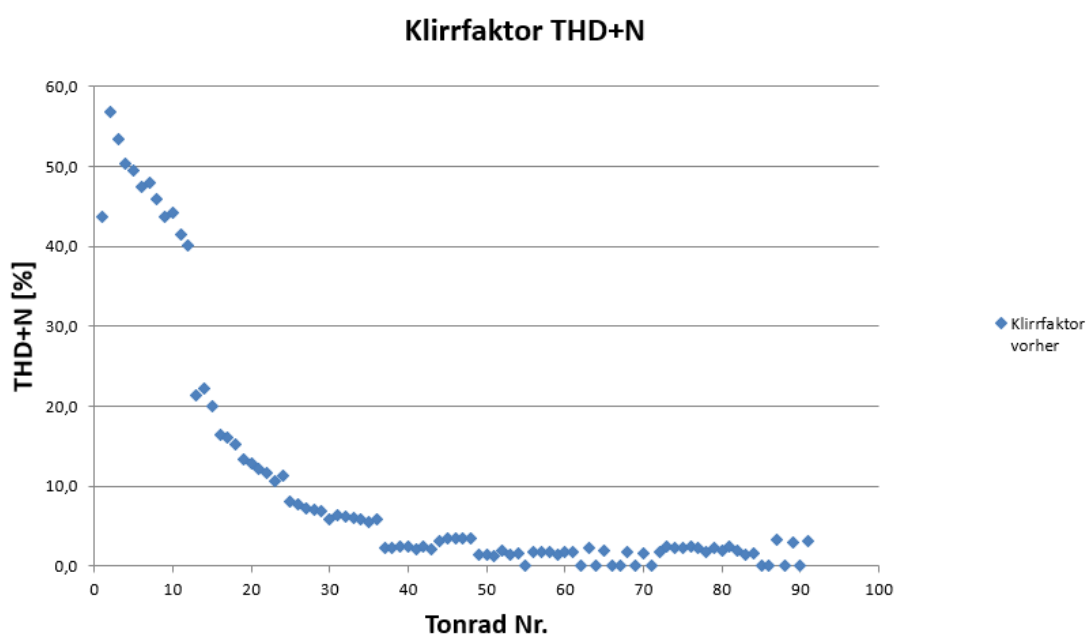


Abbildung 198: Klirrfaktor im Originalzustand

Durch den Kondensatorenwechsel in den Schwingkreisen 49..91 wurde durch die nun wieder besser passende Abstimmung natürlich auch der Klirrfaktor kleiner:

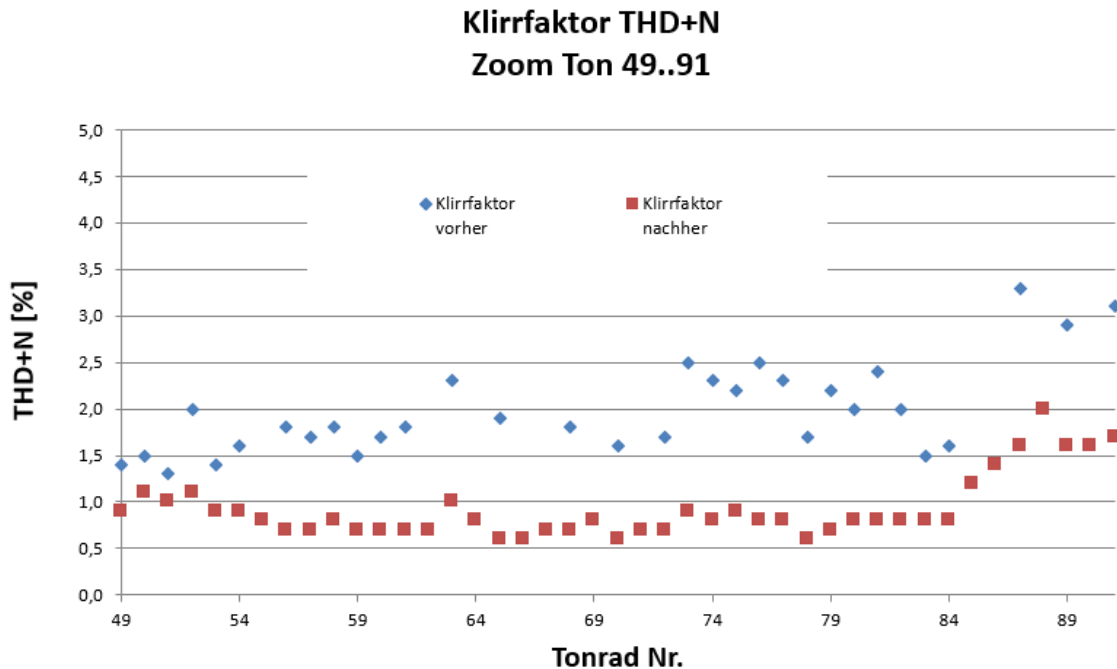
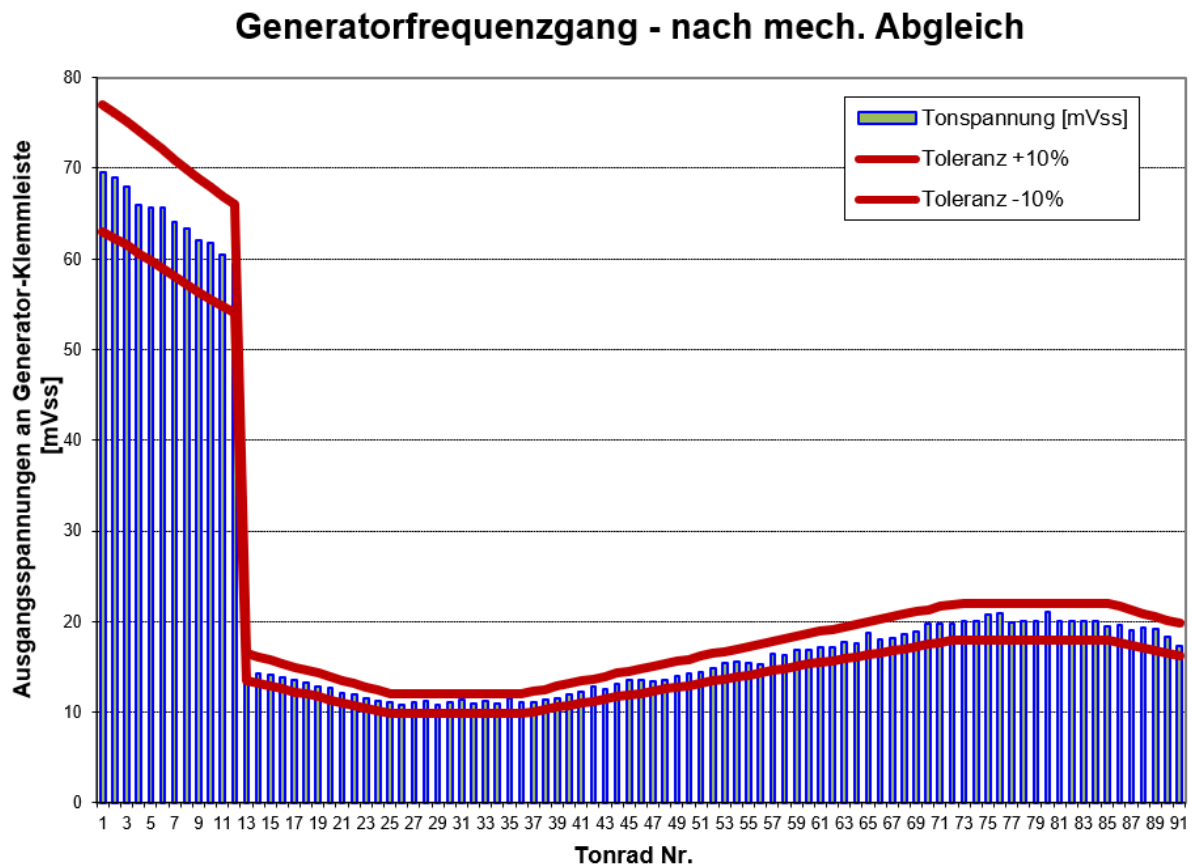


Abbildung 199: Klirrfaktor nach Kondensatorenwechsel

Dabei muss man sagen, dass ein hoher Klirrfaktor musikalisch nicht unbedingt "schlecht" klingen muss- oft ist sogar das Gegenteil der Fall. Ich kenne sogar einen Hammond-Techniker, der die Kondensatoren sowieso erst für austauschwürdig hält, wenn der Klirrfaktor den Wert von 3% übersteigt. Das zeigt uns, dass es zwar interessant ist, den Klirrfaktor zu kennen, man diesen Parameter jedoch auch nicht überbewerten sollte.

Im letzten Schritt habe ich mit dem mechanischen Abgleich (Verschieben der Magnetstifte) den Generator auf Kon's TG >1965-Referenzkurve abgeglichen. Das gelang sehr gut:



Und wie ist am Ende das klangliche Ergebnis?

Nun, das ist schwer zu sagen! Ehrlich gesagt höre ich nicht wirklich große Unterschiede. Spaß machen mir die Orgeln mit der traditionellen Zwarg-Kurve genauso wie die nach Kon! Da die Instrumente bei mir aber nicht direkt nebeneinander stehen und ich sie daher nicht im selben Raum und über ein und dasselbe Leslie spielen kann, ist bei mir leider kein direkter A/B-Vergleich möglich. Und selbst dann wäre es schwierig, einen subjektiv "besseren" Klang wirklich eindeutig nur an einer Generator-Referenzkurve festzumachen. Dazu gibt es in der Hammondorgel zu viele weitere, ebenfalls klangbeeinflussende Elemente (Verharfung, Preamp, Tastenkontakte, usw.), als dass man die Generator-Referenzkurve wirklich isoliert betrachten und verantwortlich machen könnte.

Am Ende ist -wie fast alles im Leben- Geschmackssache. Trotzdem schadet es nicht, die verschiedenen Gerichte der verschiedenen Köche zu kennen und sich dann für ein bestimmtes Gericht mit bestimmtem Gewürz-Charakter zu entscheiden. Ob es einem dann schmeckt, kann man wirklich nur individuell ausprobieren.

28 magnetische Flussdichte der Magnetstifte

Der Tonradgenerator benutzt das physikalische Prinzip der Induktion, um elektrische Signale -und damit am Ende akustisch hörbare Töne- zu erzeugen.

Induktion funktioniert nur mit einem vorhandenen Magnetfeld, daher ist der Zustand der Magnetstifte im Tonradgenerator von ganz wesentlicher Bedeutung.

Weil die Messgeräte für Magnetfelder jedoch sehr "speziell" und selten gebraucht werden, sind die meist sehr teuer und auf dem Gebrauchtmärkte nur sehr selten zu haben. Das mag ein guter Grund dafür sein, dass Magnetismus am Tonradgenerator noch nicht so oft untersucht wurde.

Ich selber habe mir einmal ein Magnetfeldmessgerät gekauft (ein Bell 5180) und damit die Enden der Magnetstifte eines Tonradgenerators einer "jungfräulichen" RT-3 ausgemessen. Das Ergebnis war in sofern spannend, als dass es sich vermuten lässt, dass es hier zwei unterschiedliche Magnetfeld-Niveaus zu geben scheint, die man bei Hammond verwendet hat:

- Magnetstift 1..48: ca. 6mT
- Magnetstift 49..91: ca. 12mT

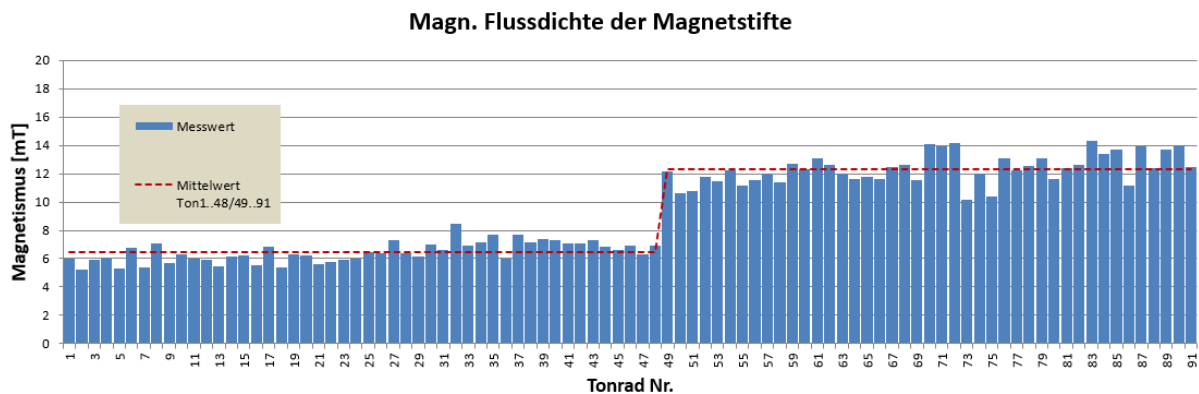


Abbildung 201: Ergebnis Messung einer RT-3 mit serial #4212

Interessant ist dann auch die statistische Untersuchung der erhaltenen Messwerte. Die Abweichung zum Mittelwert sieht so aus:

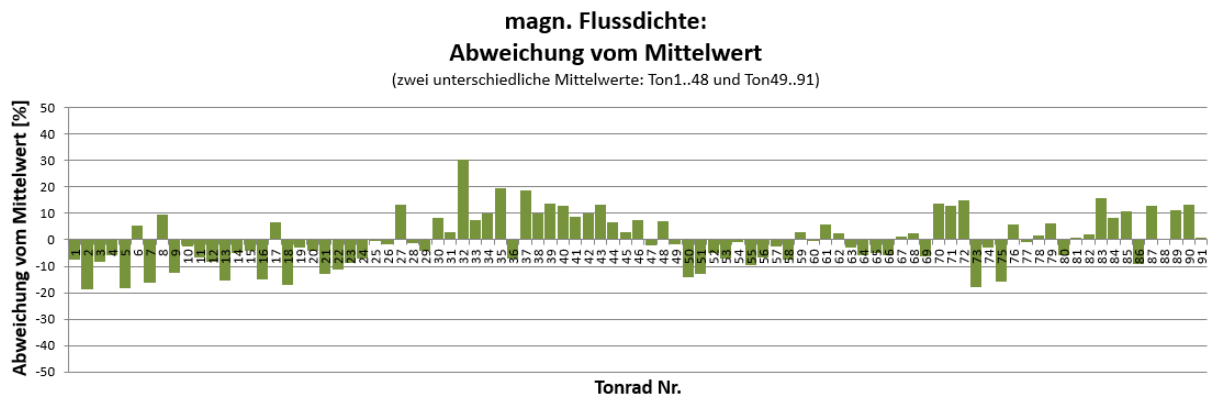


Abbildung 202: Abweichung vom Mittelwert

Die Häufigkeitsverteilung sieht entsprechend so aus:

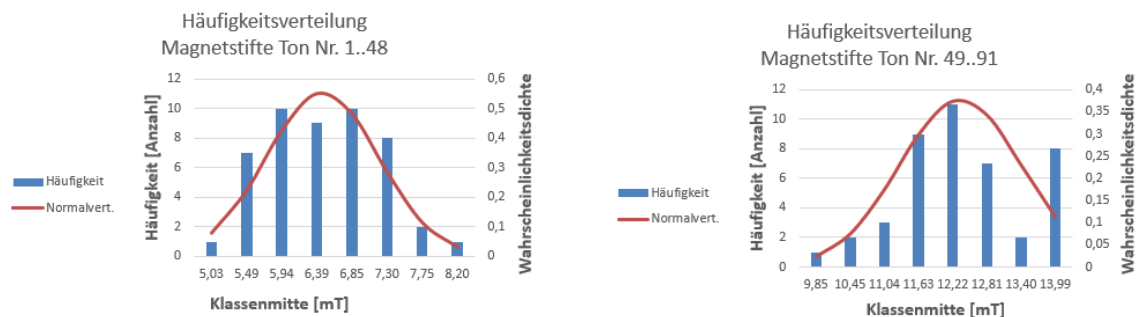


Abbildung 203: Häufigkeitsverteilungen

Die den Grafiken zugrunde liegenden Daten:

Statistik Ton 1..48		Statistik Ton 49..91	
Anzahl Messwerte:	48	Anzahl Messwerte:	43
Mittelwert:	6,46 mT	Mittelwert:	12,35 mT
Minimum:	5,26 mT	Minimum:	10,15 mT
Maximum:	8,43 mT	Maximum:	14,29 mT
ergibt Bereich:	3,17 mT	ergibt Bereich:	4,14 mT
Sigma:	0,72 = Standardabweichung	Sigma:	1,06 = Standardabweichung
S (Xquer):	0,10	S (Xquer):	0,16
Anzahl Klassen:	7	Anzahl Klassen:	7
Klassenbreite:	0,45 mT	Klassenbreite:	0,59 mT

Abbildung 204: Statistikdaten

Ob diese Daten repräsentativ für wirklich alle Orgel-Generatoren sind, kann ich nicht sagen, dazu müsste man viele andere Generatoren ebenfalls messen. Ich habe lediglich diesen einen vermessen, weil ich einen Zielwert suchte für den Fall, einmal einen schwachen Magnetstift neu aufmagnetisieren zu müssen. Dafür muss ich wissen, was "schwach" überhaupt ist und auch, auf welche Größenordnung ich beim Magnetisieren wieder schließlich kommen muss.

Und dafür werden diese Erkenntnisse sicher reichen. Interessant ist es noch, die Magnetfeldstärke mit den gemessenen Signal-Tonspannungen zu korrelieren. Das zeigt Abbildung 205.

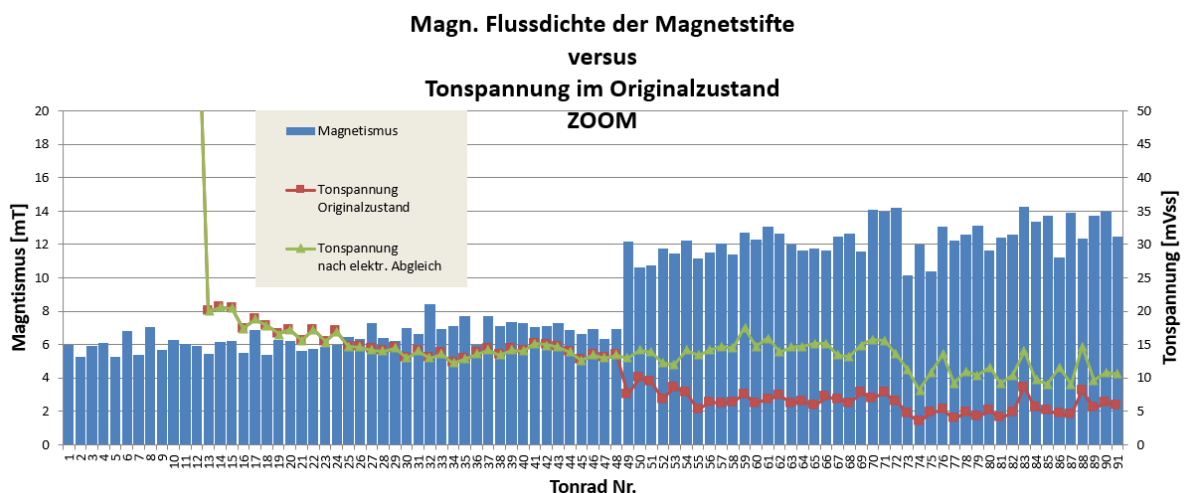


Abbildung 205: Überlagerung mit Tonspannung

Weitere Interpretationen dazu stelle ich jetzt hier nicht an, denn dazu habe ich bereits einmal einen detaillierten Bericht für die HNC Clubzeitschrift geschrieben, den ich hier nun nicht wiederholen will.

Interessant ist noch die Übersicht, wo am Generator wir welche Magnetstifte finden:

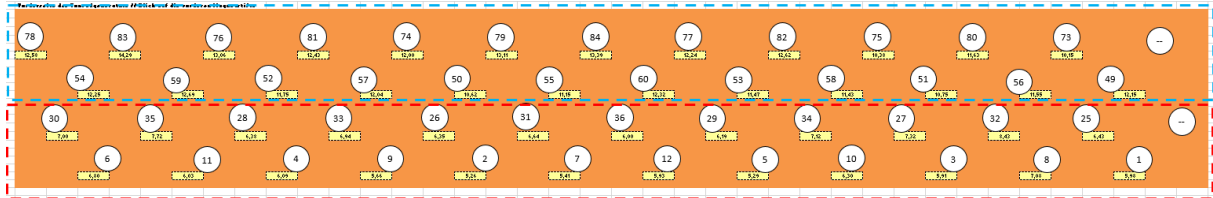


Abbildung 206: Magnetstifte Generator-Vorderseite

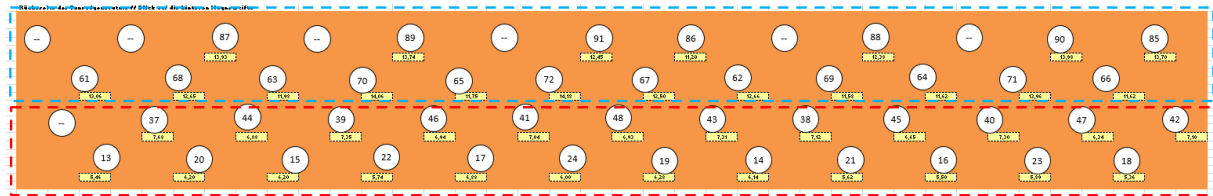


Abbildung 207: Magnetstifte Generator-Rückseite

Die Bilder entstammen einer von mir erstellen Excel-Vorlage, in die ich in die kleinen gelben Felder meine Messwerte eintragen kann und mir am Ende automatisch eine Übersichts-Grafik generiert wird. Die blau umrandeten Felder kennzeichnen die Bereiche, wo wir vorwiegend Magnetstifte mit eher großem Magnetismus finden ($\sim 12\text{mT}$), die rot eingekreisten diejenigen mit eher kleinem Magnetismus ($\sim 6\text{mT}$).

29 Line-Box (alt): Messungen

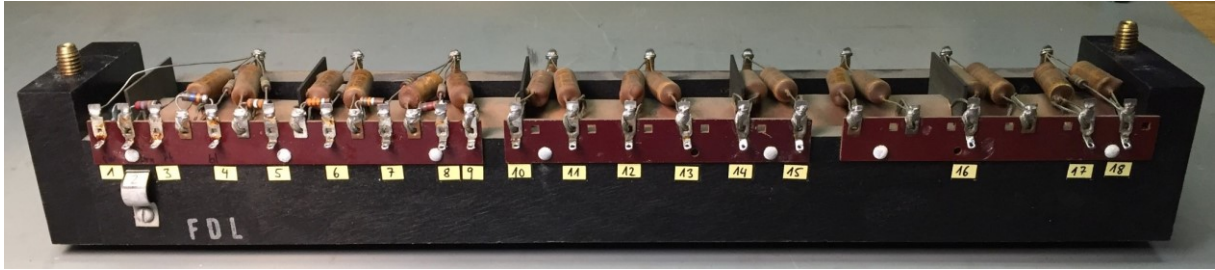
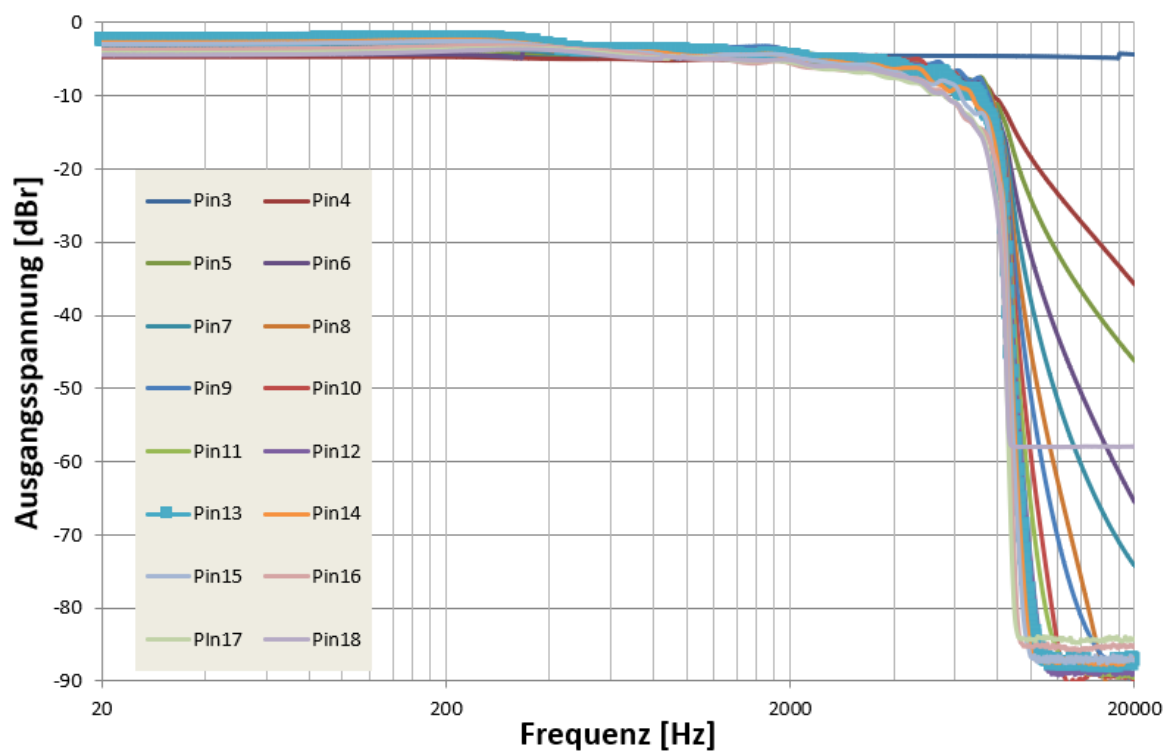


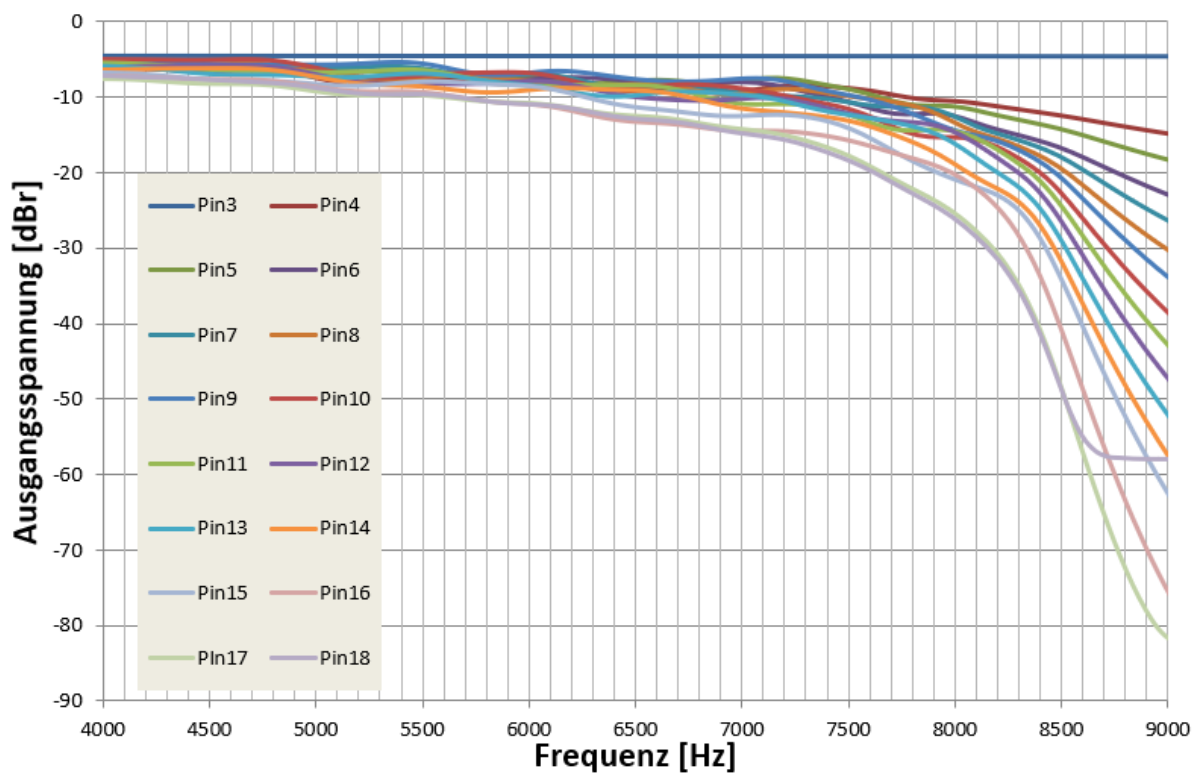
Abbildung 208: LineBox (alt) aus Hammond RT-3, serial #4212

Messung von Phasen- und Amplitudengang einer LineBox									
Messobjekt:	LineBox, "alte" Ausführung, schwarz, aus Hammond RT-3, serial 4212								
Messgerät:	Rohde&Schwarz UPL								
Messprogramm:	LB_Phse.sco LB_Frq.sco								
Messaufbau:	Einspeisen der NF in Pin2 der Linebox; U=5Veff Pin1 = GND								
	Abgriff der zu messenden Tonspannungen an Pin 3,4,5, usw. Analyzer hat Impedanz von 200kOhm als Eingangswiderstand								
Legende:	"vorher" meint den Anlieferzustand; also denjenigen Zustand, den der Prüfling hatte, als er aus der Orgel erstmalig ausgebaut wurde "nachher" meint den Zustand nach der elektrischen Aufarbeitung; also nach Wechsel der Widerstände und Kondensatoren								
27.03.2017									
M. Michalzik									

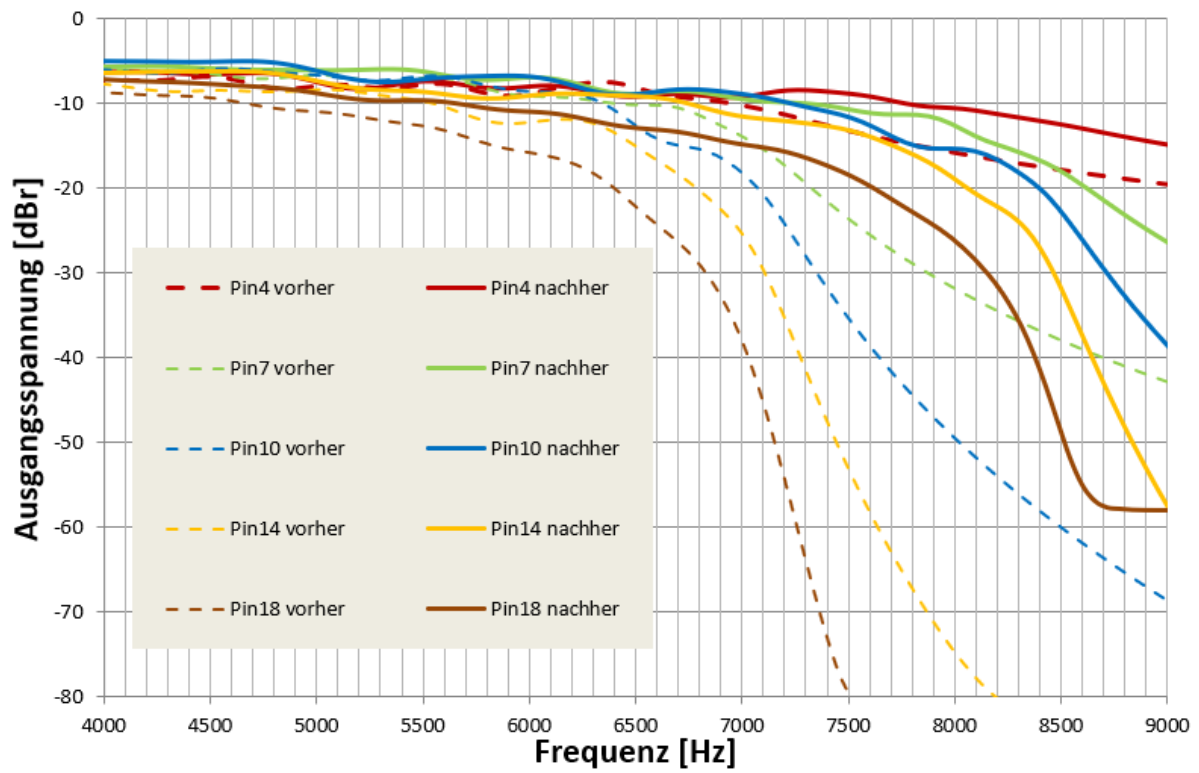
LineBox (alt): Amplitudenfrequenzgang



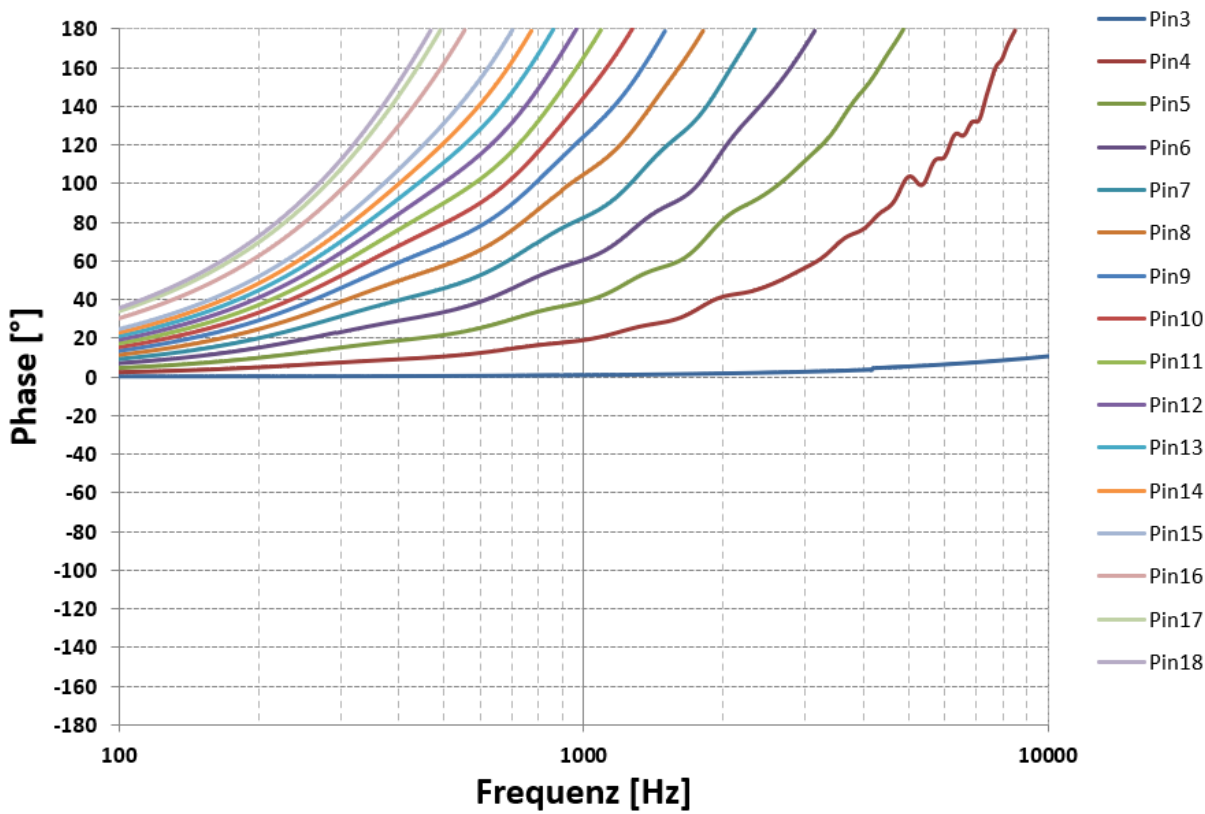
LineBox (alt): Amplitudenfrequenzgang ZOOM



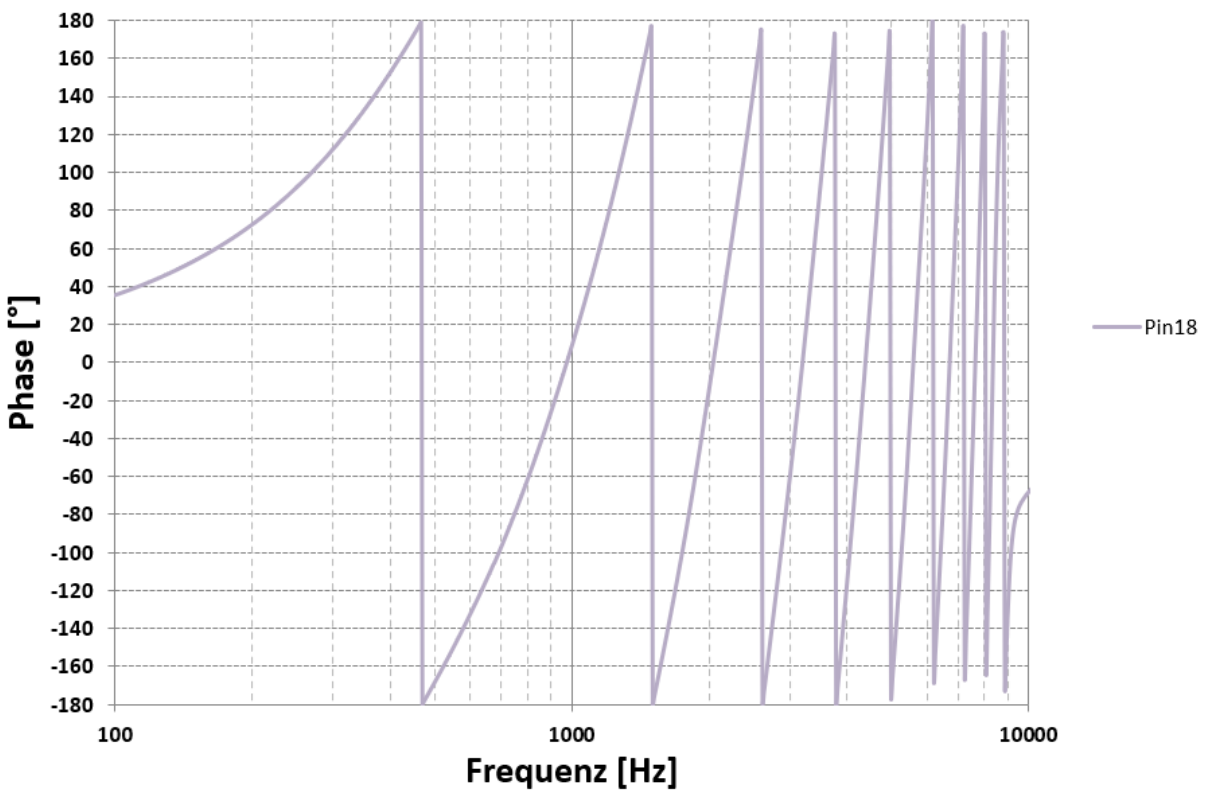
LineBox: Amplitudenfrequenzgang (vorher / nachher)



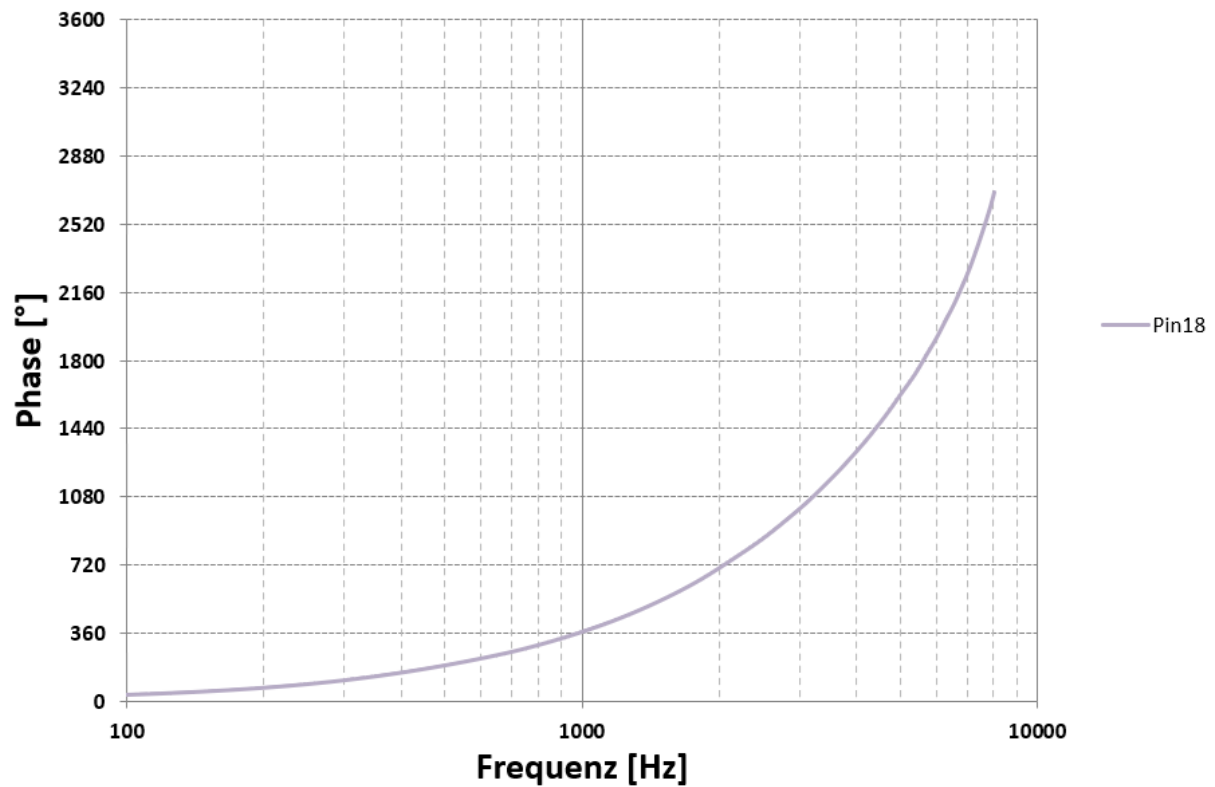
LineBox (alt): Phasenfrequenzgang



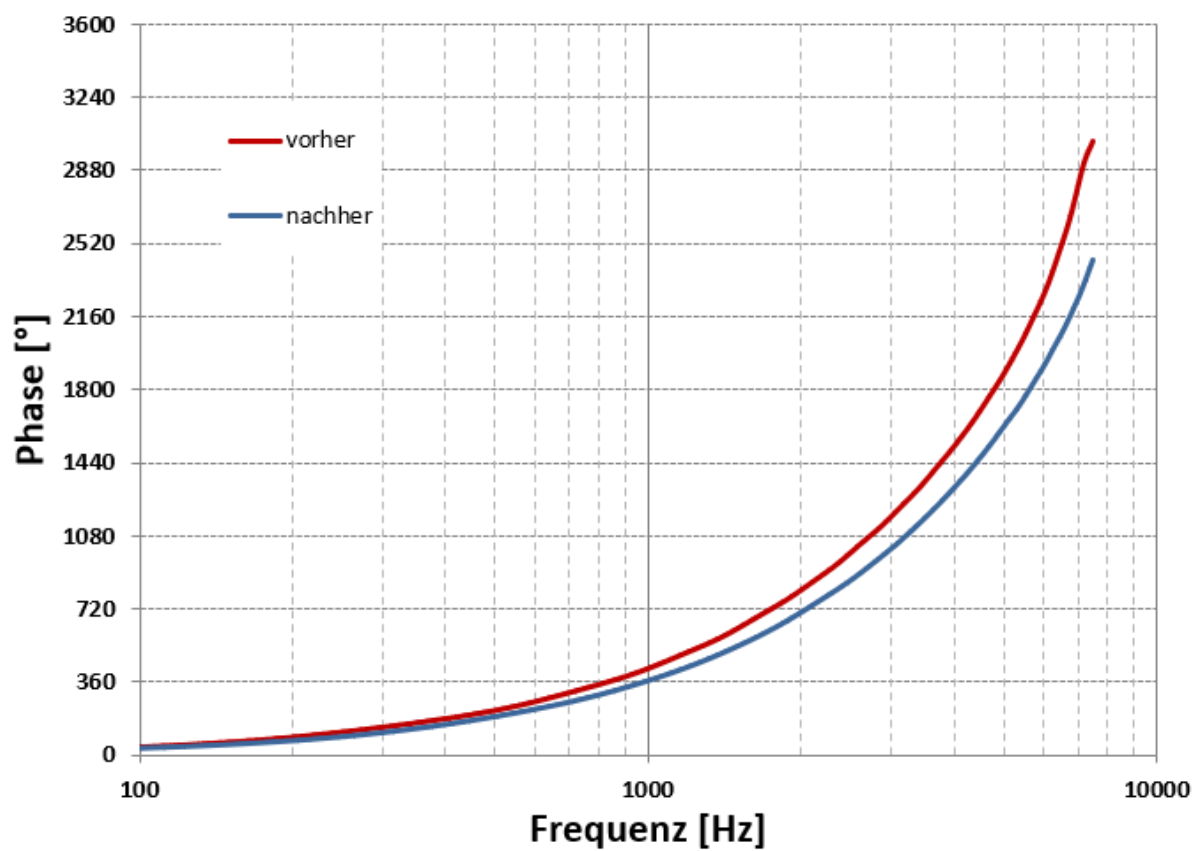
LineBox (alt): Phasenfrequenzgang
Pin18

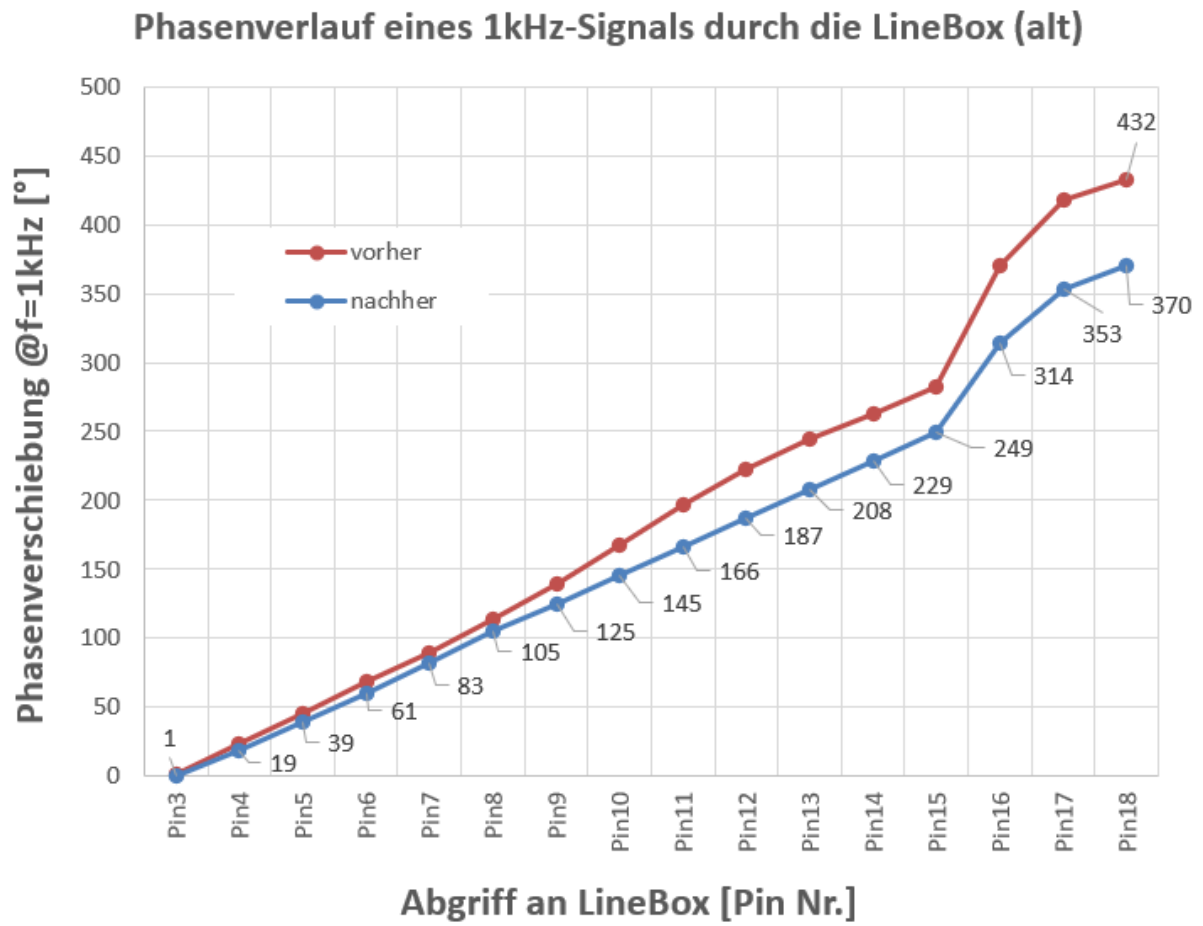


LineBox (alt): Phasenfrequenzgang Pin18



LineBox (alt): Phasenfrequenzgang vorher / nachher Pin18





30 String-Bass

Eine weitere, sehr populäre Modifikation ist der sogenannte "String-Bass". Der Name wurde in Anlehnung an einen gezupften Saiten-Bass gewählt, an den der Klang erinnern soll. Besonders im Jazzbereich, bei dem der Fußbass einer Hammond noch öfter gefragt ist, wird der String-Bass gerne verwendet.

Technisch gesehen kann der String-Bass auf so etwas wie eine "Percussion für den Fußbass" reduziert werden. Eine kleine Schaltung -zig mal aufgebaut- sorgt nach Anschlagen des Tones für ein abruptes Abklingen der Hüllkurve, sodass ein "ping"-ähnlicher Klang entsteht (vergleiche dazu Kapitel 18- ist technisch eigentlich nichts Anderes!). Über einen Drehschalter kann zwischen verschiedenen Zeitkonstanten der Abklinggeschwindigkeit gewählt werden.

String-Bass-Elektronik

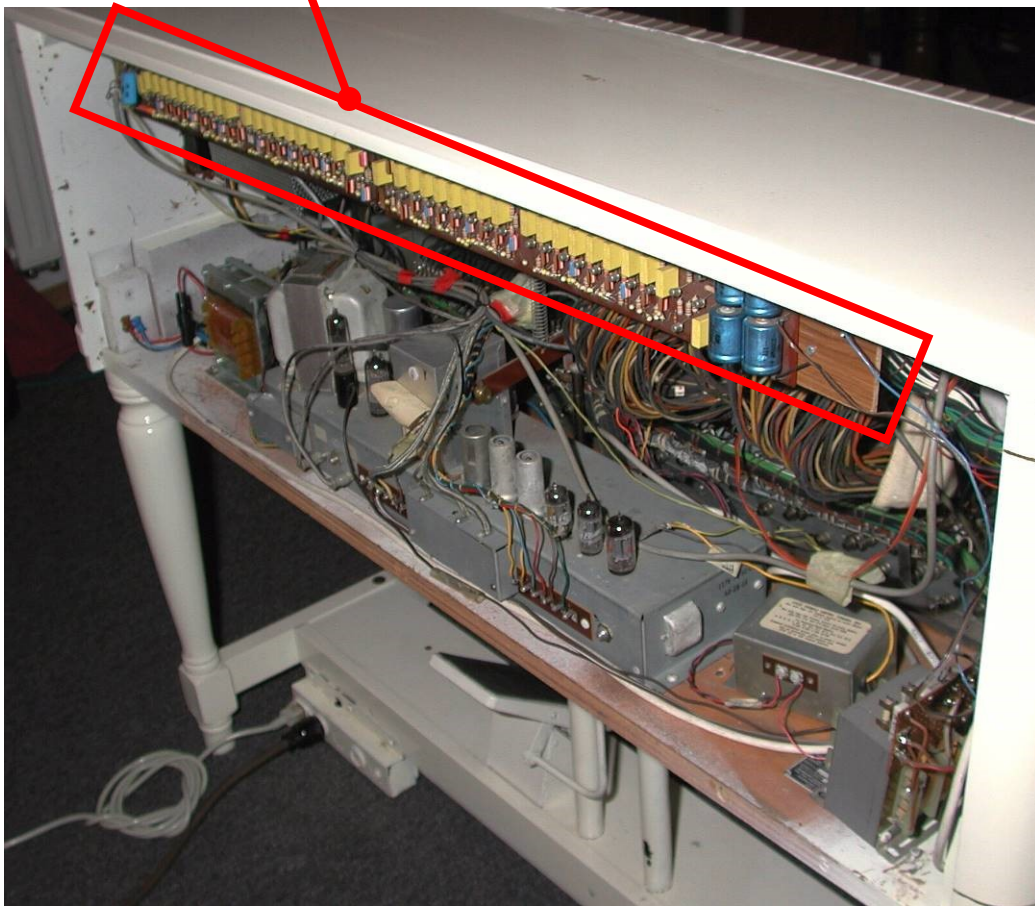


Abbildung 209: nachgerüsteter String-Bass in einer B-3

In Abbildung 209 sehen wir die gesamte String-Bass-Elektronik. Üblicherweise wird sie kopfüber hängend an dem Gehäuse angeschraubt. Etwas aufwändiger wird der Einbau deshalb, weil für diese Modifikation der komplette Fußbass-Kabelbaum abgelötet und diese Platine zwischengeschaltet werden muss.

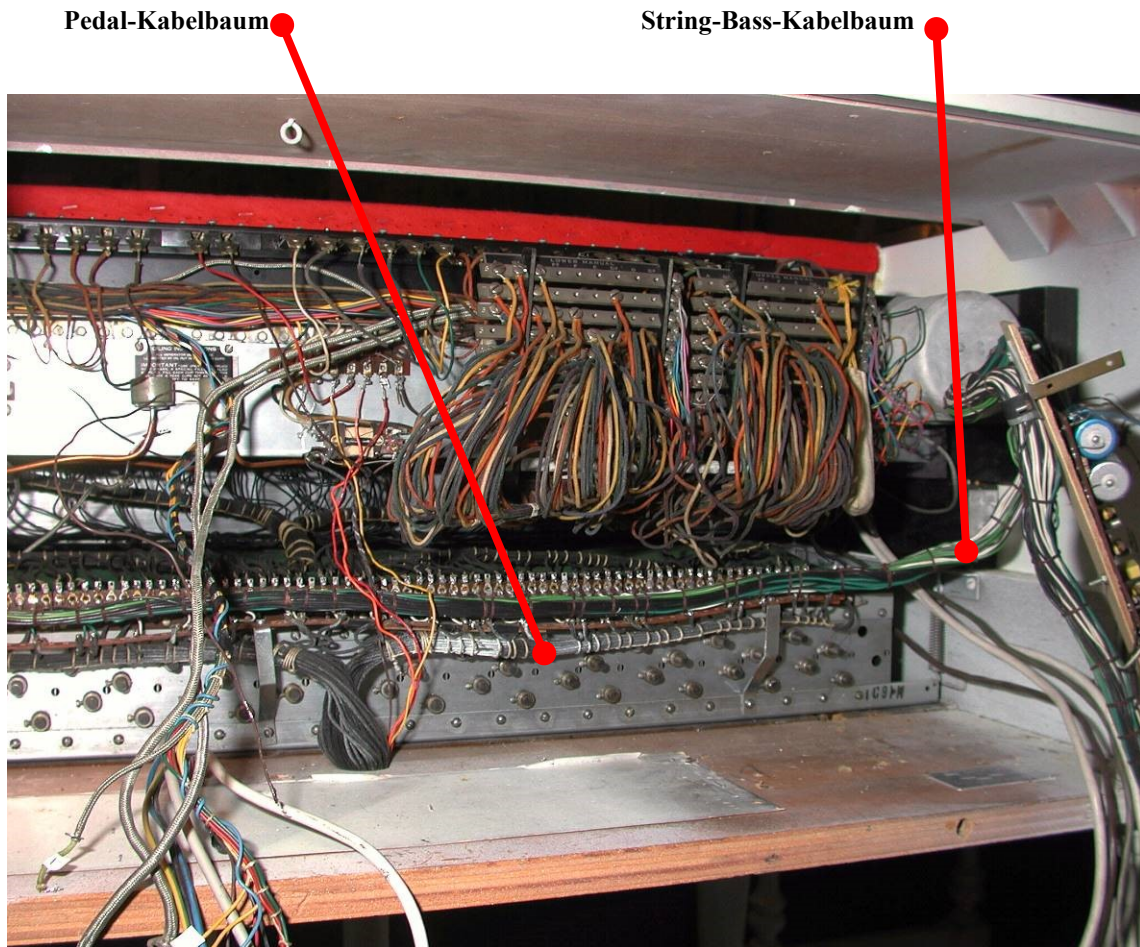


Abbildung 210: String-Bass-Kabelbaum

Das obige Foto zeigt den halb ausgebauten String-Bass. Die herabhängende Platine wurde abgeschraubt (rechts im Bild), sodass der Blick auf die beiden Kabelbäume frei wird. Der untere Strang ist der originale Pedal-Kabelbaum.

Der obere Kabelstrang stammt nun vom String-Bass und wurde mittels einiger Metall-Halter am Tongenerator festgeschraubt. Untergelegte Epoxydstreifen sollten das Kabelbündel wohl abstützen und Durchbiegung verhindern. Leider sind diese für diesen Zweck offensichtlich etwas schwach dimensioniert, sodass sich diese im Laufe der Jahre doch mechanisch etwas durchbogen und eine Art "Welle" geschlagen haben. Die Beeinträchtigung ist aber nur rein optisch: eine unmittelbare "Gefahr" geht dadurch nicht aus.

Hinweis: Die Elektronik des String-Basses ist z.B. auch von trek-II weiterentwickelt worden. Sie nimmt nun weitaus weniger Platz ein als die hier gezeigte Version. Ein Einschleifen in den Pedal-Kabelbaum ist aber natürlich nach wie vor erforderlich.

31 Zuordnung Spieltaste zu Tonradnummer

Korrigierte Tabelle mit Sortierung nach Tonradnummern. Leider hatten sich in Tabelle 22 des ersten Teils des Technikhandbuches einige Fehler eingeschlichen.

Ton Nr.	Zugiegel								
	16'	5_1_3'	8'	4'	2_2_3'	2'	1_3_5'	1_1_3'	1'
13	C1,C2		C1						
14	C#1,C#2		C#1						
15	D1,D2		D1						
16	D#1,D#2		D#1						
17	E1,E2		E1						
18	F1,F2		F1						
19	F#1,F#2		F#1						
20	G1,G2	C1	G1						
21	G#1,G#2	C#1	G#1						
22	A1,A2	D1	A1						
23	A#1,A#2	D#1	A#1						
24	H1,H2	E1	H1						
25	C3	F1	C2	C1					
26	C#3	F#1	C#2	C#1					
27	D3	G1	D2	D1					
28	D#3	G#1	D#2	D#1					
29	E3	A1	E2	E1					
30	F3	A#1	F2	F1					
31	F#3	H1	F#2	F#1					
32	G3	C2	G2	G1	C1				
33	G#3	C#2	G#2	G#1	C#1				
34	A3	D2	A2	A1	D1				
35	A#3	D#2	A#2	A#1	D#1				
36	H3	E2	H2	H1	E1				
37	C4	F2	C3	C2	F1	C1			
38	C#4	F#2	C#3	C#2	F#1	C#1			
39	D4	G2	D3	D2	G1	D1			
40	D#4	G#2	D#3	D#2	G#1	D#1			
41	E4	A2	E3	E2	A1	E1	C1		
42	F4	A#2	F3	F2	A#1	F1	C#1		
43	F#4	H2	F#3	F#2	H1	F#1	D1		
44	G4	C3	G3	G2	C2	G1	D#1	C1	
45	G#4	C#3	G#3	G#2	C#2	G#1	E1	C#1	
46	A4	D3	A3	A2	D2	A1	F1	D1	
47	A#4	D#3	A#3	A#2	D#2	A#1	F#1	D#1	
48	H4	E3	H3	H2	E2	H1	G1	E1	
49	C5	F3	C4	C3	F2	C2	G#1	F1	C1

Ton Nr.	Zugriegel								
	16'	5 1 3'	8'	4'	2 2 3'	2'	1 3 5'	1 1 3'	1'
50	C#5	F#3	C#4	C#3	F#2	C#2	A1	F#1	C#1
51	D5	G3	D4	D3	G2	D2	A#1	G1	D1
52	D#5	G#3	D#4	D#3	G#2	D#2	H1	G#1	D#1
53	E5	A3	E4	E3	A2	E2	C2	A1	E1
54	F5	A#3	F4	F3	A#2	F2	C#2	A#1	F1
55	F#5	H3	F#4	F#3	H2	F#2	D2	H1	F#1
56	G5	C4	G4	G3	C3	G2	D#2	C2	G1
57	G#5	C#4	G#4	G#3	C#3	G#2	E2	C#2	G#1
58	A5	D4	A4	A3	D3	A2	F2	D2	A1
59	A#5	D#4	A#4	A#3	D#3	A#2	F#2	D#2	A#1
60	H5	E4	H4	H3	E3	H2	G2	E2	H1
61	C6	F4	C5	C4	F3	C3	G#2	F2	C2
62		F#4	C#5	C#4	F#3	C#3	A2	F#2	C#2
63		G4	D5	D4	G3	D3	A#2	G2	D2
64		G#4	D#5	D#4	G#3	D#3	H2	G#2	D#2
65		A4	E5	E4	A3	E3	C3	A2	E2
66		A#4	F5	F4	A#3	F3	C#3	A#2	F2
67		H4	F#5	F#4	H3	F#3	D3	H2	F#2
68		C5	G5	G4	C4	G3	D#3	C3	G2
69		C#5	G#5	G#4	C#4	G#3	E3	C#3	G#2
70		D5	A5	A4	D4	A3	F3	D3	A2
71		D#5	A#5	A#4	D#4	A#3	F#3	D#3	A#2
72		E5	H5	H4	E4	H3	G3	E3	H2
73		F5	C6	C5	F4	C4	G#3	F3	C3
74		F#5		C#5	F#4	C#4	A3	F#3	C#3
75		G5		D5	G4	D4	A#3	G3	D3
76		G#5		D#5	G#4	D#4	H3	G#3	D#3
77		A5		E5	A4	E4	C4	A3	E3
78		A#5		F5	A#4	F4	C#4	A#3	F3
79		H5		F#5	H4	F#4	D4	H3	F#3
80		C6		G5	C5,C6	G4,G5	D#4,D#5	C4,C5,C6	G3,G4,G5
81				G#5	C#5	G#4,G#5	E4,E5	C#4,C#5	G#3,G#4,G#5
82				A5	D5	A4,A5	F4,F5	D4,D5	A3,A4,A5
83				A#5	D#5	A#4,A#5	F#4,F#5	D#4,D#5	A#3,A#4,A#5
84				H5	E5	H4,H5	G4,G5	E4,E5	H3,H4,H5
85				C6	F5	C5,C6	G#4,G#5	F4,F5	C4,C5,C6
86					F#5	C#5	A4,A5	F#4,F#5	C#4,C#5
87					G5	D5	A#4,A#5	G4,G5	D4,D5
88					G#5	D#5	H4,H5	G#4,G#5	D#4,D#5
89					A5	E5	C5,C6	A4,A5	E4,E5
90					A#5	F5	C#5	A#4,A#5	F4,F5
91					H5	F#5	D5	H4,H5	F#4,F#5

Tabelle 2: Übersicht Spieltaste zu Tonradnummer (2)

32 Bleistiftpläne

Über die Jahre habe ich mir für einige Themen manchmal einfache Zeichnungen oder Skizzen gemacht, die ich nicht immer extra digital im Computer nachgemalt habe. Da die Informationen darauf jedoch trotzdem hilfreich sein könnten, habe ich sie mir eingescannt und gebe sie hier als lose Blattsammlung wieder. Quasi als "Anhang" zu diesem Buch.

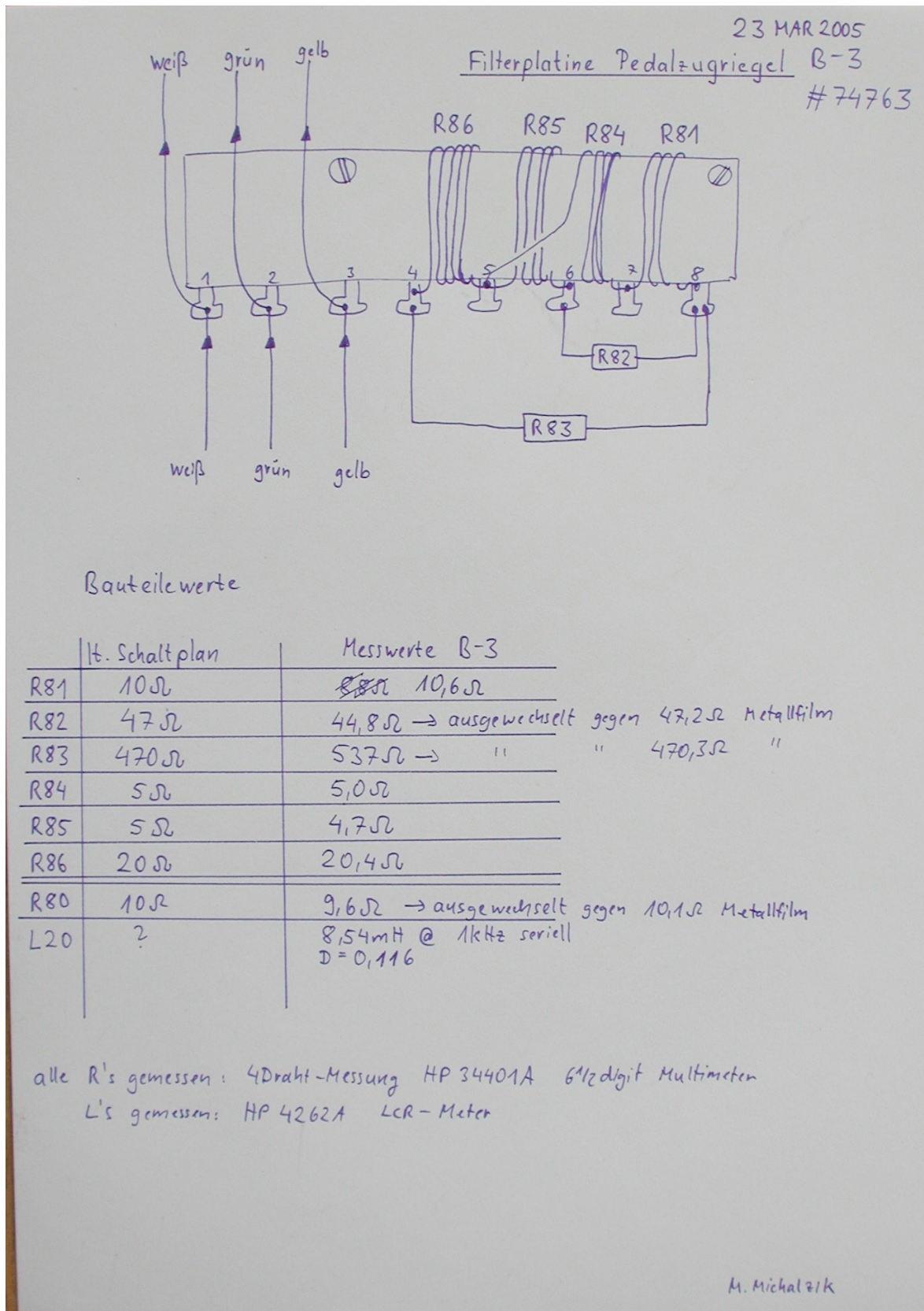
Aufgrund der Natur ihres Entstehens nenne ich sie "Bleistiftpläne".

Hinweis:

Es ist gut möglich, dass dort zu sehenden Werte (z.B. Messwerte, Parameter) nicht immer mit den in den vorherigen Kapiteln angegebenen übereinstimmen. Das liegt dann meistens daran, dass ich nach dem Erstellen meiner Notizen irgendwann später "dazugelernt" habe und meine alten Bleistiftpläne dann nicht mehr nachgezogen habe.

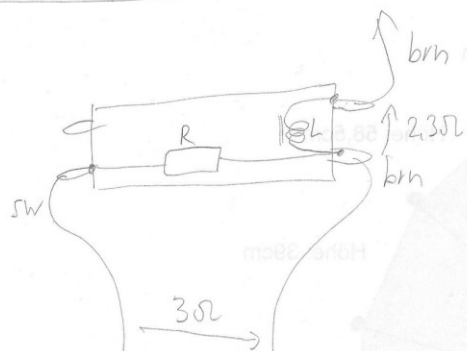
Im Zweifelsfall gilt dann also lieber noch einmal in dem entsprechenden Kapitel dieses Buches nachlesen.

32.1 Filterplatine Pedalzugriegel



32.2 Pedalfilter

C3 #56963 Lucy



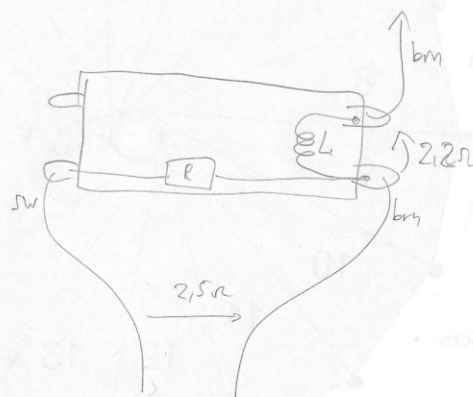
B3 #74762 Rosc

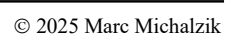
$$L = 8,64 \text{ mH} \quad D = 0,128$$

$$Q = 7,81$$

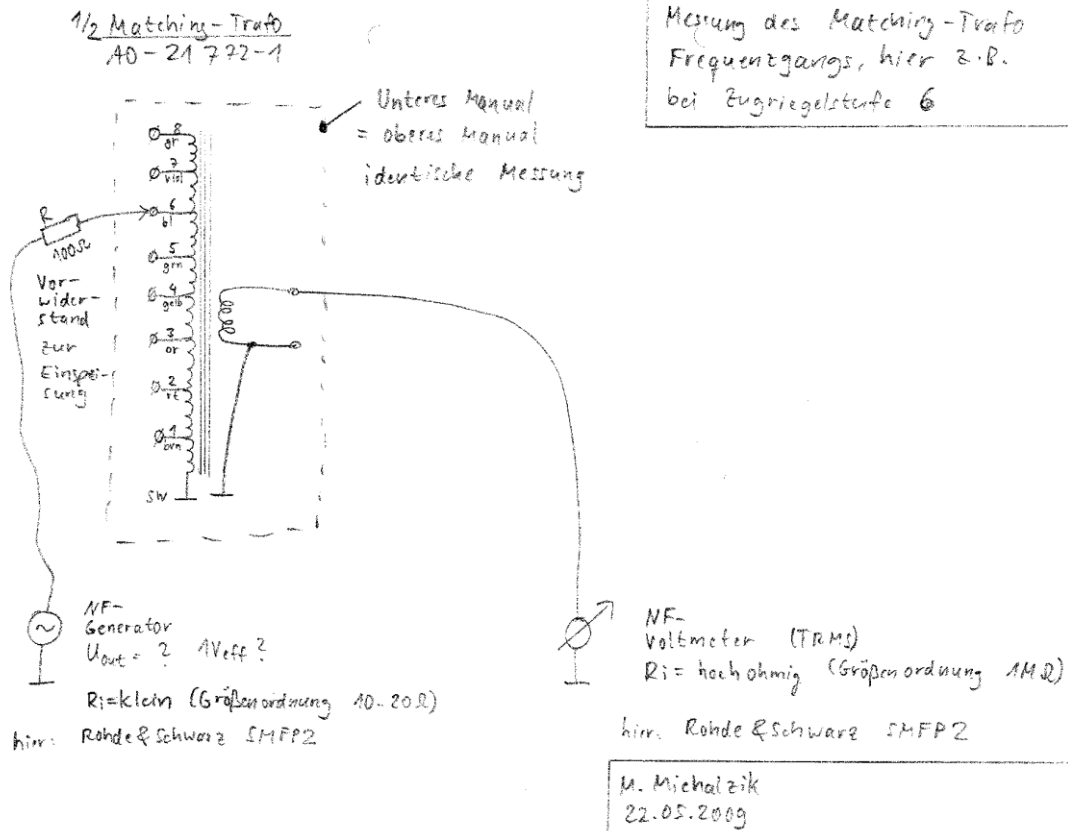
$$\text{at } f = 1 \text{ kHz}$$

$$R = 10 \Omega$$



209

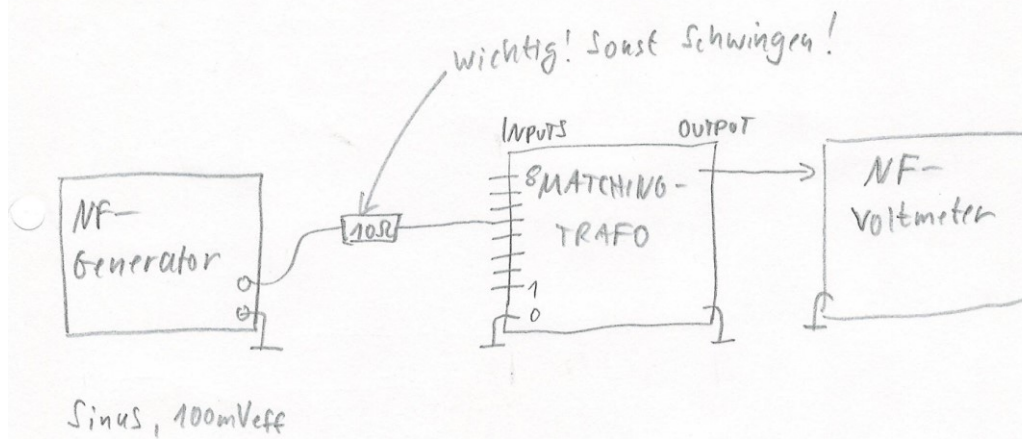
32.4 Matching-Trafo: Messung



06 OCT 2006

MESSUNG AMPLITUDEN - FREQUENZGANG MATCHING-TRAFO

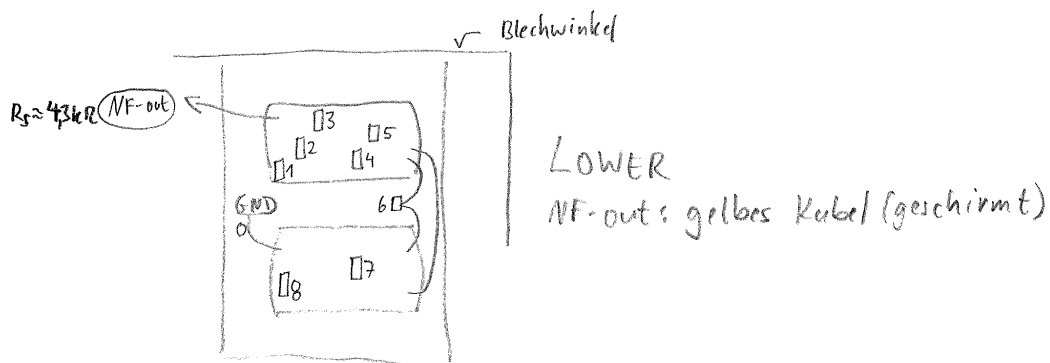
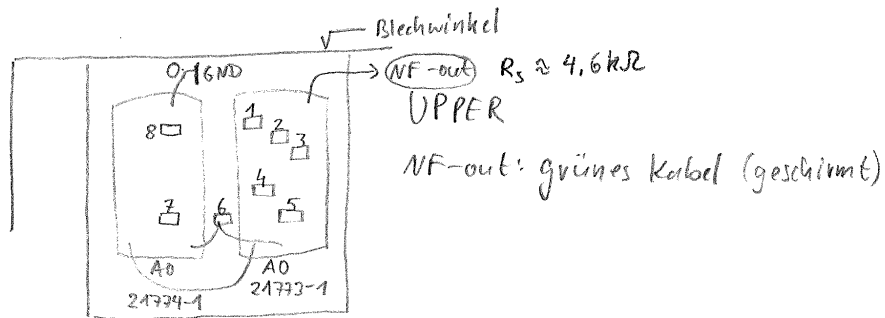
MIT RES SMP2



32.5 Matching-Trafo: Anschlüsse

ANSCHLÜSSE AM MATCHING-TRAFO B-3

06 Oct 2006



FARB-CODES

FARBE	ZUGRIFFEL-LAUTSTARKE	
Schwarz	0	
braun	1	$R_s \approx 0,01 \Omega$
rot	2	
orange	3	
gelb	4	
grün	5	
blau	6	
violett	7	
grau	8	$R_s \approx 0,1 \Omega$

33 Disclaimer

Hinweise

1. Wer auf dieser Grundlage bastelt, bastelt auf eigene Gefahr!
2. Das hier ist eine privat und hobbymäßig zusammengestellte Dokumentation. Der Autor übernimmt keine Garantie für die Korrektheit der hier beschriebenen Inhalte.
3. Ich übernehme keine Folgekosten, die durch evtl. Anwendung der hier beschriebenen Informationen entstehen könnten.
4. Das Basteln in elektrischen Geräten kann für nicht Sachkundige ein hohes Risiko von Verletzungen aller Art bedeuten. Sollten Sie nicht sachkundig sein, lassen Sie bitte lieber die Finger davon.
5. Die kommerzielle Nutzung des hier beschriebenen Wissens ist nicht vorgesehen.
6. Alle Meinungsäußerungen (insbesondere über Firmen oder Hersteller) sind stets rein subjektiver Natur und spiegeln nur unsere eigenen Erfahrungen oder persönlichen Vorlieben wider. Sie sind weder als Werbung noch Verunglimpfung dieser Firmen oder Hersteller zu verstehen, sondern als persönliche Meinungsäußerung aufzufassen.
7. Dieses Buch wurde nach bestem Wissen und Gewissen erstellt und erhebt keinen Anspruch auf Fehlerfreiheit.

Urheberrecht

Dieses Dokument unterliegt dem deutschen Urheberrecht. Keine kommerzielle Vervielfältigung, Aufführung, Weitergabe, Druck. Eine kommerzielle Nutzung des hier beschriebenen Wissens ist ebenfalls nicht vorgesehen.

Elektronische Vervielfältigung

Dieses Dokument wird auf elektronischem Wege veröffentlicht (PDF-Datei zum kostenfreien Download im Internet). Eine kostenlose(!) Weitergabe dieses Dokuments für rein private Nutzung ist ausdrücklich erlaubt und erwünscht. Auch wird das Ausdrucken dieses Dokuments (auch in Teilen) erlaubt. Voraussetzung ist auch hier die rein private Nutzung.

Gewähr

Ich übernehme weder Gewähr für die Richtigkeit der Inhalte noch übernehme ich Haftung für Risiken und Folgen, die aus der Verwendung/Anwendung der hier aufgeführten Inhalte entstehen könnten. Nicht-Sachkundigen rate ich generell von Eingriffen in elektrischen Geräten und Anlagen dringend ab! Insbesondere verweisen wir auf die strikte Einhaltung der aktuell gültigen Sicherheitsvorschriften von VDE und Berufsgenossenschaft über die elektrische Sicherheit!

Rechtliche Absicherung

Grundsätzlich berufe ich mich auf das Menschenrecht der freien Meinungsäußerung nach Artikel 5, Absatz 1 des Grundgesetzes. Dennoch mache ich es mir zu eigen, von den in den Berichten möglicherweise namentlich vorkommenden Personen vor der Veröffentlichung eine Zustimmung einzuholen. Wenn Sie jedoch der Meinung sind, dass Sie persönlich betroffen sind und das in Ihrem Fall versäumt wurde, und Sie sind darüber verärgert, so bitten wir um eine umgehende Kontaktaufnahme (ohne Kostennote!) mit mir. Das gilt auch für den Fall, wenn die hier bereitgestellten Inhalte fremde Rechte Dritter oder gesetzliche Bestimmungen verletzen sollten. Ich garantiere, dass die zu Recht beanstandeten Passagen unverzüglich entfernt werden, ohne dass von Ihrer Seite die Einschaltung eines Rechtsbeistandes erforderlich ist. Dennoch von Ihnen ohne vorherige Kontaktaufnahme ausgelöste Kosten werde ich vollumfänglich zurückweisen und gegebenenfalls Gegenklage wegen Verletzung vorgenannter Bestimmungen einreichen.

Haftungshinweise

Trotz sorgfältiger inhaltlicher Kontrolle übernehme ich keine Haftung für die Inhalte externer Links. Für den Inhalt der verlinkten Seiten sind ausschließlich deren Betreiber verantwortlich.

Kontakt:

Marc.Michalzik@bymm.de

Dieser Artikel unterliegt dem Urheberrecht. © ®. Alle Rechte vorbehalten.

Hammond® und Leslie® sind eingetragene Warenzeichen von Hammond Suzuki Inc.

2025 Marc Michalzik
V2.20

In stillem Gedenken an Ulrich Zwarg, *15.09.1929, † 18.05.2025