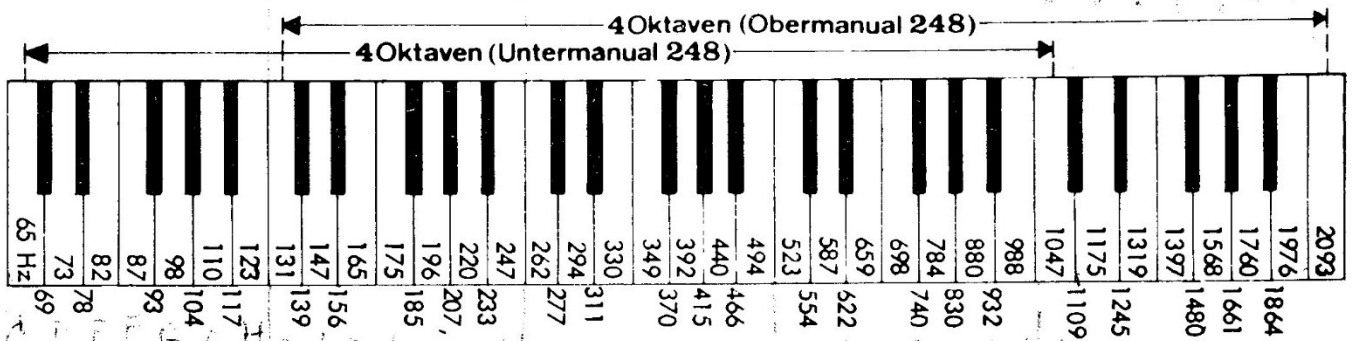


Bauanleitung

LSI-MOS-Tongenerator DT 74

BA.-Nr. 211

1. Manual mit Frequenzangabe für die Tonlage 8'.



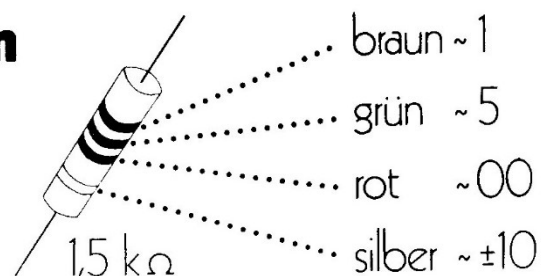
2. Farbencode für Widerstände.



FARBE:	1. RING = 1. ZIFFER	2. RING = 2. ZIFFER	3. RING = Zahl der Nullen	4. RING = TOLERANZ
Schwarz	0	0	keine 0	----
Braun	1	1	0	----
Rot	2	2	00	2%
Orange	3	3	000	----
Gelb	4	4	0000	----
Grün	5	5	00000	----
Blau	6	6	000000	----
Violett	7	7	0000000	----
Gräu	8	8	00000000	----
Weiss	9	9	000000000	----
Silber	-	-	×0,01	10%
Gold	-	-	×0,1	5%

3. Umrechnung von Widerständen und Kondensatoren.

1 Megohm (M Ω) = 1000 Kilohm (k Ω)
 1 Kilohm = 1000 Ohm (Ω)
 1 Mikrofard (μF) = 1000 Nanofard (nF)
 1 Nanofard = 1000 Picofard (pF)





Bauanleitung

**LSI-MOS-
Tongenerator
DT 74**

ist leer ...



Inhalt	Seite
A. Einführung	5
I. Aufgaben des Tongenerators	5
II. Grundprinzipien der elektronischen Tonerzeugung	5
III. Der digitale LSI - MOS - Generator DT 74	8
IV. Die besonderen musikalischen Möglichkeiten des DT 74	9
1. Vibrato	9
2. Einschwingvibrato und Vibrato-Unterbrechung	9
3. Gesamtstimmung	9
4. "Slalom"-Effekt	9
5. Transposer	9
6. Hawaii-Effekt	9
V. Hinweise zum Aufbau und zu den Bauanleitungen	11
VI. Rechteckgenerator oder Sägezahngenerator?	11
B. Schaltung	15
C. Lieferumfang, Stückliste	18
D. Bestücken der Platine DT 74	19
I. Drahtbrücken	19
II. Widerstände	19
III. IC-Fassungen	22
IV. Dioden	22
V. Transistoren	23
VI. Kondensatoren	23
VII. Winkelstecksockel	24
VIII. Lötsteckstife	24
IX. Trimpotentiometer	24
X. Oszillatorspule	24
XI. Integrierte Schaltkreise	24



E. Prüfung des Tongenerators vor dem Einbau	25
I. Prüfung des Tonerzeugungsteiles	25
II. Prüfung des Vibratos	25
III. Weitere Prüfungen	26
F. Mechanischer Einbau des Tongenerators und seiner Bedienungselemente	27
I. Einbau der Platine DT 74	27
II. Einbau der Bedienungselemente	27
1. Vibrato-Regler	27
2. Regler für "Slalom"	27
3. Regler für Gesamtstimmung	29
4. Fußschalter für Hawaii-Effekt	29
5. Schalter für Einschwingvibrato und Schwebungsvibrato	30
6. Schaltergruppe Transposer	30
G. Verdrahtung	32
H. Stimmung und Prüfung des Tongenerators nach dem Einbau	37
I. Stimmen ohne "Slalom" und ohne "Transposer"	37
II. Stimmen bei betriebsbereitem "Slalom"-Regler	37
III. Stimmen des Transposers	38
IV. Prüfung der sonstigen Funktionen	39
J. Besondere Hinweise	40



BAUANLEITUNG

BA-NR. 211

für den neuen digitalen LSI - MOS - Tongenerator DT 74

A. Einführung

Mit dem Erscheinen der hier vorliegenden Baumappe im Herbst 1974 geht gewissermaßen ein Stück "WERSI-Geschichte" zu Ende: Der seit mehr als fünf Jahren bekannte und bewährte Rechteckgenerator RG 869 wird abgelöst. Durch einen Rechteckgenerator. Er heißt DT 74, "D" für "digital" und "T" für "Tongenerator". Die Zusätze "LSI" und "MOS" weisen auf besondere Integrationstechniken in den verwendeten integrierten Schaltkreisen hin. ¹⁾

Wenn Sie jetzt nicht weiterlesen, sondern sofort mit dem Aufbau Ihres Generators beginnen, (Seite 19) ist er vielleicht eine halbe Stunde früher fertig. Auch wenn Sie sich damit begnügen zu wissen, daß "Rechteckgenerator" keine Bezeichnung für einen viereckigen Tongenerator ist, und daß es außerdem auch noch Sinus- und Sägezahngeneratoren gibt, können Sie die folgenden 12 Seiten überschlagen. Wenn Sie es aber interessiert, warum unser neuer Generator wiederum ein Rechteckgenerator ist, und wenn Sie wissen wollen, was er außer der Tonerzeugung noch an zusätzlichen Effekten zu bieten hat, empfehlen wir, das Kapitel A zu Ende zu lesen. Wir haben es bewußt kurz und - wie wir hoffen - allgemeinverständlich gefaßt und klären darin auch eine Reihe von Grundbegriffen, deren Verständnis evtl. den Aufbau des Tongenerators erleichtern kann.

I. Aufgaben des Tongenerators

Der Tongenerator einer Elektronenorgel hat die Aufgabe, eine Reihe niederfrequenter elektrischer Schwingungen zu erzeugen, die gewissermaßen das Rohmaterial darstellen, welches in geeigneten Tonformungsschaltungen vielfältig umgeformt und schließlich in Klängen der verschiedensten Färbungen über einen Lautsprecher hörbar gemacht wird.

Da das menschliche Ohr außerordentlich empfindlich gegenüber Tonhöhen Schwankungen ist, müssen die vom Tongenerator abgegebenen elektrischen Schwingungen extrem frequenzstabil sein, und auch ihr Verhältnis zueinander darf sich nicht ändern. Ebenso wenig dürfen Temperaturschwankungen, Änderungen der Versorgungsspannung und mechanische Erschütterungen die Stimmung des Generators beeinträchtigen. Daß diese Forderungen nur durch einen relativ großen Aufwand und erhöhte Ansprüche an Qualität und Langzeitverhalten der verwendeten Bauelemente erfüllt werden können, bedarf wohl keiner näheren Erörterung.

Um das gesamte dem menschlichen Ohr zugängliche Frequenzspektrum zu erfassen, genügt die Erzeugung von 96 Tönen, also von 8 Oktaven (C 1 bis h 5), eine Erweiterung des Generatorumfangs auf 9 oder gar mehr Oktaven hätte in der Praxis wenig Sinn, weil bereits in den angrenzenden Oktavbereichen unterhalb von C 1 und oberhalb von h 5 die Hörbarkeitsgrenze erreicht bzw. überschritten wird. Aus diesem Grund verwendeten wir bisher grundsätzlich einen 8-Oktaven-Generator, auch der neue Generator DT 74 umfaßt "nur" 8 Oktaven. Der weitaus größte Teil aller Elektronenorgeln begnügt sich bereits mit einem Umfang von sechs oder weniger Oktaven.

II. Grundprinzipien der elektronischen Tonerzeugung

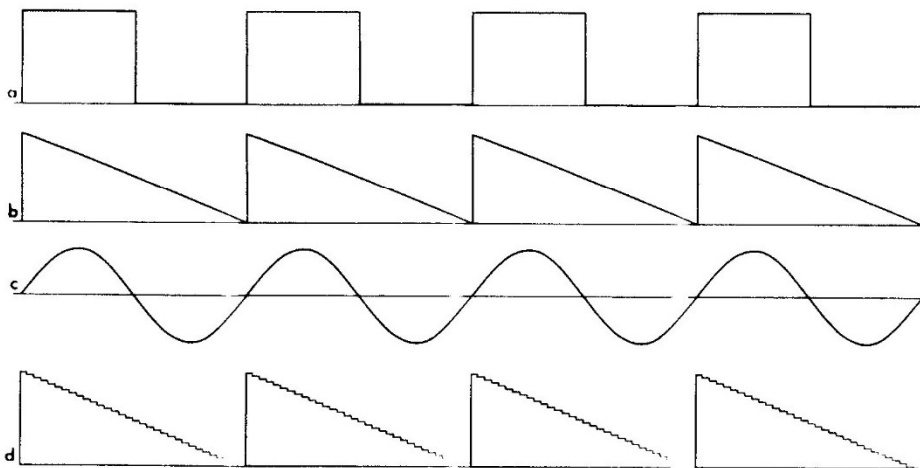
Die früher oft verwendeten mechanischen Generatoren mit elektromagnetischer Abtastung einzelner Ton(zahn)räder sind, ebenso wie auch mechanisch-opto-elektronisch arbeitende Systeme in den letzten Jahren im wesentlichen von drei vollelektronischen Generatorformen abgelöst worden: Entsprechend der Form des von ihnen gelieferten Ausgangssignals sind dies der Rechteckgenerator, der Sägezahngenerator und der Sinusgenerator. (Abb. 2) In jüngster Zeit werden auch Versuche mit einem von Rechteck auf Sägezahn umschaltbaren Generator gemacht; hierzu stellt die Firma Siemens einen speziellen integrierten Schaltkreis mit der Bezeichnung "Treppenspannungsgenerator SAJ 2o5" her.

1) LSI: Large Scale Integration

MOS: Metal Oxide Semiconductor



Abb. 2: Verschiedene Schwingungsformen: a) Rechteck b) Sägezahn c) Sinus d) Treppenspannung

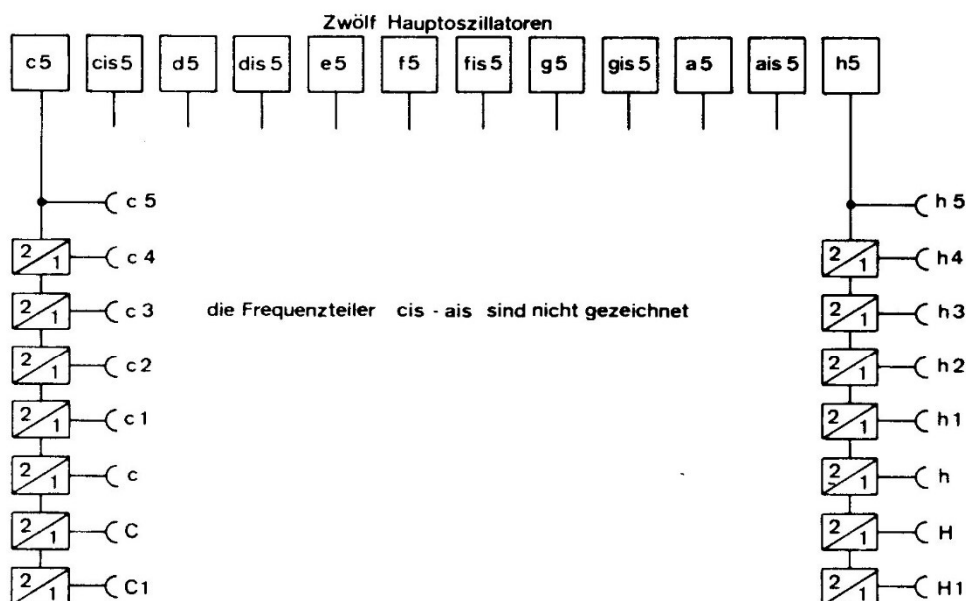


Während aus später dargelegten Gründen dem Sinus- und dem Sägezahngenerator nur noch eine untergeordnete Bedeutung zukommt, hat sich bei allen führenden Orgelherstellern der Rechteckgenerator aufgrund seiner technischen und musikalischen Vorzüge allgemein durchgesetzt.

Die drei genannten Generatorformen werden in der Regel als Dauertongeneratoren konstruiert, d.h., alle erzeugten Töne stehen ständig zur Verfügung, im Gegensatz zu sog. Kurztongeneratoren, die erst im Moment des Tastendrucks anschwingen.

Da es in der Praxis nur mit unvermeidbar hohem Aufwand gelingt, alle Töne einzeln und unabhängig voneinander zu erzeugen und in der Stimmung konstant zu halten - ganz abgesehen von dem Problem, einen solchen Generator exakt einzustimmen - arbeiten die meisten Tongeneratoren für elektronische Orgeln nach dem Prinzip der fortgesetzten Frequenzteilung: Es werden in zwölf sog. Hauptoszillatoren nur die zwölf für die oberste Oktave benötigten Halbtöne erzeugt und aus diesen Tonschwingungen dann durch mehrmalige Frequenzteilung im Verhältnis 2 : 1 die tiefer liegenden Oktavtöne hergeleitet. Das in Abb. 3 dargestellte Blockschaltbild möge dieses Prinzip veranschaulichen.

Abb. 3: Blockschaltbild eines Tongenerators mit 12 Hauptoszillatoren und 12 Siebenfach-Frequenzteilerstufen





(Dem vom Hauptoszillator erzeugten Ton a 5 beispielsweise entspricht eine Schwingung von genau 7040 Hz, die nachsttiefer Oktave dazu, a 4, hat genau halb so viel Schwingungen, also 3520 Hz, dann folgt a 3 mit 1760 Hz usw. Nach siebenmaliger Teilung durch den Divisor 2 gelangt man schließlich zu A 1, entsprechend 55 Hz.)

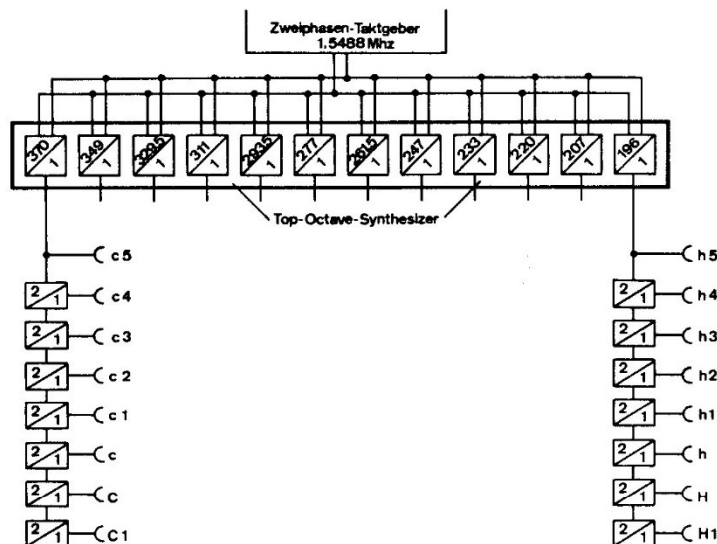
Dieses Prinzip der Oktavsynchronisation bringt also gegenüber Einzeltongeneratoren den - vor allem für den Orgel-Selbstbauer - entscheidenden Vorteil, daß nur noch die zwölf Hauptoszillatoren eingestimmt zu werden brauchen, womit alle Oktavtöne der jeweiligen Kaskade automatisch stimmen.

Am sichersten läßt sich dieser Grundgedanke bei Rechteckgeneratoren realisieren, zumal die Halbleiterindustrie dazu Siebenfach-Frequenzteiler in Form von technisch ausgereiften Integrierten Schaltkreisen (SAJ 110, SAJ 210, SAJ 410) anbietet, die auch von uns eingesetzt werden, und die in der Selbstbau-Organ eine erhebliche Erleichterung des Nachbaues, eine Verringerung der Fehlermöglichkeiten und eine Erhöhung der Betriebssicherheit bedeuten.

Etwas problematisch ist die Frequenzteilung bei Sägezahngeneratoren, vor allem dann, wenn dazu Sperrschwinger-Teiler benutzt werden, die leicht in Quint- oder Terzteilungen "umkippen" können. — Noch schwieriger wird die Oktavsynchronisation bei Sinusoszillatoren, weshalb diese Generatorform kaum verwendet wird.

Es liegt nun nahe, noch einen weiteren Schritt zur Vereinfachung zu tun, indem man die zwölf höchsten Töne, die bisher von zwölf einzelnen Hauptoszillatoren geliefert wurden, aus einem einzigen Oszillator herleitet. Aus dem musikalischen Fundamentalgesetz, nach dem sich in der gleichtemperierten Tonskala die Frequenzen benachbarter Halbtöne stets um den Faktor $\sqrt[12]{2}$ unterscheiden, läßt sich erkennen, daß aus einer hinreichend hohen Ausgangsfrequenz (einige MHz) durch Frequenzteilung in verschiedenen Verhältnissen (etwa 1 : 200 bis 1 : 1000) zunächst wiederum nur die zwölf höchsten Töne mit großer Genauigkeit abgeleitet werden können, aus denen dann in der oben dargelegten Weise durch fortgesetzte Frequenzteilung im Verhältnis 2 : 1 die tieferen Oktavtöne gewonnen werden (Abb. 4). Damit sind sämtliche Töne an eine einzige Taktfrequenz gekoppelt, d.h., ein solcher Generator hat den großen Vorteil, daß er sich intern überhaupt nicht mehr verstimmen kann; eine Änderung der Taktfrequenz hat zwar auch eine Änderung aller Einzeltöne zur Folge (was zur Festlegung der absoluten Tonhöhen ausgenutzt wird), jedoch bleibt das Verhältnis aller Töne zueinander immer konstant. Unser neuer Tongenerator DT 74 wurde nach dem zuletzt dargestellten Prinzip konzipiert, er sei im folgenden Abschnitt näher betrachtet.

Abb. 4: Blockschaltbild eines digitalen Tongenerators





III. Der digitale LSI - MOS - Tongenerator DT 74

Die praktische Verwirklichung des zuletzt angesprochenen Prinzips - also die digitale Erzeugung der zwölf höchsten Töne aus nur noch einer einzigen hochfrequenten Taktschwingung - scheiterte bisher an dem unvermeidbar hohen schaltungstechnischen Aufwand für die erforderlichen Frequenzteilerstufen. Mit diskreten Bauelementen praktisch nicht zu realisieren, bedurfte es erst der heutigen Kenntnisse und Möglichkeiten in der Herstellung hochgradig integrierter Schaltungen, um einen solchen "Top-Octave-Synthesizer" in Form eines integrierten Schaltkreises wirtschaftlich zu konzipieren.

Erst seit etwa drei Jahren bietet die Halbleiterindustrie akzeptable Schaltkreise an, die entweder nach dem Teilungs-Prinzip (Firmen Motorola, Mostek, Sanyo u.a.) oder nach dem sog. Ausblendprinzip (Firmen Valvo, Intermetal) arbeiten. Beide Systeme hatten jedoch bisher bei allen Vorteilen noch gravierende Fehler, die eine Anwendung in Orgelgeneratoren anspruchsvollerer Modelle zweifelhaft erscheinen lassen: Die nach dem Teilungs-Prinzip arbeitenden Schaltkreise zeigten zu hohe Frequenzfehler (bis zu mehr als 2 cent Abweichung von den Sollfrequenzen und z.T. schwebungsfreie Quinten, was für den Einsatz im sakralen Bereich untragbar ist), die Schaltkreise nach dem Ausblend-Prinzip sind zwar frequenzgenauer, erzeugen dafür aber ein zu hohes Phasen-Jitter, welches sich in Form von tiefliegenden unharmonischen Fremdtönen störend bemerkbar macht.

Obwohl inzwischen eine ganze Reihe von Orgelherstellern sich dieses im Grunde genommen eleganten Tonerzeugungsprinzip bedienen (einer der in Deutschland bekanntesten Vertreter dieser IC-Gattung ist der 24polige LM 8071, entwickelt von der japanischen Firma Sanyo, der vor allem in Verbindung mit dem umschaltbaren Rechteck/Sägezahn-Teiler SAJ 205 eingesetzt wird), behielten wir bis heute unseren alten Tongenerator RG 869 bei, der - bei richtiger Stimmung, versteht sich - allen bisher lieferbaren Top-Octave-Synthesizern in der Frequenzgenauigkeit überlegen war.

Zwar haben auch wir, der technischen Entwicklung folgend, bereits seit einem Jahr einen digitalen Tongenerator mit den Schaltkreisen MC 1183 und MC 1184 (Motorola) in unser Lieferprogramm aufgenommen, doch wurde er wegen der erwähnten Frequenzfehler nur für solche Anwendungsfälle eingesetzt, in denen die genannten Fehler nicht stören, so z.B. als Tongeber für den Begleitautomaten oder für ein orgelunabhängiges Pedal.

Erst heute, im Herbst 1974 haben wir uns entschlossen, unseren alten Rechteckgenerator RG 869, bei dem die zwölf höchsten Töne noch einzeln gestimmt werden mußten, durch einen digitalen Generator, dessen Stimmung nur noch von einer einzigen Taktfrequenz abhängt, zu ersetzen, da es erst jetzt einen integrierten Schaltkreis gibt, der zwar alle Vorteile, nicht jedoch die oben angesprochenen Nachteile zeigt, und der damit auf allen musikalischen Teilgebieten eingesetzt werden kann. Er hat die Herstellerbezeichnung TMS und zeigt weder schwebungsfreie Quinten noch Phasen-jitter, und seine Frequenzgenauigkeit liegt mit Abstand besser als bei allen nach dem gleichen Prinzip arbeitenden Schaltkreisen. Bei Ansteuerung mit einer Taktfrequenz von 1,5488 MHz ergibt sich für den Ton a 1 eine Frequenz von genau 440 Hz, was der heutigen internationalen Norm entspricht. Alle übrigen Töne stehen dazu automatisch im richtigen Verhältnis.



IV. Die besonderen musikalischen Möglichkeiten des Tongenerators DT 74

Aus der Kopplung aller Orgeltöne an eine einzige Taktfrequenz ergeben sich neben dem Wegfall des Stimmungsproblems eine Reihe interessanter Möglichkeiten:

1. Vibrato

Vor allem in der Unterhaltungsmusik ist eine Orgel ohne Vibrato-Effekt undenkbar, aber auch im Bereich der sakralen Musik wird gelegentlich ein langsam schwebendes Vibrato benötigt.

Die Vibrato-Erzeugung ist bei dem Tongenerator DT 74 sehr einfach: Durch periodisches Ändern der Taktfrequenz ergibt sich eine Frequenzmodulation aller Töne, d.h., es entsteht ein Vibrato in Form einer periodischen Tonhöhen-schwankung. - Gegenüber herkömmlichen Generatoren mit 12 einzelnen Mutteroszillatoren oder gar mit Einzeltonerzeugung kann es beim digitalen Generator niemals zu einem unterschiedlichen Vibratohub bei den einzelnen Tönen kommen.

Die Stärke und die Schnelligkeit des Vibratos können stufenlos geregelt werden, auch ist eine Umschaltmöglichkeit auf ein extrem langsames, sogenanntes "Schwebungsvibrato" gegeben.

2. Einschwingvibrato und Vibrato-Unterbrechung

Der Charakter von Solo-Instrumenten wie Trompete, Klarinette, Streicher, Rankett u.a. wird wesentlich besser getroffen, wenn der Toneinsatz vibratofrei bleibt, und erst nach kurzer Verzögerungszeit ein Vibrato allmählich anschwingt. Der Tongenerator DT 74 erlaubt ein solches Einschwingvibrato - gelegentlich auch "touch-control" genannt - entweder in Verbindung mit einem Fußkontakt oder automatisch in Verbindung mit der Baugruppe "Effekte".

3. Gesamtstimmung

Oft ist es erforderlich, die Stimmung der Orgel an andere Instrumente anzupassen. Das ist bei dem digitalen Tongenerator DT 74 sehr einfach: Durch Änderung der Taktfrequenz (am Regler "Gesamtstimmung") kann der Generator bewußt auch "falsch" gestimmt werden, wobei jedoch - und das ist wesentlich - das Verhältnis der Töne zueinander immer richtig bleibt. Der Regelbereich beträgt etwa einen Halbtonschritt.

4. Slalom-Effekt

Das digitale Tonerzeugungsprinzip erlaubt einen weiteren, besonders interessanten Effekt, der bei Einzeloszillatoren kaum erzielbar ist: Die Frequenzen aller 96 Töne können gleichzeitig um eine volle Oktave (nach unten) "verstimmt" werden, was durch stufenlose Änderung der Taktfrequenz (mit dem Schieberegler "Slalom") erreicht wird. Die bekannte "Gummi-Posaune" läßt sich damit ebenso gut imitieren wie ein stufenloses Glissando oder der von Synthesizern her bekannte Gleit- und Zieh-Effekt.

5. Transposer

In der Praxis kommt es immer wieder vor, daß eine bestimmte Notenvorlage in eine andere Tonart transponiert, d.h. umgeschrieben (oder zumindest "umgedacht") werden muß, sei es aus Gründen der Anpassung an andere Instrumente oder sei es aus Gründen des persönlichen Geschmacks. Auch beim Spielen ohne Noten steht man mitunter vor dem Problem, plötzlich beispielsweise fis-Dur spielen zu müssen (weil die Partner oder evtl. der Kassettenrecorder es so verlangen), obwohl man sich viel lieber einer gebräuchlicheren Tonart bedienen möchte.

Diese Probleme können bei dem neuen Tongenerator DT 74 in eleganter Weise durch den sog. "Transposer" gelöst werden. Dieser Zusatz in Form einer Schaltergruppe mit 11 Drucktasten nimmt Ihnen (durch genau definierte Umschaltung der Taktfrequenz) die Denk- und Schreibarbeit des Transponierens ab. Gleichgültig ob Sie nach Noten oder auswendig spielen - Sie können sich in jedem Fall eine bequem spielbare Tonart aussuchen und durch entsprechende Einstellung der Transposer-Drucktasten (Tabelle 1) jede gewünschte andere Tonart erklingen lassen.

6. Hawaii-Effekt

Schließlich bildet auch der Hawaii-Effekt noch einen zwar weniger häufig angewandten dafür aber um so wirkungsvolleren Effekt: Beim Betätigen eines seitlich an der Trittplatte des Fußschwellers angebrachten Schalters sinkt die Stimmung der Orgel sehr rasch um einen halben Ton ab (was durch das digitale Tonerzeugungsprinzip für alle Töne mit der gleichen Genauigkeit möglich ist) und steigt allmählich wieder auf die ursprüngliche Höhe an. Wird der Fußkontakt nur kurz angetippt und sofort wieder losgelassen, erfolgt das Hochziehen der Stimmung etwas rascher.



Tabelle 1: Tonumsetzung mit dem Transposer

Das stark umrahmte Feld zeigt die auf den unten angedeuteten Manual-Tasten erklingenden Töne in Abhängigkeit von der Transposer-Einstellung.

Am Transposer gedrückt	Auf dem Manual gespielte Taste oder Tonart											
	c	cis	d	dis	e	f	fis	g	gis	a	ais	h
keine Taste	c	cis	d	dis	e	f	fis	g	gis	a	ais	h
cis	cis	d	dis	e	f	fis	g	gis	a	ais	h	c
d	d	dis	e	f	fis	g	gis	a	ais	h	c	cis
dis	dis	e	f	fis	g	gis	a	ais	h	c	cis	d
e	e	f	fis	g	gis	a	ais	h	c	cis	d	dis
f	f	fis	g	gis	a	ais	h	c	cis	d	dis	e
fis	fis	g	gis	a	ais	h	c	cis	d	dis	e	f
g	g	gis	a	ais	h	c	cis	d	dis	e	f	fis
gis	gis	a	ais	h	c	cis	d	dis	e	f	fis	g
a	a	ais	h	c	cis	d	dis	e	f	fis	g	gis
ais	ais	h	c	cis	d	dis	e	f	fis	g	gis	a
h	h	c	cis	d	dis	e	f	fis	g	gis	a	ais



V. Hinweise zum Aufbau und zu den Bauanleitungen

Der neue Tongenerator DT 74 entspricht in den äußeren Abmessungen und in der Anordnung der einzelnen Ton-Kaskaden dem alten Generator RG 869 und kann auch im Hinblick auf das Umrüsten einer bereits länger bestehenden Orgel ohne weiteres gegen diesen ausgetauscht werden. Auch er wird auf nur einer einzigen gedruckten Leiterplatte von 29 x 12,5 cm aufgebaut, und die Verbindung der 96 Ton-Ausgänge mit der gedruckten Verharfung an den Tastenkontakten erfolgt nach wie vor über die gleichen fertig ausgebondenen Kabelbäume mit zwölf 8poligen Anschleusteckern. Die Kontaktflächen an der Platine für diese Stecker sind vergoldet. Neu ist, daß auch alle übrigen Leitungen (Stromversorgung, Vibratosteuerung usw.) jetzt über eine zehnpolige Steckverbindung laufen, so daß der DT 74 ohne Lötverbindungen ein- und ausgebaut und evtl. auch hier bei uns rasch und kostensparend an einen Service-Diagnosestecker angeschlossen werden kann.

Durch den Einsatz von nunmehr 15 integrierten Schaltkreisen und die Reduzierung von 12 Hauptoszillatoren auf einen einzigen sind insgesamt nur noch etwa 2/3 der früheren Lötarbeiten erforderlich, was die Betriebs- und Nachbausicherheit weiter erhöht.

Eine Stimmung des neuen Generators im herkömmlichen Sinne ist wegen des neuartigen Tonerzeugungsprinzips überflüssig, da auch schon ohne irgendwelche Abstimm-Maßnahmen alle 96 Töne automatisch im richtigen Verhältnis zueinander stehen. Lediglich die absolute Tonhöhe muß noch festgelegt werden, was problemlos an zwei erschütterungsunempfindlichen "Cermet"-Trimpotentiometern erfolgt.

Eine Abhängigkeit der Stimmung von der Umgebungstemperatur ist innerhalb der in der Praxis auftretenden Grenzen nicht nachweisbar, wir möchten jedoch darauf hinweisen, daß die Stimmung von der Speisespannung abhängt, d.h. nach dem Festlegen der Grundstimmung sollte die von dem elektronisch stabilisierten Netzteil gelieferte Spannung nicht mehr verändert werden.

Der Aufbau und die Verdrahtung des neuen Tongenerators werden ab Seite 19 ausführlich dargestellt. Bitte, betrachten Sie diese Angaben nicht als wohlgemeinte Ratschläge, sondern als verbindliche Vorschriften! -- Sofern andere Bauanleitungen sich noch auf den alten Tongenerator RG 869 beziehen, müssen diese im Sinne der hier vorliegenden Anleitung verstanden werden.

VI. Rechteck- oder Sägezahngeneratoren oder was sonst?

— Eher eine kleine Plauderei mit ein wenig Aufklärungscharakter --

Die meisten bisher bekannten Tongeneratoren für elektronische Musikinstrumente werden nach der Form der von ihnen erzeugten - zunächst noch unhörbaren - elektrischen Schwingungen benannt: So gibt es neben dem heute fast ausschließlich eingesetzten Rechteckgenerator auch noch Sinusgeneratoren, Dreiecks-, Trapez-, Sägezahn- und Treppenspannungsgeneratoren, ja sogar umschaltbare Rechteck/Sägezahn-Generatoren werden propagiert.

Gemessen an den vielen Fragen, die täglich an uns herangetragen werden, haben wir den Eindruck, daß in den Kreisen der Orgel-Selbstbauer vor allen anderen Baugruppen der Tongenerator offenbar im Mittelpunkt erregter Diskussionen steht. Gewiß, der Tongenerator ist sozusagen das "Herz" der Orgel, und er muß in vielerlei Hinsicht hohen Qualitätsanforderungen genügen, aber - und das mag Sie jetzt vielleicht überraschen - im Grunde ist die Form seines Ausgangssignals zunächst vollkommen gleichgültig. Es ist ja nicht dieses "nackte" Tonsignal, das hörbar gemacht wird, viel mehr und viel wesentlicher kommt es darauf an, daß sich dieses Signal in mannigfacher Weise umformen, abwandeln, aufbereiten und modulieren läßt, bevor es schließlich - per Lautsprecher - zum Klingen gebracht wird und einer kritischen Beurteilung standhalten muß.

Die primär zu stellende Frage dürfte also nicht lauten: "Rechteck- oder Sägezahngenerator?" (andere Alternativen stellen sich sowieso kaum), sondern müßte viel mehr aus der Sicht des Organisten, viel mehr nach den Wünschen und Vorstellungen des Praktikers am Spieltisch der Orgel - nicht des Technikers im Entwicklungslabor - umrissen werden: Wie gelingt es, einer Elektronenorgel abwechslungsreiche Register zu verleihen? - Wie können **nebeneinander** die charakterlich verschiedensten Klangfarben erzeugt werden? - Wie können **gleichzeitig** Flöten, Gedackte und Prinzipale erklingen? - Ist der obertonreiche Klang von Zungenregistern ebenso zu verwirklichen wie ein weich klingender Zugriegel-Sound? - Wie muß eine Orgel konzipiert sein, damit sie nicht eintönig wirkt und trotz vieler Register nicht monoton und auf die Dauer ermüdend klingt?

So etwa fragt der Musiker - und in die Sprache des Technikers transponiert liest sich das etwa so: Wie können gleichzeitig Sinus-Rechteck- und Sägezahnschwingungen bereitgestellt werden? - Wenn Ihnen an dieser Stelle die Zusammenhänge zwischen Flöte und Sinus, zwischen Gedackt und Rechteck und zwischen Prinzipal und Sägezahn nicht geläufig sind, empfehlen wir das Studium unserer Bauanleitung "Tonformung" (BA-Nr. 24a), in der diese Beziehungen ausführlich dargestellt sind. Hier soll nur so viel wiederholt werden:

Jeder von einem beliebigen Musikinstrument abgegebene Ton ist streng genommen kein Einzelton, sondern bereits ein Gemisch aus einzelnen Teiltönen. Bei genauer Analyse dieses Tongemischs - der Techniker spricht von Frequenzspektren - läßt sich zeigen, daß es sich aus einer sinusförmigen Grundschwingung (= 1. Teilton) und aus mehr oder weniger vielen weiteren Sinusschwingungen (sog. höhere Teiltöne), deren Frequenzverhältnis zur Grundschwingung immer ganzzahlig ist, zusammensetzt. Die höheren Teiltöne bilden also Oktaven, Quinten, Terzen usw. zum Grundton und verschmelzen mit diesem zu einem harmonischen Klangbild.



Das menschliche Ohr besitzt die bewundernswerte Fähigkeit, exakte Tonanalysen ohne technische Hilfsmittel anzustellen, und es erkennt augenblicklich das Instrument, von dem der gehörte Ton stammt. Und genau hier beginnt der große "Betrug", den die Elektronenorgel an dem menschlichen Ohr begeht: Sie serviert per Lautsprecher ein Gemisch von Teiltönen, welche dem Ohr - je nach Zusammensetzung - wie eine Klarinette oder eine Trompete oder wie irgend ein anderes Instrument erscheinen, dem Ohr ist es nämlich gleichgültig, woher es die (Luft-)Schwingungen empfängt; wenn das Teiltonverhältnis einem bekannten Instrument entspricht, wird es auch als genau dieses identifiziert.

Beispiel für ein einfaches Klarinetten-Rezept:

Man nehme ca. 60 % Grundschiwingung, 20 % 3. Harmonische, 12 % 5. Harmonische, 9 % 7. Harmonische, würze nach Belieben mit weiteren ungradzahligen Teiltönen, gut mischen - Klarinette fertig. So einfach ist das. (Techniker nennen es "Additive Tonformung"). Man braucht also lediglich einige hundert Sinusgeneratoren, und das Mischen kann beginnen; es lassen sich praktisch alle von Musikinstrumenten her bekannten Klänge zusammenstellung und noch viele andere neue dazu. (Auch jeder Laut, jedes Geräusch kann schließlich als eine Summe vieler einzelner Sinusschwingungen aufgefaßt bzw. synthetisiert werden, wobei natürlich noch Ein- und Ausschwingvorgänge zum Klangbild beitragen.)

Leider kann die erforderliche hohe Anzahl von Sinusgeneratoren nicht mit genügender Frequenzgenauigkeit aufgebaut werden, ganz zu schweigen von dem Problem des erstmaligen Einstimmens und des Konstanthaltens der Stimmung.

Da man zur Nachbildung des Klangcharakters der meisten Musikinstrumente aber sowieso keine einzelnen, reinen Sinusschwingungen, sondern eine bereits fertige Summe solcher Schwingungen benötigt, lag es nahe, nach Generatorformen zu suchen, die bereits irgendwie fertige oder halbfertige Mischungen liefern und die einfach aufzubauen sind. Solche Generatoren sind der Rechteck- und der Sägezahn-generator.

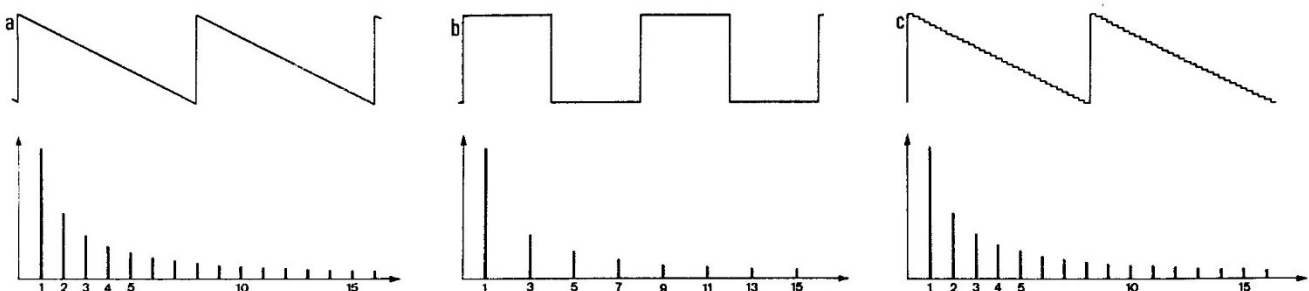
Das vom Rechteckgenerator abgegebene Tonsignal enthält neben der Grundschiwingung nur alle ungradzahligen höheren Teiltöne (bis weit über den akustisch wahrnehmbaren Bereich hinaus), der Sägezahn-generator liefert alle Teiltöne, also auch die gradzahligen. Der lautstärkemäßige Anteil der Teiltöne im Frequenzspektrum geht aus Abb. 6 hervor.

Abb. 6: Schwingungsformen und Frequenzspektren

a) Sägezahn

b) Rechteck

c) Treppenspannung



Je nach dem Klangcharakter des nachzubildenden Instruments eignet sich nun entweder die eine oder die andere Schwingungsform, aus deren Spektrum in entsprechend angelegten Filterschaltungen die erwünschten Teiltöne hervorgehoben und die unerwünschten unterdrückt werden. Diese Art der Tonformung wird als "selektive Tonformung" bezeichnet.

Es ist ein weitverbreiteter Irrglaube, wenn man annimmt, aus der obertonreicheren Sägezahnschwingung könnten die verschiedenen Orgelklangfarben besser hergeleitet werden als aus der Rechteckschwingung, die nur die ungradzahligen Teiltöne enthält. Zwar liefert eine Sägezahnschwingung alle harmonischen Teiltöne, gradzahlige wie ungradzahlige, aber - und hier liegt der Denkfehler - es werden keineswegs in allen Instrumenten alle Teiltöne benötigt, ja bei einer großen Gruppe (z.B. Bordun, Gedackt, Klarinette, Akkordeon, alle Arten von Flöten) sind nur ungradzahlige Harmonische an der Klangbildung beteiligt, das heißt aber, daß für ihre Nachbildung eine Sägezahnschwingung ungeeignet ist, da sich deren gradzahligen Teiltöne bei vernünftigem Aufwand nur unvollkommen unterdrücken lassen. Optimal können die genannten Klangfarben nur aus einem Rechtecksignal hergeleitet werden, weil in dessen Spektrum die (hier) störenden Teiltöne gar nicht erst vorhanden sind. - Vollkommen ungeeignet ist eine Sägezahnschwingung, wenn ein obertonfreies Sinussignal zur additiven Tonformung mit Zugriegeln benötigt wird, da sich die zweite Harmonische, die ja noch mit halber Amplitude im Vergleich zum Grundton im Sägezahnspektrum enthalten ist, nicht weit genug unterdrücken läßt.

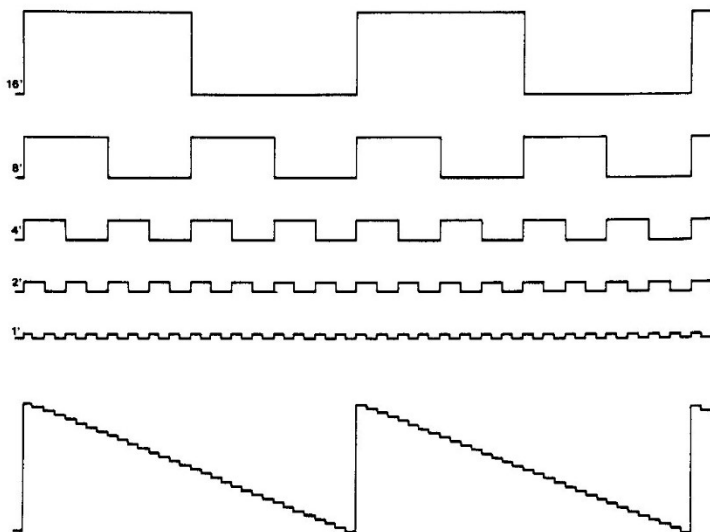
Ebenso falsch wäre es natürlich, alle Register aus einer Rechteckschwingung herzuleiten, das wäre zwar für die zuletzt erwähnten sinnvoll, nicht aber für solche, in deren Klangbild auch die gradzahligen Harmonischen enthalten sein müssen. (Prinzipale, Streicher, Trompete ...)

Fazit: In einer anspruchsvollen Orgel mit abwechslungsreichen Klangfarben werden sowohl Rechteck- als auch Sägezahnswingungen nebeneinander benötigt. Es ist wichtig, daß beide Schwingungsformen **gleichzeitig** zur Verfügung stehen und daß die Parallelität sich nicht nur auf eine Fußlage beschränkt.

Zur Erfüllung dieser Forderung sind nun keineswegs zwei verschiedene Tongeneratoren oder gar ein umschaltbarer Rechteck/Sägezahn-generator erforderlich - letzterer würde sogar völlig an dem Problem vorbeigehen. Es gelingt nämlich auf sehr einfache Weise, beide Schwingungsformen aus einem einzigen Generator, dem Rechteckgenerator herzu-leiten. Dazu werden nach Abb. 7 in einer einfachen Matrixschaltung (vgl. unsere Bauanleitung "Tonformung") meh-rere Rechteckschwingungen addiert und so eine Treppenspannung gewonnen, deren Spektrum sehr genau dem einer "echten" Sägezahnspannung entspricht.

Theoretisch könnten zwar auch aus einem Sägezahn-generator Rechteckschwingungen abgeleitet werden, was jedoch in der Praxis an einem zu hohen Aufwand scheitert, wenn sich die Umformung nicht nur auf eine einzige Fußlage beschränken soll.

Abb. 7: Bildung einer Treppenspannung durch Oktavkopplung von Rechteckschwingungen



Nach allem, was auf den letzten 9 Seiten über die verschiedenen Arten von Tongeneratoren gesagt wurde, dürfte es klar sein, warum unser neuer Generator, der DT 74, wieder ein Rechteckgenerator ist. Wir fühlen uns in unseren Über-legungen auch durch andere Orgelhersteller bestätigt: Es gibt heute keine Elektronenorgel von nennenswertem Rang mehr, die noch mit einem Sägezahn-generator arbeitet.





B. Schaltung

Die Abbildungen 8 und 9 zeigen die Schaltung des Tongenerators DT 74, deren Verständnis jedoch zum Aufbau nicht erforderlich ist. Wenn wir nachstehend dennoch eine kurze Schaltungserläuterung geben, geschieht das in der Annahme, daß Ihr Interesse nicht allein dem bloßen Nachbau des Generators gilt, sondern darüber hinaus auch dem Erfassen der Grundzüge seiner Wirkungsweise. Sollten wir uns irren, überschlagen Sie einfach dieses Kapitel.

Die beiden CMOS-Schaltkreise ¹⁾ IC 2 und IC 3 (Abb. 8) bilden in Verbindung mit der Spule L 1, der Abstimm-diode D 6, den Kondensatoren C 11 bis C 15 und den Widerständen R 23 und R 24 einen hochstabilen, temperaturkompensierten Gegentaktoszillator. Bei Normalstimmung stehen an den Punkten Ø 1 und Ø 2 (Abb. 8) gegenphasige HF-Spannungen mit einer Frequenz von 1,5488 MHz, die direkt den Top-Octave-Synthesizer IC 4 (Abb. 9) ansteuern.

Die Taktfrequenz – und damit die Stimmung des ganzen Generators – läßt sich in weiten Grenzen ändern, wenn der Kapazitätsdiode D 6 über den Widerstand R 22 eine veränderliche Spannung zugeführt wird. Diese Stimmspannung kann zum einen an dem Regler "Gesamtstimmung" eingestellt werden, womit sich eine Stimmungsänderung um ca. einen Halbtonschritt erzielen läßt, zum zweiten kann die Taktfrequenz mit dem Regler "Slalom" über eine volle Oktave hinweg beeinflußt werden, die untere und die obere Grenze werden an den Präzisions-"Cermet"-Trimpotentiometern P 1 und P 2 eingestellt. Drittens bewirkt ein Schließen des Schalters "Hawaii-Effekt" eine kurzzeitige Absenkung der Generatorstimmung um einen halben Ton, und schließlich erzeugen die Transistoren T 1 und T 2 eine niederfrequente Steuerspannung, mit der die Hochfrequenz des Taktgebers frequenzmoduliert wird. So entsteht ein Frequenzvibrato dessen Geschwindigkeit am Regler "Vibrato-Frequenz" etwa zwischen 2 und 8 Hz und dessen Stärke am Regler "Vibrato-Stärke" zwischen Null und vollem Hub eingestellt werden können. Der Schalter "Schwebungsvibrato" erlaubt die Herabsetzung der Vibratofrequenz auf den extrem niedrigen Wert von ca. 0,7 Hz. – Auch am Punkt 3 (Abb. 8) kann auf das Vibrato eingewirkt werden. Sobald dieser Punkt nach Masse geschaltet wird (entweder über einen mechanischen Schalter oder über die Elektronik der Baugruppe "Effekte", setzen die Vibratoschwingungen sofort aus, weil der Basisstrom für T 1 über die Dioden D 3 und D 1 nach Masse abgeführt wird. Nach dem Aufheben der Masseverbindung schwingt das Vibrato nicht sofort, sondern erst allmählich wieder an, die Verzögerung ist im wesentlichen durch C 2 bestimmt.

Abb. 9 zeigt den Top-Octave-Synthesizer IC 4 und eine der insgesamt 12 Frequenzteilerstufen mit IC 1. Der LSI-Schaltkreis IC 4 erzeugt durch Frequenzteilung in 12 verschiedenen Verhältnissen nebeneinander alle 12 Töne der obersten Oktave. (Musikalische Bezeichnung dieser Töne: c 5 bis h 5). Unabhängig von der Taktfrequenz stehen zwei benachbarte Halbtöne immer im Verhältnis $\sqrt[12]{2}$ d.h., die Frequenz jedes Halbtons ist um diesen Faktor größer als der darunterliegende, was die Voraussetzung für die erforderliche gleichtemperierte Stimmung der Orgel bildet. Durch diese Kopplung der 12 höchsten Töne an eine einzige Taktfrequenz ist eine interne Verstimmung des Generators gar nicht mehr möglich, eine Änderung der Taktfrequenz bewirkt zwar auch eine Änderung aller Einzeltöne, ihr Verhältnis zueinander bleibt jedoch stets konstant.

In den 12 nachgeschalteten Frequenzteilerstufen mit IC 1 werden die 7 tieferliegenden Oktaven gewonnen, indem die Eingangsfrequenz 7mal um den Faktor 2 geteilt wird. Die insgesamt 8 Töne jeder Kaskade stehen an den Ausgängen 1 bis 8 niederohmig zur Verfügung, der Ausgangswiderstand im "H"-Zustand liegt bei 200 Ohm, die Anstiegs- und Abfallzeit des Signals ist kleiner als 0,2 µs.

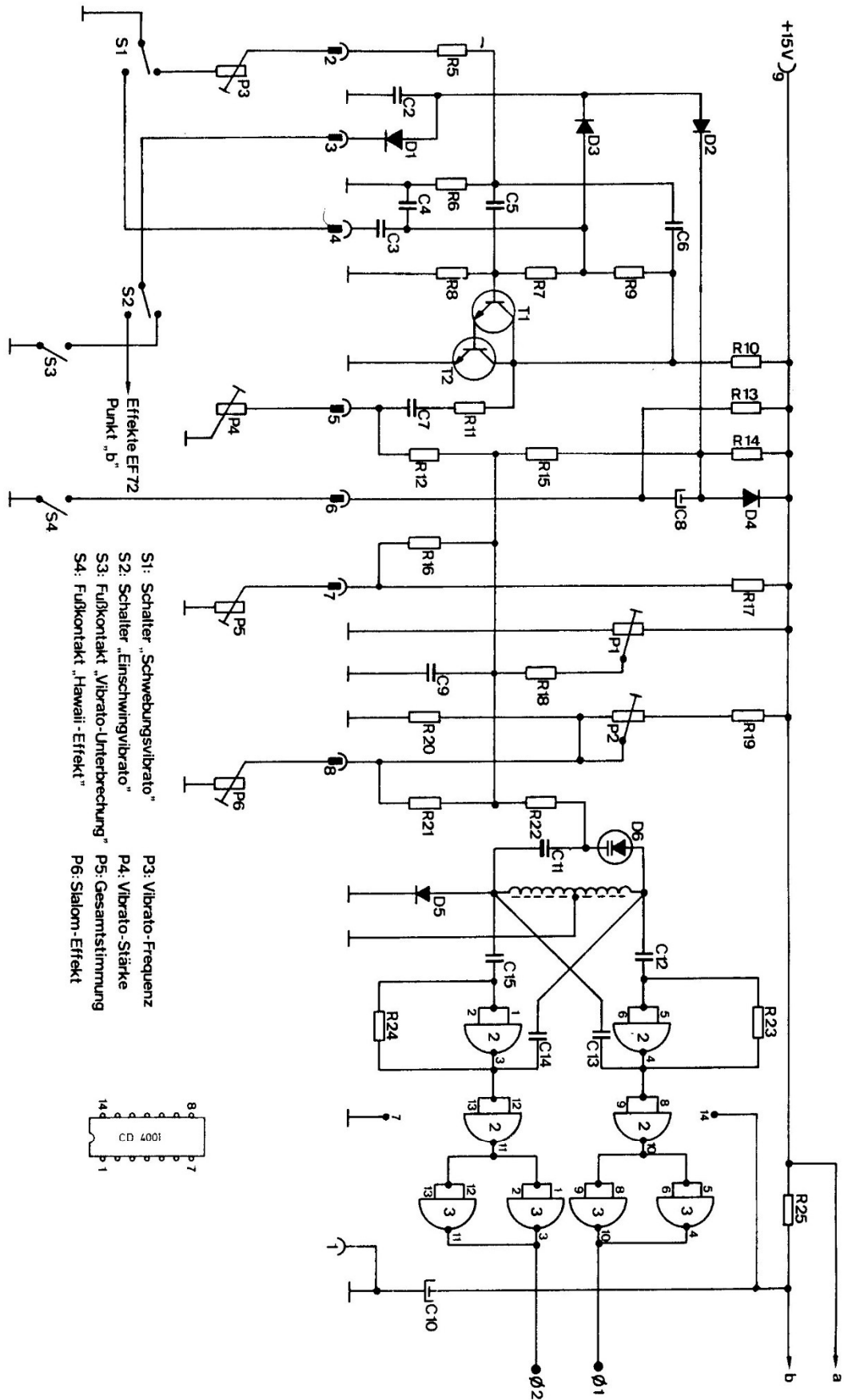
Die Versorgungsspannung für den DT 74 soll 15 Volt betragen. Sie muß stabilisiert sein. Die Stromaufnahme liegt je nach Belastung der Ausgänge - bei ca. 400 mA.

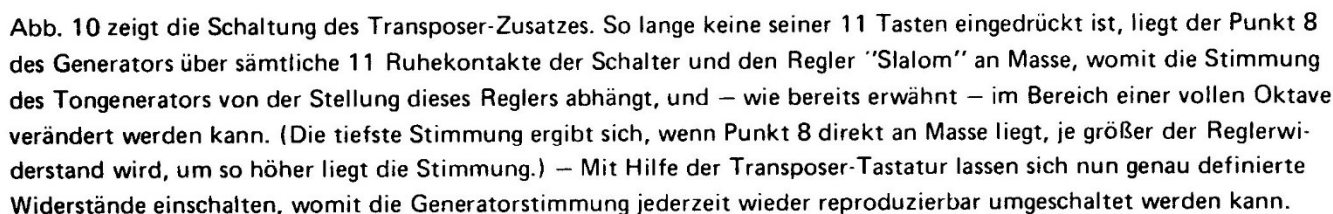
Um bei den einzelnen Kaskaden eine möglichst hohe Tonreinheit zu erzielen, ist die Betriebsspannung der Teilerstufen jeweils pro Kaskade durch die R/C-Kombination R 4/C1 gesiebt, auch die Stromversorgungen des IC 4 und des Taktgebers wurden einzeln gesiebt (R 25/C 10), womit auch gleichzeitig eine Rückwirkung auf das Netzteil und damit auf andere Baugruppen vermieden wird.

1) CMOS oder COS/MOS: Complementary Symmetry Metal Oxide Semiconductor



Abb. 8: Schaltung des Oszillator- und Steuerteils





Beim Drücken beispielsweise der Cis-Taste des Transposers wird der "Slalom"-Regler außer Funktion gesetzt und Punkt 8 des Generators über die Schalterkette D bis H, P 1 und R 1 an Masse gelegt. Das Trimpmpotentiometer P 1 wird dann so eingestellt, daß beim Drücken einer C-Taste im Manual oder Pedal der Orgel ein Cis-Ton erklingt. Sinngemäß müssen alle Trimpmpotis P 1 bis P 11 entsprechend der verlangten Transponierung eingestellt werden. — Die Transposer-Tasten besitzen gegenseitige Auslösung, werden dennoch einmal zwei Tasten gleichzeitig gedrückt, stellt sich automatisch die höhere Stimmung ein.

Abb. 10: Schaltung des Transposers





C. Lieferumfang

Das Baupaket "Tongenerator" enthält alle Bauteile, die zum Auf- und Einbau des Generators sowie zu seiner Verdrahtung erforderlich sind. In Lieferung und Preis eingeschlossen sind auch alle Teile zur Erzeugung des Frequenzvibratos, des Einschwingvibratos, des Schwebungsvibratos (ausgenommen Schaltergruppe), des Hawaii-Effektes, der Gesamtstimmung und des "Slalom"-Effektes.

Stückliste			Verpackungsbeutel-Nr.
1.	144	Widerstände (Werte laut Tabelle 1) – R 1 bis R 25	1 bis 9
2.	15	IC-Steckfassungen	10
3.	5	Dioden 1 N 4148 – D 1 bis D 5	11
4.	1	Diode MV 1401 (Abstimm-diode) – D 6	12
5.	2	Transistoren BC 237 (BC 171) – T 1 und T 2	13
6.	26	Kondensatoren (Werte laut Tabelle 1) – C 1 bis C 15	14 bis 22
7.		Kleinteile zur Platine DT 74 (siehe Packzettel)	23
8.	2	"Cermet"-Trimmpotentiometer 100 kOhm – P 1 und P 2	24
✓ 9.	1	Oszillatorspule – L 1	24
10.	12	Integrierte Schaltkreise SAJ 110 – IC 1	25
11.	2	Integrierte Schaltkreise CD 4011 – IC 2 und IC 3	26
12.	1	Integrierter Schaltkreis TMS 3839 – IC 4	27
13.	12	Anschliebestecker, achtpolig	28
14.		Teile für "Gesamtstimmung" (siehe Packzettel)	29
15.		Teile zum "Slalom"-Effekt (siehe Packzettel)	30
✓ 16.		Teile zum "Hawaii"-Effekt (siehe Packzettel)	31
17.	1	Platine DT 74	ohne
18.	1	Abschirmplatte dazu	ohne
19.	25 m	dünne Schalltltze (0,14 mm ²)	ohne
20.	5 m	dicke Schalltltze (1 - 1,5 mm ²)	ohne
21.	5 m	Lötzinn 1 - 1,5 mm Ø	ohne



D. Bestücken der Platine DT 74

Der Tongenerator DT 74 wird auf der gleichnamigen Platine (Abb. 1 und 11) aufgebaut, wobei der weiße Positionsdruck (Abb. 12) die Lage der verschiedenen Bauelemente angibt. Wenn Sie das Firmenzeichen im Positionsdruck lese-richtig betrachten, liegen am unteren Platinenrand die Frequenzteilerstufen c bis f, am oberen Rand die Frequenzteilerstufen fis bis h und in der Mitte – von links nach rechts – der Zwölfte-Wurzel-Zwei-Teiler (IC 4), der 1,5 MHz-Oszillator (IC 2 und 3, L 1 usw.) und ganz rechts der Vibratoteil (T 1, T 2 usw.)

Alle Bauteile werden von der Positionsdruckseite her eingesetzt und müssen soweit wie möglich durch die Bohrungen geschoben werden, d. h., dicht auf der Platine aufliegen. (Der Positionsdruck wird dadurch z. T. verdeckt, für evtl. Nachprüfungen Abb. 12 benutzen!) Nach dem Anlöten auf der Kupferseite der Platine werden alle überstehenden Drahtenden dicht über der Lötstelle abgekniffen.

Die Abkürzungen im Positionsdruck haben folgende Bedeutung:

R 1 bis R 25:	Widerstände
C 1 bis C 15:	Kondensatoren
D 1 bis D 6:	Dioden
IC 1 bis IC 4:	Integrierte Schaltkreise (mit Steckfassungen)
T 1 und T 2:	Transistoren
P 1 und P 2:	Trimpotentiometer
L 1:	Oszillatorspule

Bitte, halten Sie sich beim Bestücken der Platine an die nachstehende Reihenfolge, und beachten Sie jeweils die besonderen Hinweise. Auch ein gelegentliches Vergleichen mit Abb. 1 kann evtl. Zweifel ausräumen.

I. Drahtbrücken

Neben der Position "IC 4" müssen zwei Drahtbrücken aus blankem, versilberten Schaltdraht eingesetzt werden. Im Positionsdruck sind dafür zwei durchgehende Linien mit der Bezeichnung "2 Drahtbrücken" angegeben. (4 Lötstellen)

II. Widerstände

Außer R 23 und R 24 werden alle Widerstände liegend mit beliebiger Polarität eingebaut (Abb. 13). R 23 und R 24 werden stehend eingesetzt, d. h., eines der Drahtenden wird zweimal rechtwinklig abgeknickt, und der Widerstand so eingesetzt, daß der Widerstandskörper über der mit einem weißen Punkt überdruckten Bohrung steht. Tabelle 2 zeigt die einzelnen Widerstandswerte. Bitte, beachten Sie, daß R 1 84mal vorhanden ist, R 2, R 3 und R 4 je 12mal! Insgesamt müssen 141 Widerstände bestückt werden (282 Lötstellen).



Abb. 11: Leiterbahnseite der Platine DT 74

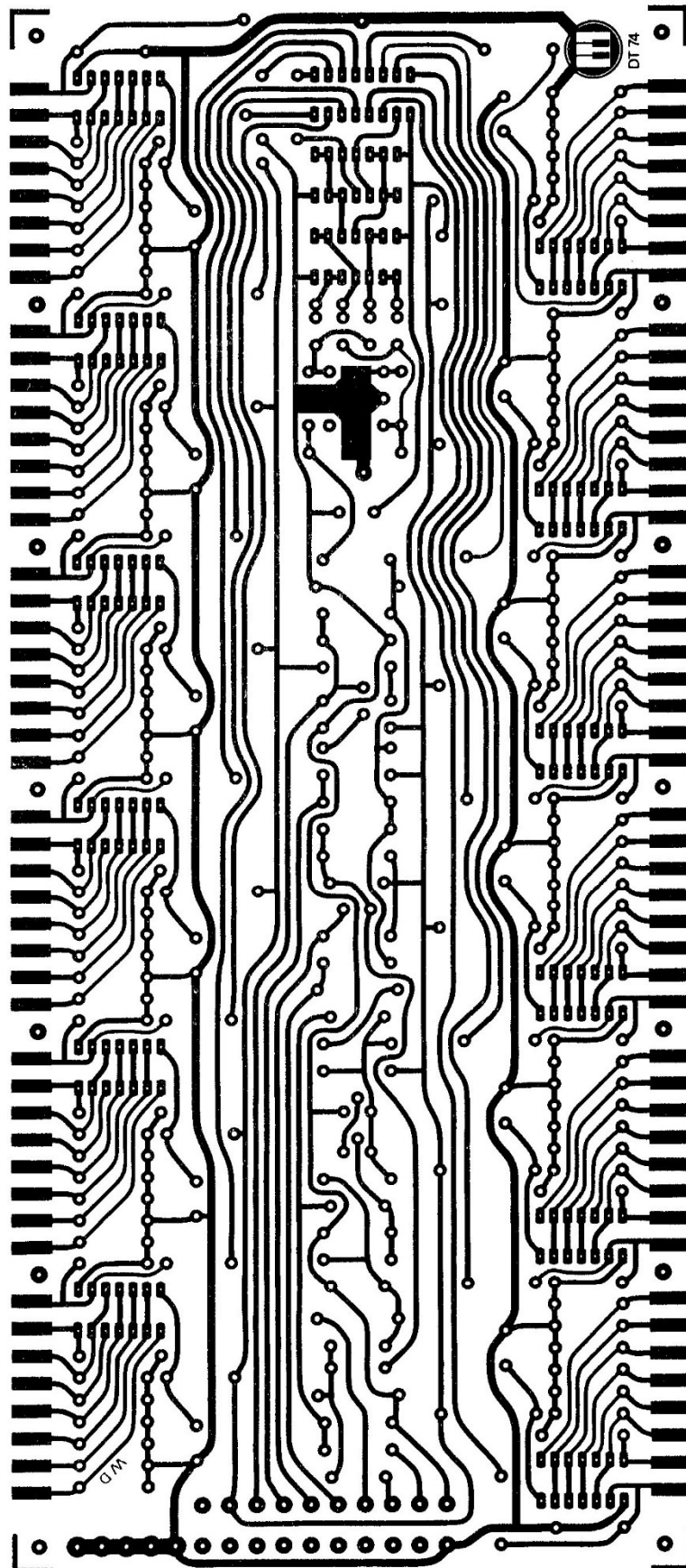




Abb. 13: Liegend bzw. stehend eingebaute Widerstände

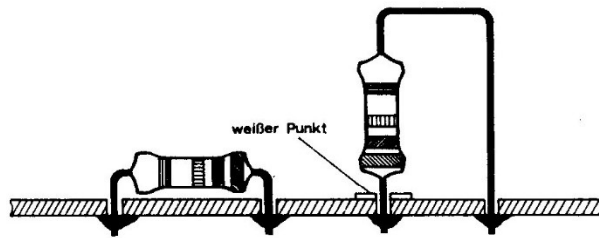


Tabelle 2: Widerstände auf der Platine DT 74

R 1 =	3,3 k Ω	(84 Widerstände)
R 2 =	3,3 k Ω	(12 Widerstände)
R 3 =	680 Ω	(12 Widerstände)
R 4 =	150 Ω	(12 Widerstände)

R 5 = 10 k Ω	R 12 = 2,2 M Ω	R 19 = 68 k Ω
R 6 = 1 M Ω	R 13 = 3,3 k Ω	R 20 = 68 k Ω
R 7 = 2,2 M Ω	R 14 = 68 k Ω	R 21 = 68 k Ω
R 8 = 2,2 M Ω	R 15 = 2,2 M Ω	R 22 = 68 k Ω
R 9 = 10 M Ω	R 16 = 2,2 M Ω	R 23 = 1 M Ω
R 10 = 3,3 k Ω	R 17 = 68 k Ω	R 24 = 1 M Ω
R 11 = 68 k Ω	R 18 = 1 M Ω	R 25 = 47 Ω

III. IC-Fassungen

Für die Integrierten Schaltkreise IC 1 bis IC 4 werden 15 Steckfassungen verwendet, die IC's selbst werden erst später eingesetzt. Die Fassung für den IC 4 ist 16polig, alle übrigen sind 14polig. Eventuelle Markierungen an den Steckfassungen sollten so liegen, daß sie mit dem Positionsdruck (halbrunde Einbuchtung an einer IC-Schmalseite) übereinstimmen. Beachten Sie beim Einbau, daß kein Anschluß umgeknickt wird, daß also nach dem Einsetzen tatsächlich alle 14 bzw. 16 Anschlüsse auf der Kupferseite heraus schauen. Lötzinnbrücken zwischen benachbarten Lötäugen bzw. Leiterbahnen vermeiden, eventuell mit "trockenem" LötKolben unter Zugabe einer geringen Menge weiteren Zinns (Flußmittel!) beseitigen. Einige IC-Anschlüsse sind durch Leiterbahnen miteinander verbunden und täuschen unter Umständen eine Lötzinnbrücke vor, die natürlich nicht beseitigt werden darf. In Zweifelsfällen Abb. 11 beachten! (212 Lötstellen)

IV. Dioden

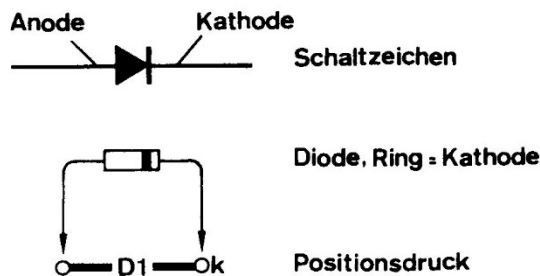
Bei den sechs Dioden D 1 bis D 6 müssen Typ und Polung beachtet werden.

D 1 bis D 5	=	1 N 4148
D 6	=	MV 1401 (Abstimm-diode)



Jede Diode besitzt einen Kathoden- und einen Anodenanschluß, zur Unterscheidung ist die Kathodenseite mit einem auffälligen Ring oder Punkt (manchmal auch mehrere Ringe) bedruckt. Im Positionsdruck ist die Bohrung für die Kathode mit "k" markiert. Abb. 14 beachten! – In Zweifelsfällen kann die Polarität einer Diode leicht mit einem Ohmmeter festgestellt werden. Vgl. dazu die entsprechenden Ausführungen in unserer 'Grundbauanleitung'! (12 Lötstellen)

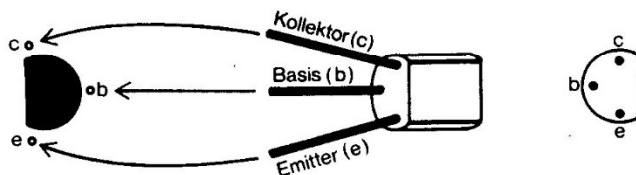
Abb. 14: Polarität und Einbau von Dioden



V. Transistoren

Die beiden Transistoren T 1 und T 2 sind gleich, in der Regel werden die Typen BC 171 b oder BC 237 b geliefert. Der halbmondförmige Positionsdruck gibt ihre Lage an, vgl. auch Abb. 15. Beide Transistoren werden so weit wie möglich in die Platine eingesteckt; eine Beschädigung durch Überhitzung beim Löten ist nicht zu befürchten, der Lötvorgang sollte jedoch pro Anschluß nicht länger als 5 Sekunden dauern. (6 Lötstellen)

Abb. 15: Einbau eines Transistors



VI. Kondensatoren

Die 26 Kondensatoren C 1 bis C 15 werden nach Positionsdruck und Tabelle 4 eingesetzt. Die 12 Kondensatoren C 1 sowie C 8 und C 10 sind Elektrolyt-Kondensatoren (abgek. "Elko"), deren Polung unbedingt beachtet werden muß. Die Bohrung für den Pluspol ist auf der Platine mit "+" bezeichnet, auf den Elkos ist die Polarität aufgedruckt. Die in Tabelle 4 bei den Elkos nach dem Schrägstrich angegebene Spannungsfestigkeit ist ein unterer Grenzwert, der bei den tatsächlich gelieferten Kondensatoren auch höher liegen kann. – Bei allen übrigen Kondensatoren ist die Polung beliebig, auch evtl. Farbringe haben hier keine Bedeutung. Falls für die Kondensatoren C 12 bis C 15 keine stehende Ausführung geliefert wird, müssen sie ähnlich wie ein stehender Widerstand behandelt werden, ihr Körper soll näher bei der Spule L 1 stehen. (52 Lötstellen)



C 1 = 220 $\mu\text{F}/22\text{ V}$ (12 Stück)	C 6 = 0,047 μF (= 47 nF)	C 11 = 1000 pF (= 1 nF)
C 2 = 0,15 μF	C 7 = 0,22 μF	C 12 = 47 pF
C 3 = 0,22 μF	C 8 = 4,7 $\mu\text{F}/22\text{ V}$	C 13 = 15 pF
C 4 = 0,022 μF (= 22 nF)	C 9 = 0,22 μF	C 14 = 15 pF
C 5 = 0,047 μF (= 47 nF)	C 10 = 220 $\mu\text{F}/22\text{ V}$	C 15 = 47 pF

VII. Winkelstecksockel

Auf das weißumrahmte rechteckige Feld, das mit "Winkelstecksockel" bezeichnet ist, muß ein zehnpoliger Winkelstecksockel gesetzt werden, der an **allen** Anschlüssen festzulöten ist. Die Einstecklöcher müssen zu den neben dem Sockel stehenden Zahlen 1 bis 10 hinzeigen. (20 Lötstellen)

VIII. Lötsteckstifte

Neben dem Winkelstecksockel liegen fünf Bohrungen, die mit "MASSE" und den Zahlen 11 bis 15 bezeichnet sind. Hier werden fünf Lötsteckstifte eingesetzt, die später entsprechende Aufschiebestecker aufnehmen. (Vgl. Abb. 27!)

IX. Trimpotentiometer

Die beiden Präzisions-Trimpotentiometer P 1 und P 2 sind gleich (100 kOhm) und werden etwa in der Mitte der Platine entsprechend dem Positionsdruck eingesetzt. Die beiden Einstellschrauben, an denen später die Stimmung des Generators erfolgt, müssen zur dis-Kaskade hinweisen. (6 Lötstellen)

X. Oszillatorspule

Die kleine Oszillatorspule L 1 wird in das mit "L 1" markierte Feld so eingesetzt, daß der Lötanschluß der blanken Schalenkern-Halteklammer in der mit einem dickeren weißen Punkt bedruckten Bohrung sitzt. (Ehe Sie diesen Satz noch einmal lesen: Anders 'rum gehts gar nicht!) Und ehe Sie vergeblich danach suchen: Die Spule besitzt **keinen** verstellbaren Eisenkern! (5 Lötstellen)

XI. Integrierte Schaltkreise

Als letzter Arbeitgang werden die 15 Integrierten Schaltkreise in die entsprechenden Steckfassungen eingesetzt. Unterschiedliche Typen beachten! Die zwölf Schaltkreise IC 1 sind gleich, (Siebenfach-Frequenzteiler), ebenso die beiden IC 2 und IC 3 (C-MOS-Nand-Gates), IC 4 ist der Zwölfte-Wurzel-Zwei-Teiler. — Polung beachten! Die halbrunde Einkerbung an einer Schmalseite eines IC's muß mit der Positionsdruckangabe übereinstimmen. Falls verdeckt, Abb. 12 benutzen! Anschlüsse beim Einstecken nicht knicken!

IC 1 = SAJ 110 IC 2 und IC 3 = CD 4011 IC 4 = TMS 3839

Damit ist das Bestücken der Platine DT 74 beendet. Außer den 6 Befestigungslöchern (3,5 mm Ø) und den beiden mit "A" bezeichneten Bohrungen dürfen jetzt keine Bohrungen mehr frei sein. Bitte, kontrollieren Sie nochmals alle Bauelemente, und achten Sie besonders auf die Polung der Dioden, der Elkos und der Integrierten Schaltkreise!



E. Prüfung des Tongenerators vor dem Einbau

Es ist zweckmäßig, den Tongenerator vor seinem Einbau in die Orgel in seinen wesentlichen Funktionen kurz zu überprüfen, zumal dazu ein relativ geringer Arbeitsaufwand erforderlich ist. Voraussetzungen dazu sind ein einwandfrei funktionierendes, auf 15 Volt eingestelltes Netzteil und ein Prüfverstärker (eine unserer Endstufen oder ein Rundfunkgerät) zum Abhören der Generatorausgänge. Eventuell kann auch ein Kopfhörer (nicht unter 200 Ohm Impedanz, sonst Vorwiderstand von ca. 2 kOhm) verwendet werden.

I. Prüfung des Tonerzeugungsteils

1. Verbinden Sie den Tongenerator nach Abb. 16 über die Leitungen A und B mit dem Netzteil. Polung beachten! (Zur sicheren Kontaktgabe der Litze B im Winkelstecksockel sollten Sie ein kurzes, massives Drahtstück – evtl. Abfallende eines Widerstandes – an das Litzenende löten. Das gleiche gilt auch für die Litze C.)
2. Stecken Sie das Drahtende C in den Kontakt 8 des zehnpoligen Winkelstecksockels.
3. Bauen Sie provisorisch den in Abb. 16 gezeigten Spannungsteiler aus einem Schieberegler (dazu können Sie evtl. den noch nicht eingebauten "Slalom"-Regler oder – bei sinngemäßigem Anschluß – auch den Drehregler für Gesamtstimmung verwenden) und den drei Leitungen D, E und F auf. Verbinden Sie die abgeschirmte Leitung E mit der Endstufe (Ader an "E", Abschirmung an "M") oder mit dem Tonabnehmer-Eingang eines Rundfunkgerätes (bei Diodenbuchsen-Eingang Ader an 1 oder 3, Abschirmung an 2). Falls Sie einen Kopfhörer verwenden, muß ein Pol an einen der Lötsteckstifte "MASSE" des Generators gelegt werden, der andere dient als Prüfspitze. – Schieben Sie den Regler zunächst ganz nach rechts (Abb. 16!).
4. Schalten Sie das Netzteil und den Prüfverstärker ein, und tasten Sie mit der Prüfspitze F an einen beliebigen Ausgang (vergoldete Leiterbahn) des Tongenerators. Verschieben Sie den Regler vorsichtig so weit nach links, bis der Ton gut hörbar ist.
5. Hören Sie alle 96 Ausgänge des Generators nacheinander ab. – Infolge der fehlenden sonstigen Beschaltung klingen alle Töne jetzt um ca. 1 Oktave zu tief, weshalb sich vor allem die Ausgänge 7 und 8 recht knurrig anhören. Lassen Sie sich dadurch nicht irritieren, entscheidend ist lediglich, daß beim Abhören einer Kaskade in der Reihenfolge von 1 nach 8 die Töne jeweils eine Oktave tiefer klingen. (Bedenken Sie dabei bitte, daß bei sehr hohen und bei sehr tiefen Tönen das menschliche Ohr oft Schwierigkeiten hat, einen Oktavsprung zu unterscheiden!) Sind sämtliche Ausgänge ohne Tonsignal, ist der Fehler im Bereich des Hauptoszillators zu suchen, bei Ausfall nur einer Kaskade oder eines Teils einer Kaskade ist die betreffende Frequenzteilerstufe (IC 1) zu überprüfen. Probeweise IC 1 gegen einen anderen IC 1 austauschen!
6. Ziehen Sie während des Abhörens eines beliebigen Tons den Drahtstift der Leitung C aus dem Kontakt 8 des Winkelstecksockels heraus. Der Ton muß dabei um mehr als eine Oktave höher werden, evtl. kann er auch ganz aussetzen.

II. Prüfung des Vibratos

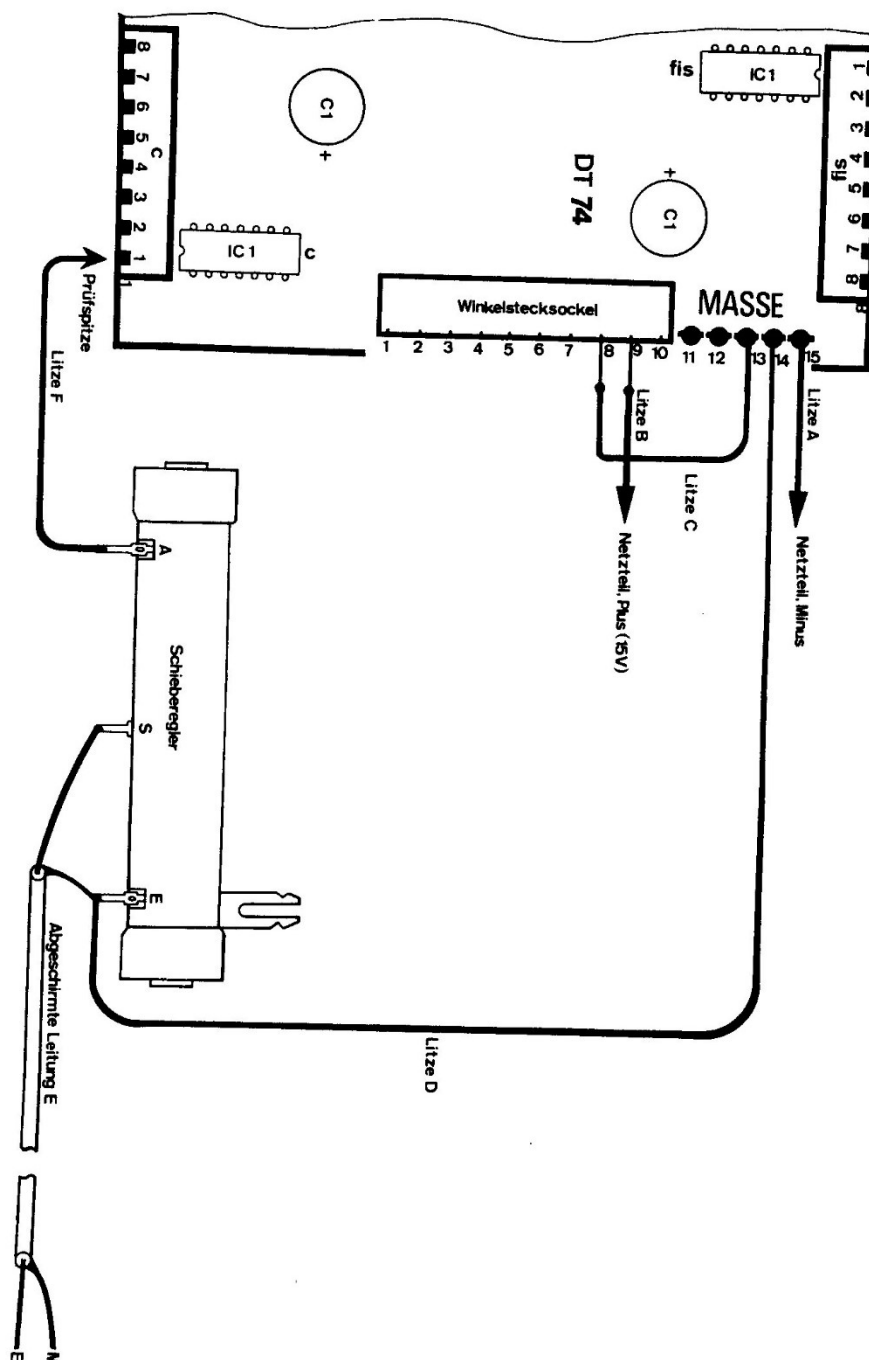
1. Stecken Sie den Drahtstift der Leitung C jetzt in den Kontakt 2 des Winkelstecksockels. – Der abgehörte Ton muß jetzt rasch vibrieren. (Diese Prüfung ist nur möglich, wenn beim Freimachen des Kontaktes 8 die Tonschwingungen nicht aussetzen. Evtl. die Leitung C in Kontakt 8 belassen, und Kontakt 2 über eine weitere Leitung mit "MASSE" verbinden.)
2. Kontakt 2 wieder freimachen und stattdessen Kontakt 4 an "MASSE" legen. – Jetzt muß ein sehr langsames Vibrato erklingen. (Wenn Sie zusätzlich Kontakt 5 oder 3 mit "MASSE" verbinden, muß das Vibrato verschwinden.)



III. Weitere Prüfungen

Weitere Prüfungen vor dem Einbau des Tongenerators oder gar das exakte Einstimmen sind wenig sinnvoll. Wenn Sie jedoch neugierig sind und den Arbeitsaufwand nicht scheuen, können Sie alle Regler und Schalter nach Abb. 24 provisorisch anschließen und so sämtliche Funktionen des Generators überprüfen. – Wir bezweifeln nicht, daß es Ihnen bei einigem Ehrgeiz sehr bald gelingen wird, mit dem Tongenerator allein bereits mittelschwere Musikkliteratur perfekt zu interpretieren, möchten Sie jedoch warnen vor lose umherliegenden Schrauben, Drähten, Lötzinn und sonstigen Umweltverschmutzern, die leider die ausgesprochen unerfreuliche Eigenschaft zeigen, mit einer geradezu beängstigenden Zielsicherheit genau dort Kurzschlüsse zu verursachen, wo es am teuersten wird.

Abb. 16: Prüfung des Tongenerators



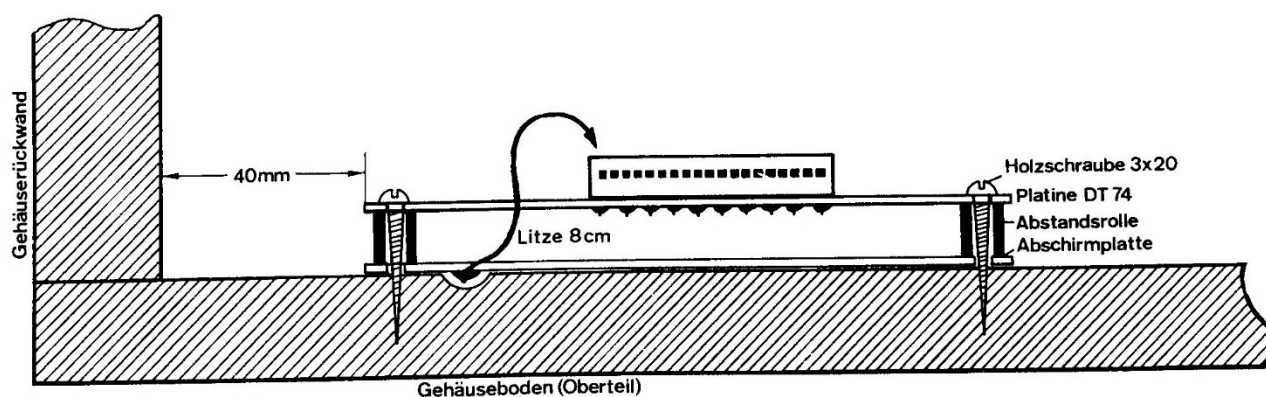


F. Mechanischer Einbau des Tongenerators und seiner Bedienungselemente

I. Einbau der Platine DT 74

Die fertig bestückte und geprüfte Platine DT 74 wird bei allen WERSI-Orgeltypen links hinten (Orgel von hinten betrachtet) auf dem Boden des Montagekastens liegend eingebaut. Zur Befestigung dienen sechs Holzschrauben 3 x 20 und sechs 10 mm-Abstandsrollen (Abb. 17). Der Abstand der Platine von der Rückwand soll 40 mm betragen, an der Seitenwand soll er praktisch anstoßen. Der zehnpolige Winkelstecksockel muß zur Mitte des Gehäuses hinzeigen. Zur Abschirmung wird die mitgelieferte Abschirmplatte (kupferkaschiertes Hartpapier) verwendet, deren Kupferseite dem Gehäuseboden zugewandt liegen muß. Auf der Schmalseite, die näher in der Orgelmitte liegt, muß vorher eine ca. 8 cm lange, dünne Litze angelötet werden. Lötstelle möglichst flach halten oder an der Auflagestelle eine kleine Holzau sparung vornehmen. – Die Litze führt später zum Kontakt 1 des zehnpoligen Winkelstecksockels, vgl. Abschnitt "Verdrahtung".

Abb. 17: Einbau der Platine DT 74



II. Einbau der Bedienungselemente

Bei Verzicht auf die Ausnutzung sämtlicher Möglichkeiten des Tongenerators DT 74 wäre der mechanische Einbau mit der Montage der Platine bereits beendet. Alle im folgenden besprochenen Bedienungselemente (Regler und Schalter) können Sie theoretisch auch weglassen oder nicht anschließen. Sie würden dadurch aber eine ganze Reihe interessanter Effekte praktisch brachliegen lassen, was sicherlich nicht Ihren Absichten entspricht, zumal die erforderlichen Arbeiten nicht sehr umfangreich sind.

1. Vibrato-Regler

Die beiden Regler für Vibrato-Stärke und Vibrato-Frequenz sind bereits in unserem sogenannten Bedienungssatz (Schieberegler an grauen Zugriegeln) eingebaut. Falls Sie diesen Satz nicht verwenden, werden die beiden Vibrato-Regler (je 100 k-Ohm, gesondert anfordern!) zweckmäßig auf einem der linken Seitenbrettchen montiert.

2. Regler für "Slalom"

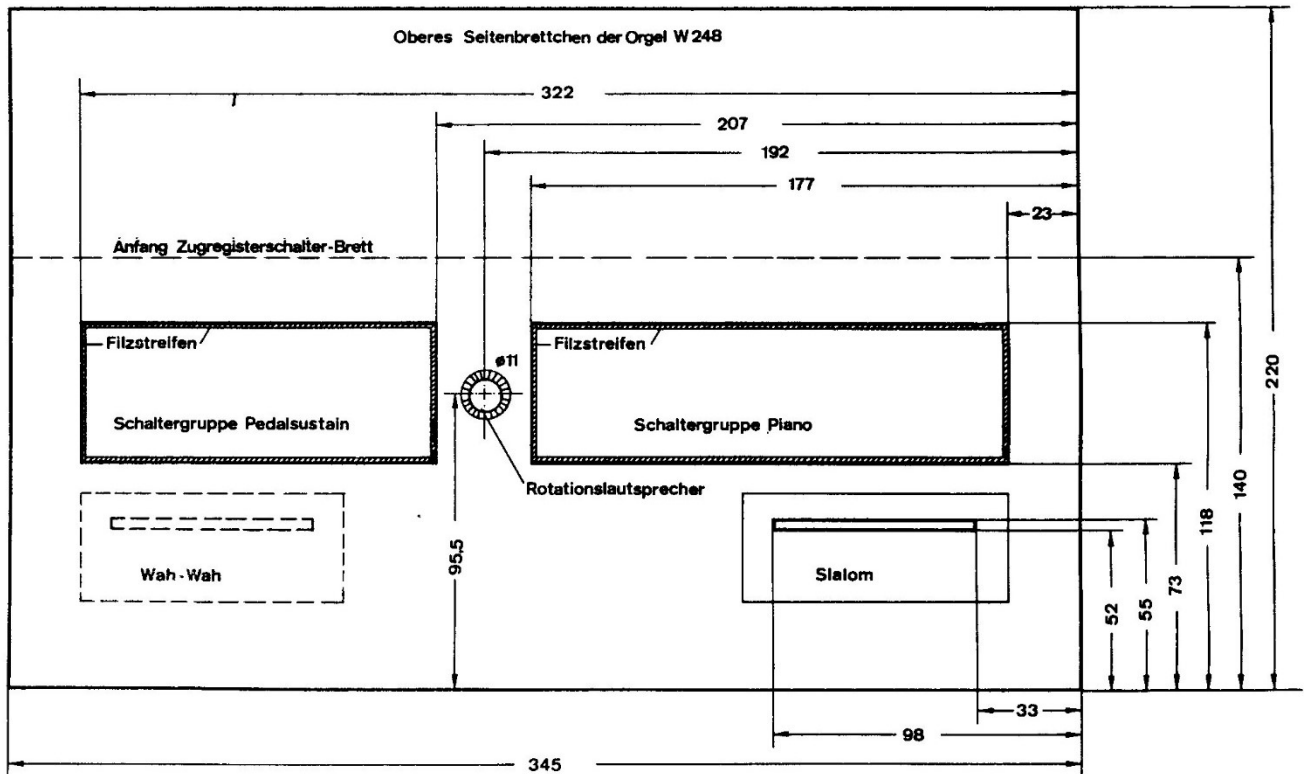
Falls Sie den "Slalom"-Effekt wünschen, gibt es für den erforderlichen 100 kOhm-Schieberegler zwei Einbaumöglichkeiten;

- Sie bauen ihn nach Abb. 18 in eines der Seitenbrettchen und decken den erforderlichen 65 mm langen und ca. 3 mm breiten Schlitz mit der mitgelieferten Alu-Blende ab.

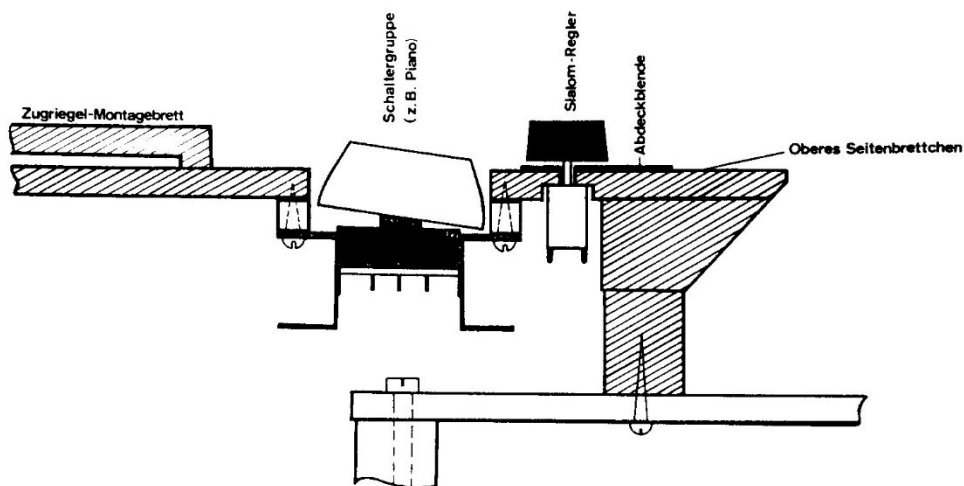


Abb. 18: Einbau des Reglers "Slalom"

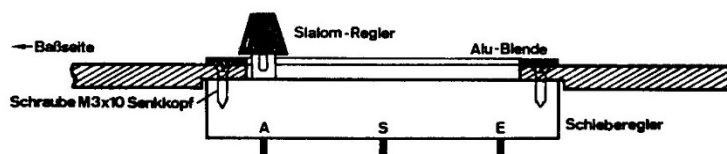
a) Maßskizze für das linke obere Seitenbrettchen der Orgel W 248



b) Seitenansicht



c) Ansicht von vorne

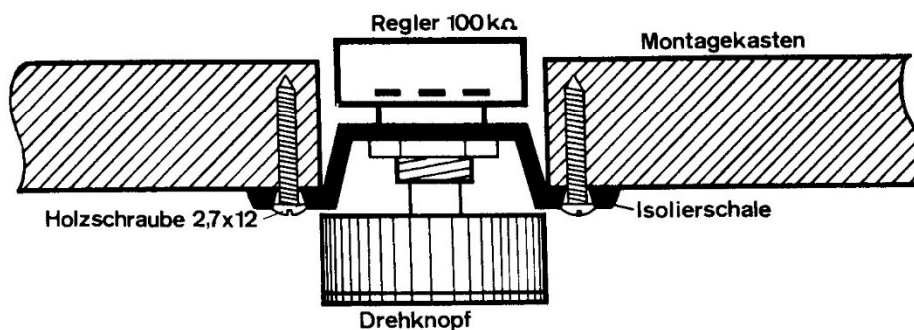


- b) Wenn Sie gleichzeitig den Bausatz "Wah-Wah-Effekt" vorgesehen haben, können Sie den "Slalom"-Regler auch an den Wah-Wah-Kniehebel montieren. (Vgl. Bauanleitung "Wah-Wah-Effekt")

3. Regler für Gesamtstimmung

Dieser Regler wird in der Praxis selten benutzt und sollte daher nicht auf einem Seitenbrettchen montiert werden, weil sonst wichtigere Bedienungselemente dort keinen Platz mehr finden. Wenn Sie ihn überhaupt vorsehen, schlagen wir vor, ihn auf der Diskantseite der Orgel nach Abb. 19 in die schräg hochstehende Vorderfront des Montagekastens des Gehäuseoberteils einzubauen. Dazu müssen Sie zunächst ein Loch von 27 mm \varnothing bohren, um dann den in eine Isolierschale montierten 100 kOhm-Drehregler einsetzen zu können. (Die erforderlichen Bauteile sind serienmäßig im Baupaket Tongenerator enthalten.)

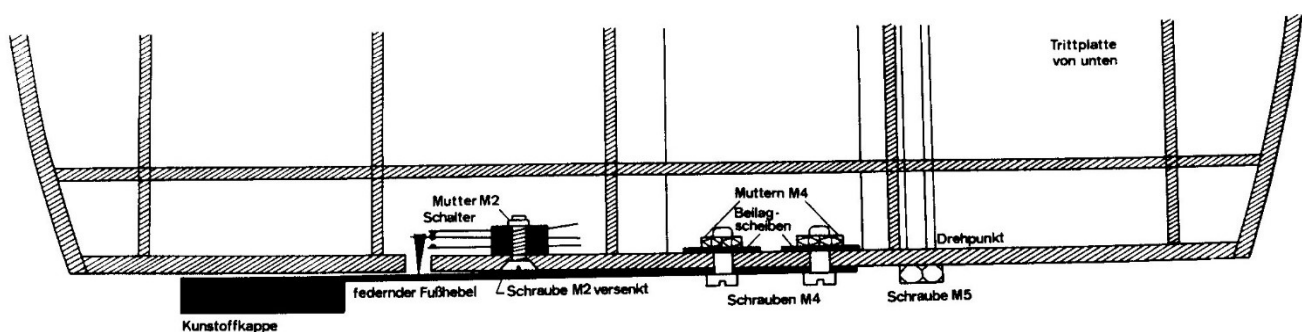
Abb. 19: Einbau des Reglers für Gesamtstimmung



4. Fußschalter für Hawaii-Effekt

Falls Sie auf den Hawaii-Effekt Wert legen, müssen Sie in der Trittplatte des Fußschwellers einen kleinen Schalter und den dazugehörigen Fußhebel einbauen. Die Trittplatte muß dazu abmontiert werden, die weiteren Arbeiten zeigt Abb. 20. – Auf der gegenüberliegenden Seite der Trittplatte können Sie evtl. jetzt schon einen oder zwei gleiche Schalter mit Fußhebel einbauen, die Sie zur Steuerung des Pianos und evtl. als Vibrato-Unterbrechungsschalter benutzen können. Im folgenden Kapitel "Verdrahtung" gehen wir näher darauf ein, vgl. auch Abb. 26. (Die erforderlichen Bauteile für den Hawaii-Effekt sind serienmäßig im Baupaket "Tongenerator" enthalten, die Bauteile für Vibrato-Unterbrechung können gesondert angefordert werden.)

Abb. 20: Einbau des Schalters für Hawaii-Effekt



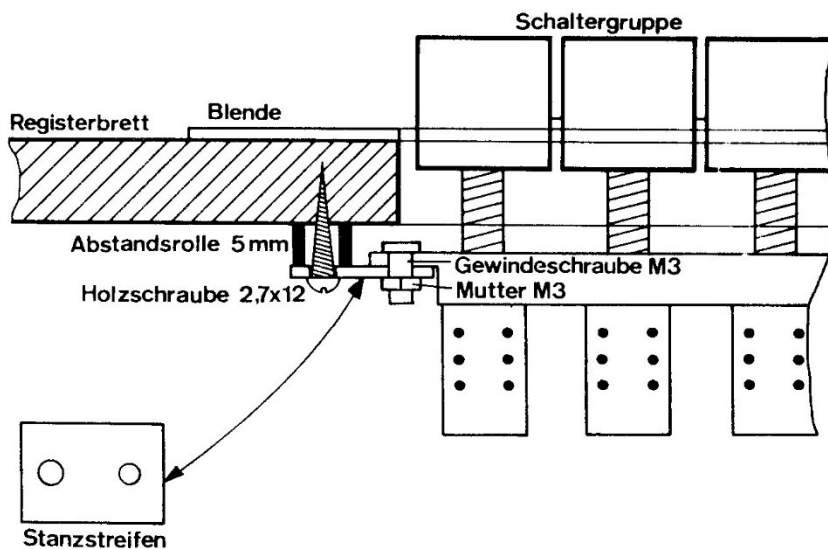


5. Schalter für Einschwingvibrato und Schwebungsvibrato

Die Funktion "Einschwingvibrato" setzt das Vorhandensein der Baugruppe "Effekte" voraus, das "Schwebungsvibrato" kann unabhängig von allen übrigen Baugruppen eingesetzt werden. Wenn Sie eine der beiden oder beide Möglichkeiten nutzen wollen, brauchen Sie je einen Schalter. Diese Schalter sind nicht im Baupaket enthalten, wir empfehlen, entweder zwei Einzelschalter mit rundem Druckknopf (Einlochmontage) oder eine Zehnfach-Schaltergruppe mit Drucktasten gesondert anzufordern. Eine solche Schaltergruppe empfiehlt sich besonders dann, wenn weitere Effekte nutzbar gemacht werden sollen, wie z. B. Wah-Wah, Sustain auf Effekte (Doppelanschlag), Sustain-Shatter (Sustain auf Repeat) und ähnliches. Diese Effekte hängen zwar nicht unmittelbar mit dem Tongenerator zusammen, doch ist der nachträgliche Einbau einer entsprechenden Schaltergruppe schwieriger als zum Zeitpunkt des Grundaufbaues der Orgel. (Auch werden später einige "Reserve"-Schalter oft sehr begrüßt!) Unter der Bezeichnung "Sondereffekte-Schalter" liefern wir auf Wunsch eine Zehnfach-Schaltergruppe mit Montageteilen und einer Abdeckblende, deren Beschriftung unter anderem auch die Bezeichnungen "Einschwing-Vibrato" und "Schwebungs-Vibrato" enthält. (Falls Sie die Baugruppe "Wah-Wah-Effekt" einbauen wollen, ist die Verwendung dieser Schaltergruppe unumgänglich.)

Bei Verwendung von zwei Einzelschaltern werden diese evtl. auf einem der Seitenbrettchen untergebracht, die Zehnfach-Schaltergruppe wird im Registerschalterbrett zwischen den Zugriegeln und den Festregisterschaltern eingebaut. Erforderlicher Ausschnitt: 175 x 9 mm, Abb. 21.

Abb. 21: Einbau einer Zehnfach-Schaltergruppe



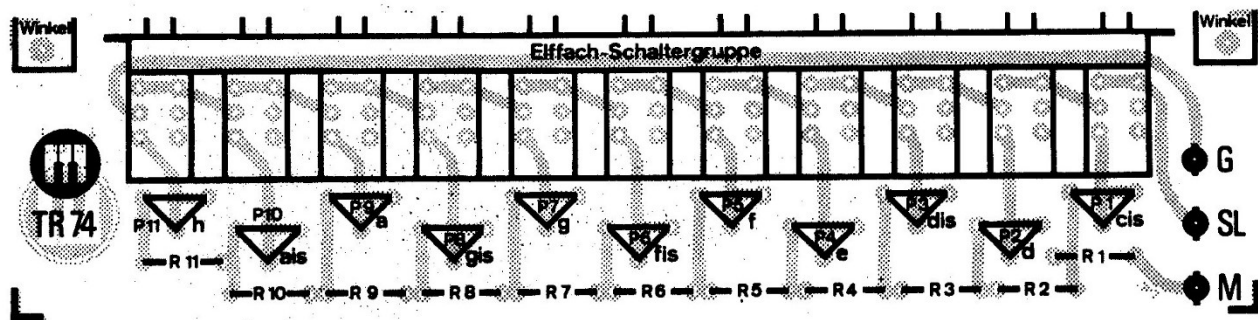
6. Einbau der Schaltergruppe für den Transposer

Wenn Sie den Transposer-Zusatz einbauen, muß zuerst die Platine TR 74, Abb. 22, mit 11 Widerständen, 11 Trimpotentiometern und 3 Lötstiften bestückt werden. Auch die Elffach-Schaltergruppe muß in die Platine eingelötet werden. Alle Bauteile werden von der Positionsdruckseite her eingesetzt.

a) Widerstände

R 1 = 2,2 k Ω	R 4 = 4,7 k Ω	R 7 = 4,7 k Ω	R 10 = 4,7 k Ω
R 2 = 2,2 k Ω	R 5 = 4,7 k Ω	R 8 = 4,7 k Ω	R 11 = 10 k Ω
R 3 = 2,2 k Ω	R 6 = 4,7 k Ω	R 9 = 4,7 k Ω	

Abb. 22: Platine TR 74 für den Transposer-Zusatz



b) Trimpmpotentiometer

P 1 = 10 k Ω	P 4 = 10 k Ω	P 7 = 22 k Ω	P 10 = 47 k Ω
P 2 = 10 k Ω	P 5 = 10 k Ω	P 8 = 22 k Ω	P 11 = 47 k Ω
P 3 = 10 k Ω	P 6 = 10 k Ω	P 9 = 22 k Ω	

c) Lötstifte

Drei Lötstifte in die Bohrungen "G", "SL" und "M" einsetzen.

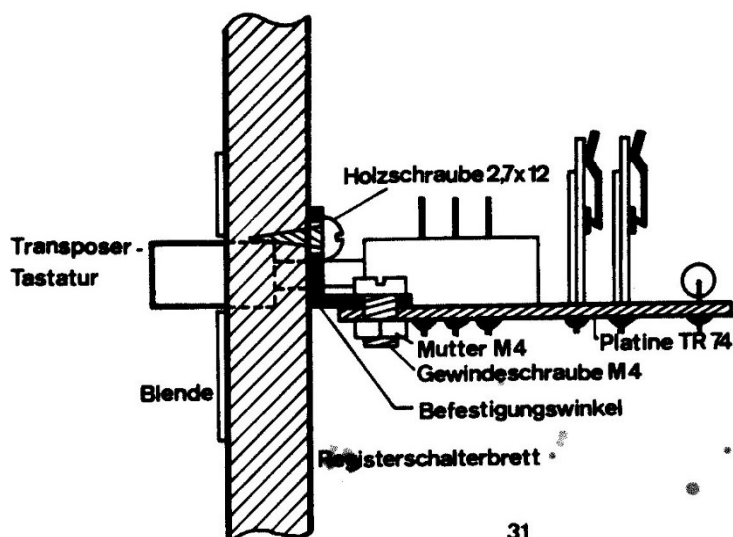
d) Schaltergruppe

Die Schaltergruppe so einsetzen, daß die schwarze Endtaste auf "cis" des Positionsdrucks liegt. Zwischen der Platine und den Schaltern darf kein Zwischenraum bleiben. Alle 66 Schalteranschlüsse verlöten!

e) Montagewinkel

Rechts und links neben die Schaltergruppe je einen Montagewinkel mit einer Schraube M 4 x 10 und einer Mutter M 4 befestigen. (Abb. 22 und 23)

Abb. 23: Einbau der Transposer-Schaltergruppe





G. Verdrahtung

Die Verdrahtung des Tongenerators mit den übrigen Baugruppen der Orgel ist zwar recht umfangreich, doch durch die fertig gelieferten Kabelbäume leicht überschaubar und ohne nennenswerte Fehlermöglichkeiten zu bewältigen.

Der erste Verdrahtungsabschnitt umfaßt das Verbinden der 96 Generatorausgänge mit den Tastenkontakten der Manuale (gedruckte Verharfung) und des Pedals sowie evtl. den Baugruppen Sustain oder Piano und Pedalsustain. Hierzu werden die erwähnten Kabelbäume und die zwölf achtpoligen Anschiebstecker verwendet, deren Anschluß in den betreffenden Einzelbauanleitungen dargestellt ist, und der sich auch durch den Einsatz des neuen Tongenerators DT 74 nicht ändert.

Der zweite Verdrahtungsabschnitt besteht in der Verbindung des Generators mit dem Netzteil und – soweit erwünscht – mit den im vorangegangenen Kapitel besprochenen Bedienungselementen. Hierbei sind einige Neuerungen zu beachten, d.h., die übrigen Bauanleitungen müssen – soweit sie den Tongenerator berühren und noch auf den alten Generator RG 86 zugeschnitten sind – in den entsprechenden Textpassagen sinngemäß nach der hier vorliegenden Bauanleitung abgeändert werden.

Wenn wir davon ausgehen, daß Sie alle Möglichkeiten des neuen Tongenerators ausschöpfen wollen, ergibt sich die in Abb. 24 schematisch gezeichnete Verdrahtung. Lediglich der Anschluß des Transposer-Zusatzes ist nur im Text dargestellt. Wir bitten, neben Abb. 24 auch den folgenden Text zu beachten, der alle Leitungen nochmals einzeln behandelt, und empfehlen, fertig angeschlossene Leitungen unten abzuhaken. Die Numerierung der Leitungen in der nachstehenden Zusammenstellung stimmt mit Abb. 24 überein. Wenn nicht ausdrücklich anders angegeben, genügt für die betreffende Leitung dünne, flexible Schaltlitze. Keine der Leitungen führt Tonsignal, so daß die Leitungsführung unkritisch ist.

Die maximal 9 Leitungen, die zu dem zehnpoligen Winkelstecksockel führen, werden nach Abb. 25 zunächst an einen Stiftkontakt gelötet, der danach in das schwarze flache Steckergehäuse bis zum Einrasten eingeschoben wird. Es ist gleichgültig, ob die Schlitze am Flachsteckergehäuse oben oder unten liegen, die einmal gewählte Festlegung muß jedoch immer beibehalten werden. Beim Einschieben der Stiftkontakte muß beachtet werden, daß – ganz außen beginnend – nur jedes zweite Loch besetzt wird, d.h., der Abstand von Stift zu Stift muß immer 5 mm betragen.

Die Leitungen, die zu den Lötsteckstiften "MASSE" führen, werden dort nicht angelötet, sondern enden nach Abb. 27 an einem Aufschiebestecker, der dann auf den Lötsteckstift aufgesetzt wird. Damit bleibt der Tongenerator frei von jeglichen Lötverbinden, und er kann mühelos jederzeit ein- und ausgebaut werden. (Was erfahrungsgemäß zwar kaum erforderlich ist, aber beruhigend!)

Abb. 24: Verdrahtung des Tongenerators DT 74

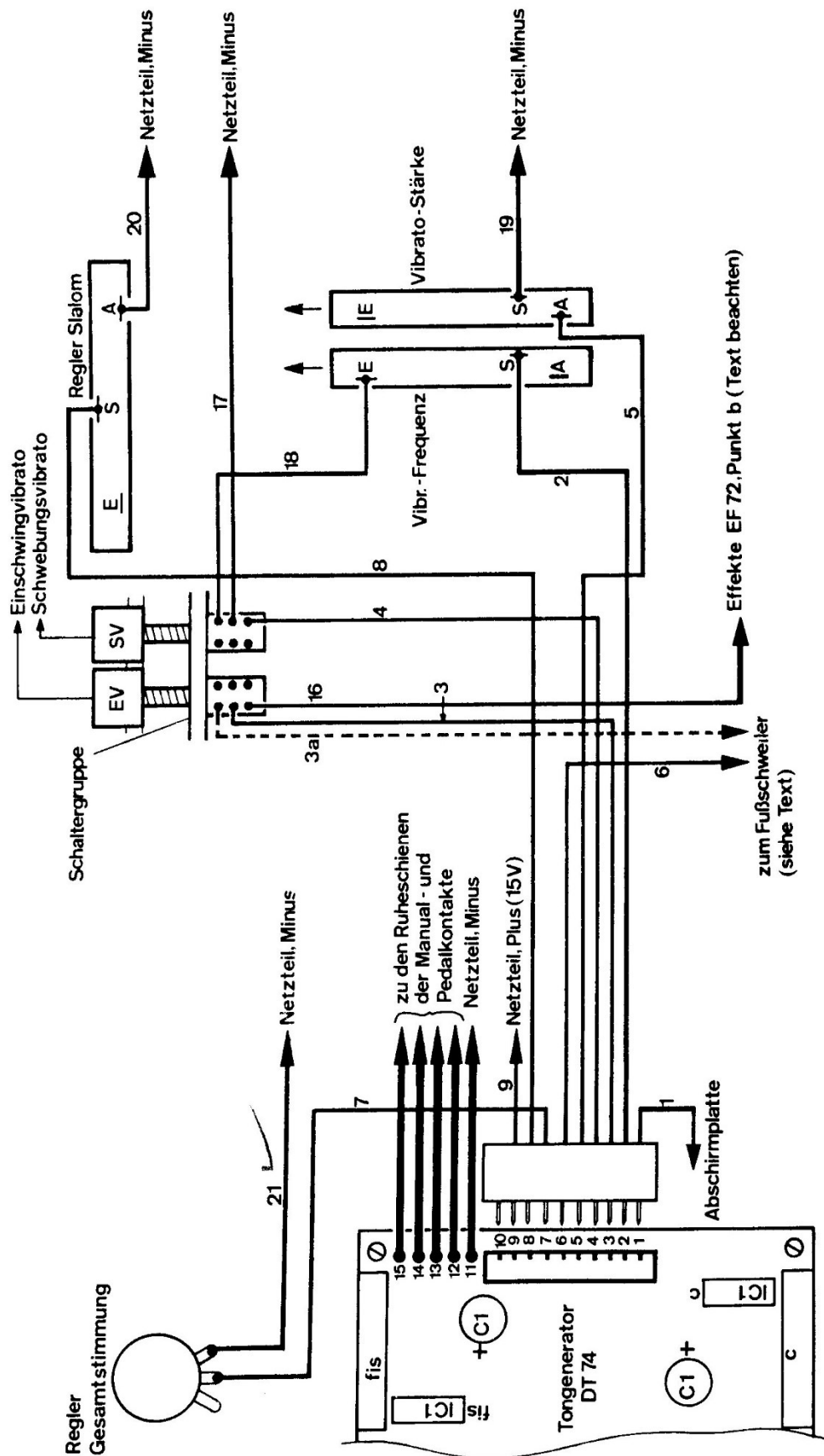
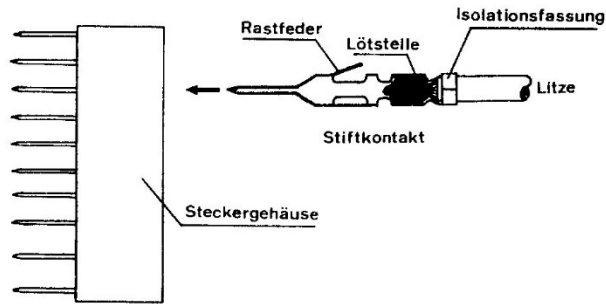


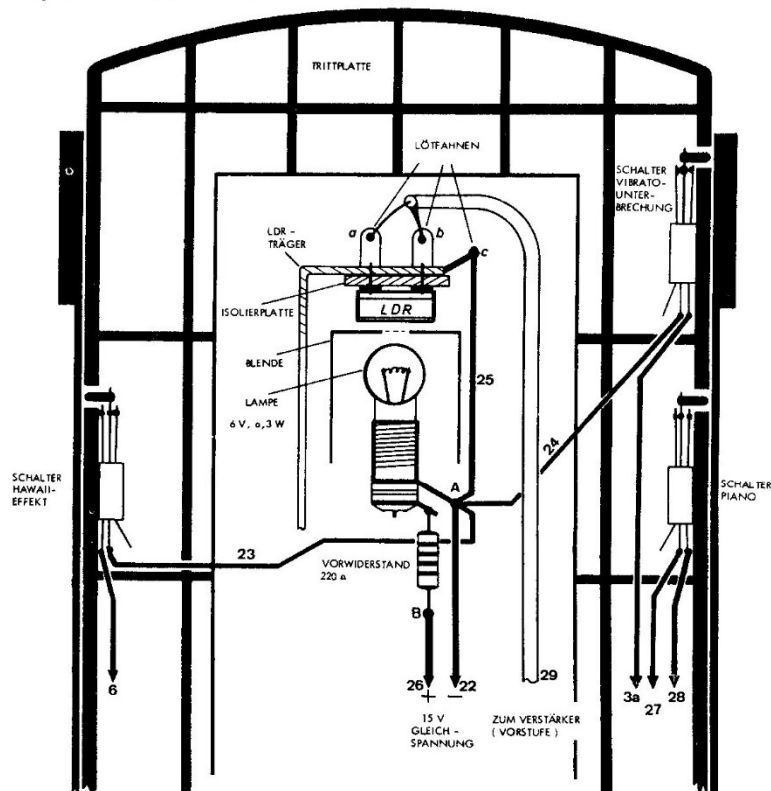


Abb. 25: Stiftkontakt und Flachsteckergehäuse



- ✓ 1: Vom Kontakt 1 des zehnpoligen Winkelstecksockels (im folgenden kurz "WS" genannt) zur Abschirmplatte unterhalb der Generatorplatine. Die erforderliche Litze wurde bereits beim Einbau des Generators an der Abschirmplatte angelötet.
- ✓ 2: Vom Kontakt 2 des WS zum Regler für Vibrato-Frequenz, Lötanschluß "S". — Falls das Vibrato nicht benutzt werden soll, kann diese Leitung entfallen.
- ✓ 3: Vom Kontakt 3 des WS zum Schalter "Einschwingvibrato" (Abb. 24). — Ein Verlegen dieser Leitung ist nur sinnvoll, wenn auch die Baugruppe "Effekte" vorgesehen ist, da das Einschwingvibrato von dort her gesteuert wird. Werden die "Effekte" nicht eingebaut, oder wird auf das Einschwingvibrato verzichtet, kann die Leitung 3 entfallen. (Der Vollständigkeit halber sei noch folgendes erwähnt: Wird der Kontakt 3 des WS an Masse gelegt, verschwindet ein bestehendes Vibrato sofort und schwingt beim Freimachen des Kontaktes wieder an. Dadurch ist auch die Möglichkeit einer Vibrato-Unterbrechung durch einen Fußschalter gegeben. Falls gewünscht, eine Leitung 3 a zum Fußschalter (Abb. 26) verlegen. — Bei Verzicht auf den Schalter "Einschwingvibrato" kann die Leitung 3 a vom Fußschalter für Vibrato-Unterbrechung direkt zum Punkt 3 des WS verlegt werden.)

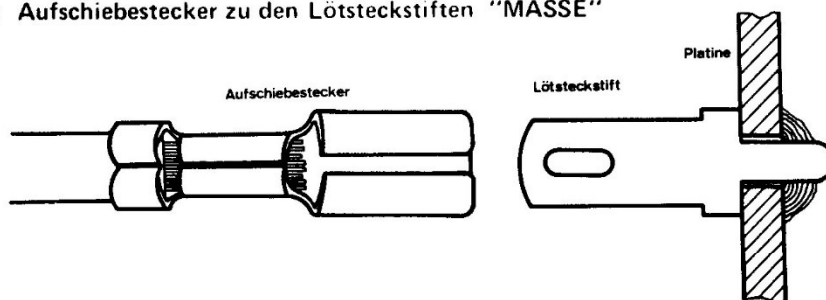
Abb. 26: Verdrahtung des Fußschwellers





- ✓ 4: Vom Kontakt 4 des WS zum Schalter "Schwebungs-Vibrato" (Abb. 24). — Die Leitung kann entfallen, wenn auf das Schwebungs-Vibrato verzichtet wird.
- ✓ 5: Vom Kontakt 5 des WS zum Regler Vibrato-Stärke, Lötanschluß "A". — Falls das Vibrato nicht benutzt werden soll, kann diese Leitung entfallen.
- ✓ 6: Vom Kontakt 6 des WS zum Fußschalter für Hawaii-Effekt. Abb. 26 beachten! — Der Hawaii-Effekt funktioniert nur dann richtig, wenn auch die beiden Vibratoregler angeschlossen sind. (Sollten Sie bei nicht angeschlossenen Vibrato-Reglern den Hawaii-Effekt trotzdem wünschen, müssen die Kontakte 2 und 5 des WS an Masse gelegt werden.) —
Bei Verzicht auf den Hawaii-Effekt entfällt die Leitung 6.
- ✓ 7: Vom Kontakt 7 des WS zum Regler "Gesamtstimmung", Mittelanschluß. — Diese Leitung kann entfallen, wenn auf die Möglichkeit der Gesamtstimmung verzichtet wird.
- 8: Vom Kontakt 8 des WS zum Regler "Slalom", Anschluß S.
- Wichtig:** Falls Sie auf den Slalom-Effekt keinen Wert legen, also den Regler nicht einbauen, muß anstelle der Leitung Nr. 8 ein Widerstand von 100 kOhm vom Kontakt 8 des WS zu einem der Stifte "MASSE" gelegt werden.
- Wenn Sie den Transposer einbauen wollen, ist auch der "Slalom"-Regler erforderlich. (Der erwähnte 100 kOhm Widerstand darf dann nicht eingesetzt werden.) In diesem Fall darf die Leitung 8 nicht am "Slalom"-Regler angeschlossen werden, sondern muß vom Kontakt 8 des WS zur Transposer-Platine TR 74 geführt und dort am Lötstift "G" angelötet werden. Gleichzeitig werden dann zwei weitere Leitungen erforderlich:
- 8 a) Vom Lötstift "M" der Platine TR 74 zum Netzteil, Minus.
- ✓ 8 b) Vom Lötstift "SL" der Platine TR 74 zum Regler "Slalom", Anschluß S.
- ✓ 9: Vom Kontakt 9 des WS zum Netzteil, Plus (15 V). — Diese Leitung ist in jedem Fall erforderlich.
- ✓ 10: An den Punkt 10 des WS wird keine Leitung angeschlossen, dennoch einen Stiftkontakt einsetzen.
- 11: Kräftige Litze (1 bis 1,5 mm²) vom Lötsteckstift 11 (MASSE) (Aufschiebestecker, Abb. 27!) zum Netzteil, Minus. — Die Leitung 11 muß in jedem Fall verlegt werden, auch wenn Sie nicht alle Möglichkeiten des Tongenerators nutzen wollen.

Abb. 27: Aufschiebestecker zu den Lötsteckstiften "MASSE"



- ✓ 12: Kräftige Litze vom Lötsteckstift 12 (MASSE) zu den auf der Diskantseite miteinander verbundenen Ruhschienen der Untermanual-Kontakte.
- ✓ 13 u. 14: Wie 12, jedoch zum Ober- bzw. Mittelmanual, je nach Orgeltyp.



- 15: Wie 12, jedoch zu den Ruheschienen der Pedalkontakte. (Gilt nur für ein 25- oder 30-Tasten-Pedal mit mehreren Kontakten pro Taste, nicht für Pedalsustain). Bei Einbau eines 13-Tasten-Pedals mit Pedalsustain entfällt die Leitung 15.
- ✓ 16: Vom Schalter "Einschwing-Vibrato" zur Platine EF 72 (Effekte), Punkt "b". An Stelle des Widerstandes R 13 auf der Platine EF 72 muß eine Drahtbrücke eingesetzt werden. – Bei Verzicht auf das Einschwingvibrato entfällt die Leitung 16.
- 17: Vom Schalter "Schwebungs-Vibrato" zum Netzteil, Minus. – Die Leitung kann entfallen, wenn Sie auf das Schwebungs-Vibrato keinen Wert legen.
- 18: Vom Regler für Vibrato-Frequenz zum Schalter "Schwebungs-Vibrato". – Falls Sie auf das Schwebungs-Vibrato verzichten, also der Schalter nicht vorhanden ist, muß die Leitung 18 vom Regler direkt zum Netzteil, Minus geführt werden. – Bei Verzicht auf das Vibrato entfällt Leitung 18 vollständig.
- 19: Von Regler für Vibrato-Stärke zum Netzteil, Minus.
(Evtl. auch – falls vorhanden und näher liegend – statt zum Netzteil zum Mittelanschluß des Schalters "Schwebungs-Vibrato"). – Die Leitung kann entfallen, wenn das Vibrato nicht benutzt werden soll.
- 20: Vom Regler "Slalom", Anschluß "A" zum Netzteil, Minus. – Falls der "Slalom"-Effekt nicht benutzt wird, kann die Leitung entfallen.
- 21: Vom Regler für Gesamtstimmung zum Netzteil, Minus. – Wenn auf die Gesamtstimmung verzichtet wird, ist diese Leitung überflüssig.
- ✓ 22: Kräftige Litze (1 bis 1,5 mm²) vom Punkt A des Fußschwellers (Abb. 26) zum Netzteil, Minus. – Diese Leitung ist in jedem Fall erforderlich.
- 23: Vom Punkt "A" des Fußschwellers zum Mittelanschluß des Schalters "Hawaii-Effekt". Die Leitung entfällt, wenn der Schalter nicht eingebaut ist.
- 24: Vom Punkt "A" des Fußschwellers zum Mittelanschluß des Schalters "Vibrato-Unterbrechung". Die Leitung entfällt, wenn der Schalter nicht eingebaut ist.

Die folgenden Leitungen Nr. 25 bis 29 haben zwar auf die Funktion des Tongenerators keinen Einfluß, sollten aber jetzt schon am Fußschweller angeschlossen werden, damit dieser endgültig zusammengebaut werden kann.

- ✓ 25: Vom Punkt "A" zur Lötfläche "c" (Abb. 26). Diese Leitung ist in jedem Fall erforderlich.
- ✓ 26: Vom Punkt "B" zum Netzteil, Plus (15 V). Vorwiderstand 220 Ω beachten! (Liegt dem Bausatz "Fußschweller" bei.) Die Leitung ist in jedem Fall erforderlich.
- 27 u.
- 28: Zwei Leitungen zur Steuerung der Piano-Abklingzeit. (ca. 2 m lang, vgl. Bauanleitung "Effect-Piano")
- 29: Abgeschirmte Leitung zwischen LDR und Vorstufe. Am LDR (Fotowiderstand) Ader an Lötfläche "a", Abschirmung an Lötfläche "b", an der Vorstufe Ader an "E", Abschirmung an "M". Die Lötflächen "b" und "c" dürfen keine Verbindung miteinander haben, sonst entsteht eine Brummschleife.
(Vgl. Bauanleitung "Verstärker")



H. Stimmung und Prüfung des Tongenerators nach dem Einbau

Das Stimmen des neuen Tongenerators DT 74 ist denkbar einfach, da nur noch die absolute Tonhöhe eines einzigen (im Prinzip beliebigen) Tones eingeregelt werden muß, alle übrigen 95 Töne stimmen dann automatisch. Selbst wenn Sie den Generator überhaupt nicht abstimmen, stehen alle Töne bereits im richtigen Verhältnis zueinander.

Vor dem Stimmen sollte die Versorgungsspannung des Tongenerators auf 15 Volt eingeregelt werden (an P 1 des Netzteils), nach dem Stimmen darf sie nicht mehr verändert werden. Vibrato und Hawaii-Effekt dürfen nicht in Betrieb sein, es genügt, den Regler für die Vibratostärke ganz einzuschieben. **Ein evtl. angeschlossener Regler zur Gesamtstimmung muß in Mittelstellung gebracht werden.**

Wichtig: Falls die Kabelbäume für die Tastenkontakte bereits am Tongenerator angesteckt sind, muß – zumindest provisorisch – der Punkt 3 des Netzteils (ca. 4 Volt) mit der Leitung "m" an den Tastenkontakten verbunden werden (vgl. die Bauanleitungen "Tastenkontakte" und "Tonformung").

I. Stimmen ohne "Slalom"-Regler und ohne "Transposer"

Wenn Sie den "Slalom"-Regler eingebaut und angeschlossen haben, brauchen Sie den folgenden Abschnitt nicht zu beachten, fahren Sie unter H II. fort!

Wenn weder der Regler "Slalom" noch der "Transposer" angeschlossen sind (in diesem Fall muß der auf Seite 11 erwähnt 100 kOhm-Widerstand vom Kontakt 8 des Winkelstecksockels nach "MASSE" liegen), erfolgt das Stimmen des Tongenerators in zwei Teilschritten:

1. Den 100 kOhm-Widerstand vorübergehend mit einem kurzen Draht überbrücken, Ausgang **Nr. 4** der a-Kaskade abhören und dabei das Trimpmpotentiometer P 1 (Stimmung tief) auf der Generatorplatine mit einem kleinen Schraubenzieher vorsichtig verdrehen bis ein 440 Hz-Ton erreicht ist. (Die musikalische Bezeichnung für diesen Ton ist "a 1".) Zum Tonvergleich benötigen Sie eine 440 Hz-Stimmgabel, eine Stimmflöte oder ein verlässliches Vergleichsinstrument. (Falls Sie über einen Frequenzzähler verfügen, können Sie auch den Ausgang 1 der a-Kaskade auf genau 3520 Hz einstellen.)
2. Jetzt die Drahtbrücke über dem 100 kOhm-Widerstand entfernen, den Ausgang **Nr. 5** der a-Kaskade abhören und dabei P 2 auf der Generatorplatine (Stimmung hoch) so lange verdrehen, bis ebenfalls ein 440 Hz-Ton erreicht ist. (Ein am Ausgang 1 der a-Kaskade angeschlossener Frequenzzähler muß jetzt 7040 Hz anzeigen.) – Wenn Sie jetzt den 100 kOhm-Widerstand probeweise nochmals überbrücken, muß der Ton genau eine Oktave tiefer werden.

Mit dem Stimmen der a-Kaskade ist das Stimmen des Generators beendet, alle übrigen Töne stehen jetzt zu den a-Tönen im richtigen Verhältnis, wovon Sie sich durch Abhören der einzelnen Kaskaden leicht überzeugen können.

II. Stimmen des Generators bei betriebsbereitem "Slalom"-Regler

Die folgenden Anweisungen gelten nur für den Fall, daß Sie den Regler "Slalom" angeschlossen haben. Sollten Sie auch den Transposer eingebaut haben, darf zum Stimmen des Generators **keine** seiner Tasten eingedrückt sein.

Überzeugen Sie sich vor dem eigentlichen Stimmvorgang von der Funktion des "Slalom"-Reglers, indem Sie einen beliebigen Generatorausgang abhören und dabei den Regler von Anschlag zu Anschlag hin- und herschieben. Dabei muß sich die Tonhöhe um ca. eine Oktave ändern. Am linken Anschlag (von vorne auf die Orgel gesehen) muß sich der tiefste und am rechten Anschlag der höchste Ton ergeben. – Das Stimmen geschieht nun in zwei Abschnitten:



Regler "Slalom" ganz nach **links** (auf tiefsten Ton) schieben, Ausgang **Nr. 4** der a-Kaskade abhören, und dabei P 1 auf der Generatorplatine (Stimmung tief) mit einem kleinen Schraubenzieher vorsichtig verdrehen bis ein 440 Hz-Ton erreicht ist. (Die musikalische Bezeichnung dieses Tons ist "a 1"). Zum Tonvergleich benötigen Sie eine 440 Hz-Stimmgabel, eine Stimmlöte oder ein verlässliches Vergleichsinstrument. (Falls Sie über einen Frequenzzähler verfügen, können Sie auch den Ausgang 1 der a-Kaskade auf genau 3520 Hz einstellen.)

Jetzt den Regler "Slalom" bis zum **rechten** Anschlag schieben, den Ausgang **Nr. 5** der a-Kaskade abhören und P 2 (Stimmung hoch) so lange verdrehen bis wiederum ein 440 Hz-Ton erreicht ist. (Ein evtl. am Ausgang 1 der a-Kaskade angeschlossener Frequenzzähler muß jetzt 7040 Hz anzeigen.) – Wenn Sie jetzt den "Slalom"-Regler wieder zum linken Anschlag schieben, muß der Ton um genau eine Oktave tiefer klingen.

Bei normalem Orgelspiel sollte der "Slalom"-Regler immer am rechten Anschlag liegen, nur dann ist die Generatorstimmung "richtig", d.h., nur dann stimmen die Fußlagenbezeichnungen der Zugriegel und Festregister-Schalter mit der tatsächlichen Tonlage überein. Ein Verschieben des "Slalom"-Reglers bis zum linken Anschlag hat zur Folge, daß aus einem 16'-Register ein 32'-Register wird, aus einem 8' ein 16', aus einem 5 1/3' ein 10 2/3' usw.

Mit der Einstellung der beiden Trimpmpotentiometer P 1 und P 2 auf Oktavabstand ist das Stimmen des Tongenerators bereits beendet. Erwähnen möchten wir noch, daß Sie selbstverständlich den Ton a 1 auch höher oder tiefer als 440 Hz einstimmen können, jedoch muß immer erst an P 1 der tiefe Ton und dann an P 2 die Oktave dazu eingetrimmt werden.

III. Stimmung des Transposers

Ehe der Transposer gestimmt werden kann, muß die im vorangegangenen Abschnitt beschriebene Stimmung des Tongenerators in Verbindung mit dem "Slalom"-Regler abgeschlossen sein. Wenn Sie keinen Frequenzzähler benutzen, benötigen Sie den gleichen 440 Hz-Vergleichstongeber (z.B. 440 Hz-Stimmgabel o.ä.), den Sie zur Stimmung des Generators benutzt haben.

Die Stimmung des Transposers erfolgt in 11 Teilschritten an den 11 Trimpmpotentiometern auf der Transposerplatine TR 74 und erfordert neben der genauesten Befolgung der nachstehenden Anweisungen keine höhere musikalische Begabung als die Fähigkeit, zwei gleiche Töne als gleich zu erkennen.

1. Cis-Taste des Transposers eindrücken. Ausgang 4 der gis-Kaskade (das ist kein Druckfehler) abhören und dabei das zu dieser Taste gehörende Trimpmpotentiometer "cis" so lange verdrehen, bis die Tonhöhe 440 Hz beträgt, also mit dem Vergleichston übereinstimmt. (Falls Sie einen Frequenzzähler benutzen: Ausgang 1 der gis-Kaskade auf 3520 Hz bringen. Das gilt auch für die folgenden Schritte 2 bis 9; bei den Schritten 10 und 11 müssen jeweils 7040 Hz am Ausgang 1 der Kaskaden h bzw. ais erscheinen.)
2. D-Taste des Transposers eindrücken. (Die vorher gedrückte Cis-Taste muß dabei herauspringen.) Ausgang 4 der g-Kaskade abhören und die Tonhöhe dabei am Trimpmpoti "d" auf 440 Hz einregeln.
3. Dis-Taste des Transposers eindrücken, Ausgang 4 der fis-Kaskade abhören und mit dem Trimpmpoti "dis" auf 440 Hz abgleichen.
4. E-Taste drücken – Ausgang f 4 abhören – mit Poti "e" auf 440 Hz abgleichen.
5. F-Taste drücken – e 4 abhören – Poti "f" abgleichen (440 Hz)
6. Fis-Taste – dis 4 – Poti "fis".
7. G-Taste – d 4 – Poti "g".



8. Gis-Taste – cis 4 – Poti "gis".
9. A-Taste – c 4 – Poti "a".
10. Ais-Taste – h 5 – Poti "ais".
11. H-Taste – ais 5 – Poti "h".

Nach diesen 11 Schritten ist der Transposer fertig gestimmt und einsatzbereit. Wenn Sie sicher gehen wollen, ob Sie sich beim Einstellen nirgendwo vertan haben, können Sie folgende Kontrollschritte durchführen:

1. Regler "Slalom" in Linksanschlag bringen.
2. Alle Tasten des Transposers lösen. (Dazu brauchen Sie nur irgendeine der nicht eingedrückten Tasten leicht anzutippen, und eine evtl. noch gedrückte Taste springt heraus.)
3. Einen beliebigen Ausgang der c-Kaskade abhören. (Jetzt hören Sie tatsächlich einen c-Ton, vorausgesetzt, die A-Kaskade wurde auf $a_1 = 440$ Hz gestimmt.)
4. Jetzt der Reihe nach die Transposertasten Cis, D, Dis usw. eindrücken. Dabei müssen – obwohl Sie immer an der c-Kaskade abhören – je nach Transposereinstellung die Töne cis, d, dis usw., also eine chromatische Folge von Halbtonschritten erklingen.

IV. Prüfung der sonstigen Funktionen des Tongenerators

Bei allen folgenden Prüfungen genügt es, nur einen einzigen Generatorausgang abzuhören. Sollte sich einmal ein gefordertes Ergebnis nicht einstellen, überprüfen Sie bitte nochmals anhand von Abb. 24 Ihre Verdrahtung und deren Verlötung an den einzelnen Bedienungselementen.

1. Vibrato

- a) Die beiden Schalter "Schwebungs-Vibrato" und "Einschwingvibrato" – falls angeschlossen – nicht eindrücken.
- b) Regler "Vibrato-Stärke" zunächst ganz herausziehen. Jetzt muß der abgehörte Ton ein Frequenzvibrato (Tonhöhen-schwankung) zeigen, dessen Schnelligkeit sich mit dem Regler "Vibrato-Frequenz" beeinflussen läßt.
- c) Regler "Vibrato-Stärke" allmählich ganz einschieben. Dabei muß das Vibrato immer schwächer werden und schließlich ganz verschwinden. – In der Praxis wird die maximal mögliche Vibratostärke wohl nur selten benötigt, in der Regel dürfte es genügen, den Regler nur bis zur Hälfte zu ziehen. Je niedriger die Vibratogeschwindigkeit gewählt wird, um so vorsichtiger ist die Stärke zu dosieren, damit das Vibrato nicht aufdringlich wirkt.

2. Schwebungs-Vibrato

Den Schalter "Schwebungs-Vibrato" eindrücken. Das nun entstehende sehr langsame Vibrato (ca. 7 Schwebungen in 10 Sekunden) läßt sich nicht vom Regler "Vibrato-Frequenz" beeinflussen, wohl aber vom Regler "Vibrato-Stärke". – Für die Spielpraxis empfiehlt es sich, das Schwebungs-Vibrato nur äußerst schwach einzustellen.

3. Vibrato-Unterbrechung

Den Fußkontakt – falls eingebaut – betätigen. Ein bestehendes Vibrato (vorher einstellen) muß sofort abbrechen und beim Loslassen des Kontaktes mit geringer Verzögerung wieder anschwingen.



4. Einschwing-Vibrato

Die Funktion "Einschwing-Vibrato" kann erst überprüft werden, wenn die Baugruppe "Effekte" fertig angeschlossen ist. Den Schalter "Einschwing-Vibrato" eindrücken. Ein vorher eingestelltes Vibrato schwingt jetzt erst an, sobald eine Taste im Effekt-Manual (in der Regel das Obermanual) gedrückt wird. So lange nur im Untermanual oder im Pedal gespielt wird, bleibt das Vibrato aus. Das Einschwing-Vibrato wird vorwiegend bei der Registrierung von Solo-Instrumenten wie Trompete, Klarinette, Streicher, Rankett usw. eingesetzt.

5. Hawaii-Effekt

- a) Den Fußhebel "Hawaii-Effekt" kurz zur Seite drücken und sofort wieder loslassen. Der abgehörte Ton muß in der Höhe um ca. einen halben Ton absinken und relativ rasch wieder auf die ursprüngliche Tonhöhe ansteigen.
- b) Fußhebel erneut drücken und gedrückt lassen. – Die Tonhöhe sinkt ab und zieht allmählich wieder hoch, auch wenn der Fußhebel noch gedrückt bleibt. Ist die ursprüngliche Tonhöhe wieder erreicht, hat das Loslassen des Hebels keinen weiteren Anstieg zur Folge.

6. Gesamtstimmung

Den Regler für Gesamtstimmung hin- und herdrehen. Von Anschlag zu Anschlag muß sich die Tonhöhe dabei um etwa einen Halbtonschritt ändern.

J. Besondere Hinweise

I. Zum Vibrato

Bei Bestückung des Tongenerators mit den serienmäßig gelieferten Bauelementen stellt sich ein recht kräftiges Vibrato ein. Wenn Sie überwiegend mit schwächerem Vibrato spielen, können Sie zwar den Regler "Vibrato-Stärke" entsprechend zurücknehmen, doch muß die Einstellung sehr feinfühlig vorgenommen werden. Unser Tip: Vergrößern Sie evtl. den Widerstand R 12 von 2,2 M Ω auf 3,3 oder 4,7 M Ω , es ergibt sich dann bei voll gezogenem Regler ein schwächeres Vibrato.

II. Zum Hawaii-Effekt

Beim Betätigen des Hawaii-Fußkontaktes sollte die Generatorstimmung um genau einen Halbtonschritt absinken. Für Sonderwünsche kann das Wegziehen der Stimmung durch Ändern des Widerstandes R 15 vergrößert oder verkleinert werden. Eine Erniedrigung des Widerstandswertes bewirkt eine größere Verstimmung.

III. Zur Gesamtstimmung

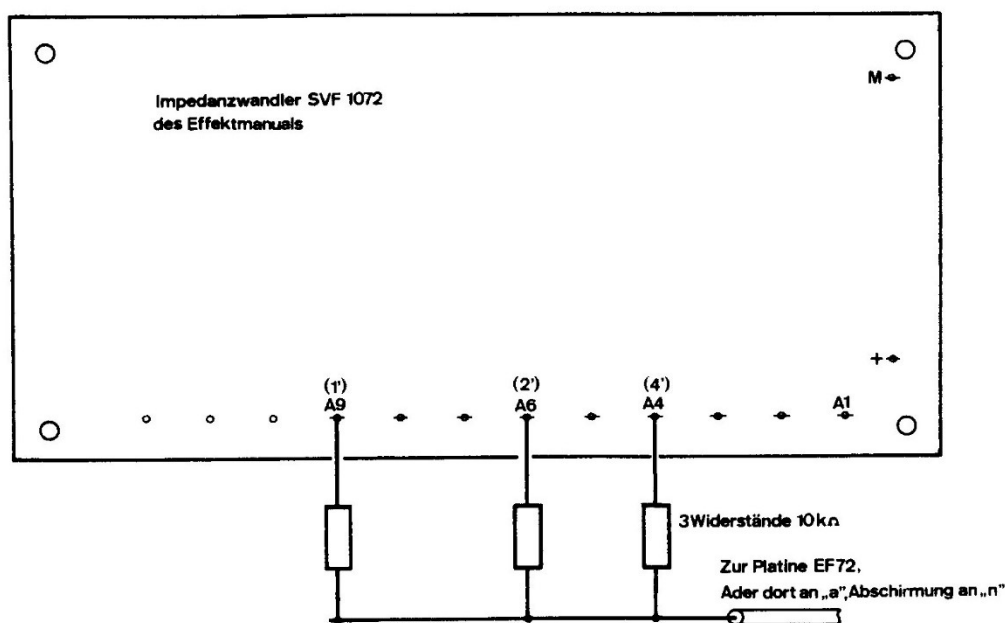
Der Regelbereich des Reglers "Gesamtstimmung" kann evtl. durch Änderung des Widerstandes R 16 beeinflusst werden. Bei Verkleinerung von R 16 ergibt sich ein größerer Regelbereich. Kleiner als ca. 1 M Ω sollte R 16 jedoch nicht gemacht werden, da sonst der Reglerbereich des Slalom-Reglers beeinflusst wird.



IV. Zur Baugruppe "Effekte" (Platine EF 72)

Vor allem bei Orgeln mit fünf Oktaven Manualumfang kann es vorkommen, daß bei Linksanschlag des Reglers "Slalom" die Perkussion auf den tiefsten Tasten nicht mehr richtig anspricht. In diesem Fall muß die Ansteuerung der Baugruppe (EF 72) wie folgt geändert werden: Die in der Bauanleitung "Effekte" unter Nr. 27 beschriebene abgeschirmte Leitung (sie entspricht der Leitung Nr. 248 in der "Aufbau-Anleitung 130") wird nach Abb. 28 über drei Widerstände von je 10 kOhm an die Ausgänge 4', 2' und 1' der Impedanzwandlerstufen SVF 1072 gelegt. – Zusätzlich muß auf der Platine EF 72 der Widerstand R 2 durch eine Drahtbrücke ersetzt werden. – Die bereits bestehende Verdrahtung an der Platine SVF 1072 wird nicht geändert. – Die drei 10 kOhm-Widerstände werden vorsorglich in allen Tongenerator-Bausätzen mitgeliefert.

Abb. 28: Geänderte Ansteuerung der Baugruppe "Effekte"



V. Wärmeentwicklung

Die Integrierten Schaltkreise im DT 74 können bereits nach kurzer Betriebszeit merklich warm werden, da aber Temperaturen bis weit über 100° C zugelassen sind, ist das kein Grund zur Besorgnis.

Änderungen, die dem technischen Fortschritt dienen, behalten wir uns vor.

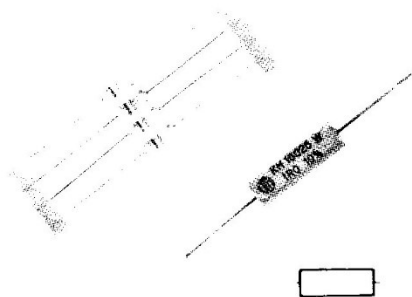
Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit unserem Einverständnis.



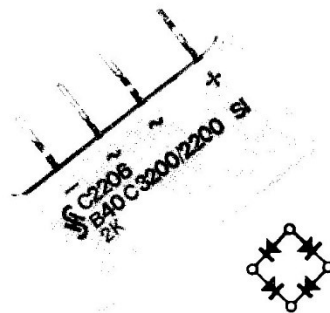
ist leer ...

ist leer ...

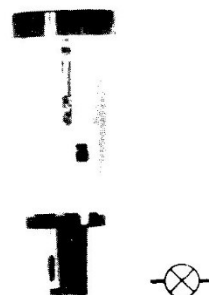
1. Widerstände



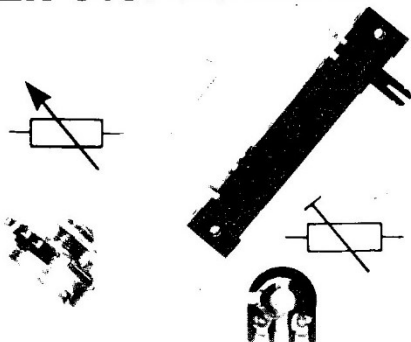
6. Gleichrichter



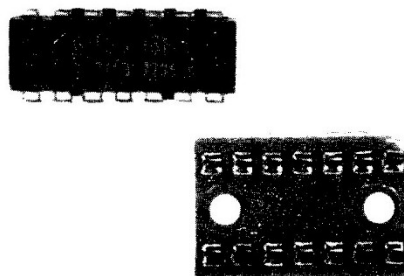
11. Lampen



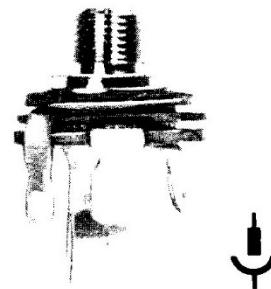
2. Potentiometer



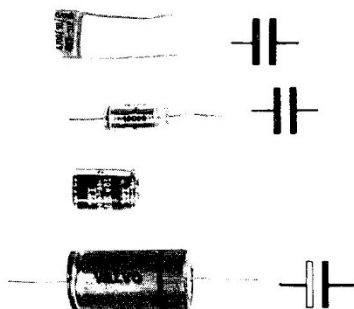
7. Integrierte Schaltkreise



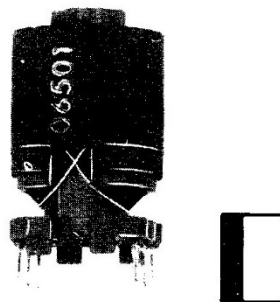
12. Buchse



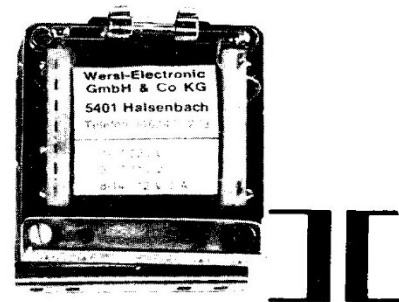
3. Kondensatoren



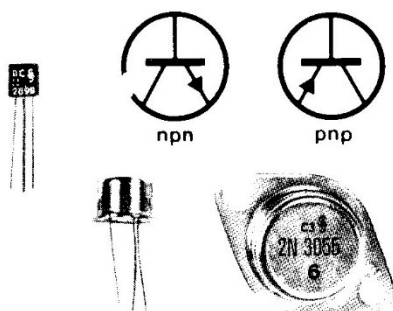
8. Spule



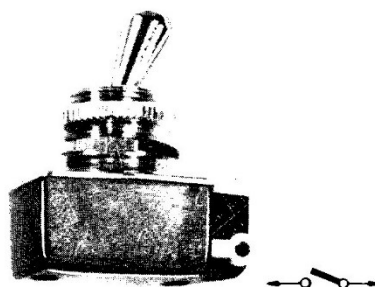
13. Transformator



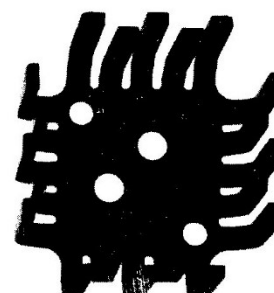
4. Transistoren



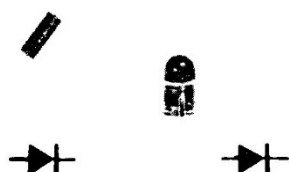
9. Schalter



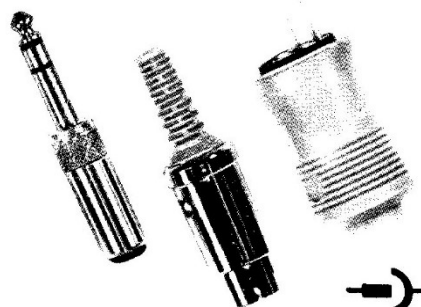
14. Kühlkörper



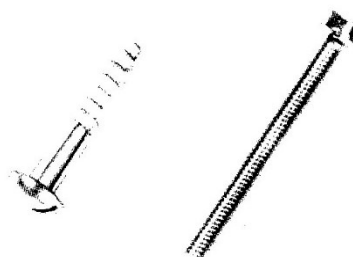
5. Dioden

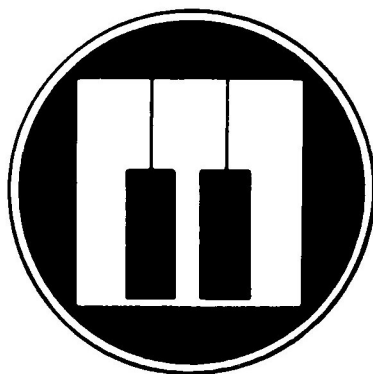


10. Stecker



15. Schrauben





- electronic GmbH & Co KG · 5401 Halsenbach/Hunsrück · Industriestraße

Telefon (0 67 47) 2 73 bis 2 75, Telex 04-23 23