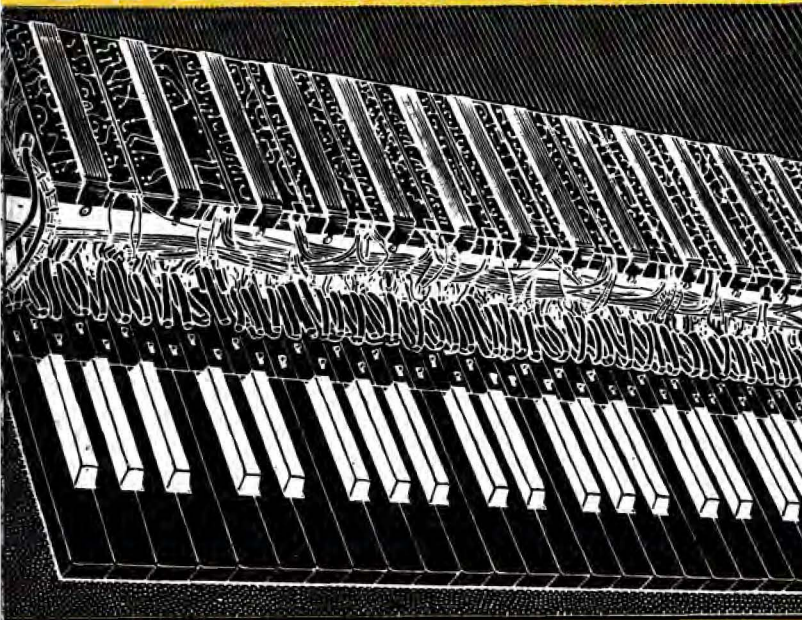


**amateurreihe**  
**electronica**



**Georg Engel**

**Elektromechanische und voll-  
elektronische Musikinstrumente  
Teil 2**



electronica · Band 133  
Elektromechanische und  
vollelektronische Musikinstrumente  
Teil 2





GEORG ENGEL

# **Elektromechanische und vollelektronische Musikinstrumente**

**Teil 2: Der mechanische und elektrische Gesamtaufbau  
kleiner und großer Instrumente**



MILITÄRVERLAG  
DER DEUTSCHEN DEMOKRATISCHEN  
REPUBLIK

**Die Teile 1, 3 und 4 enthalten folgende Hauptabschnitte:**

**Teil 1: Technisch-musikalische Einführung**

- 1. Allgemeine und technisch-musikalische Einführung**
- 2. Töne und Klangfarben mechanischer Musikinstrumente und die Elektroakustik**
- 3. Elektroakustische Musikinstrumente**
- 4. Vorzüge und Nachteile elektroakustischer Musikinstrumente**
- 5. Normen im Musikinstrumentenbau**
- 6. Technische Grundkenntnisse zum Verständnis des Aufbaus und der Wirkungsweise elektroakustischer Musikinstrumente**
- 7. Schlußbetrachtungen**

**Teil 3: Der spezifische Aufbau von Baugruppen und Instrumenten**

- 10. Schaltungs- und Aufbauvarianten von Baugruppen und Instrumenten**
- 11. Verdrahtung der Baugruppen**

**Teil 4: Bauanleitungen**

- 12. Gehäusegestaltung**
- 13. Hinweise zum Selbstbau eines elektronischen Musikinstrumentes**
- 14. Selbstbaupraxis**
- 15. Beispiele des Entwurfs verschiedener Instrumente**
- 16. Bauvorschlag für ein klangschönes Polyphon mittlerer Größe**
- 17. Bauanleitungen**
- 18. Möglichkeiten nachträglicher Erweiterungen**
- 19. Erfahrungen aus der Reparaturpraxis**
- 20. Entwicklungstendenzen im elektronischen Musikinstrumentenbau**
- 21. Ergänzungen**

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort .....	7
8. Praktische Versuche .....	8
8.1. Vorbereitungen zur Ausführung der Experimente .....	8
8.2. Anleitungen zum Aufbau und zu Erprobung der Versuchsschaltungen .....	13
8.2.1. Versuch 1: Generatorschaltungen zur Schwingungserzeugung .....	13
8.2.1.1. Aufbau eines astabilen Multivibrators (Bild 8.3) .....	13
8.2.1.2. Aufbau von 2 Sperrschwingern als Frequenzteiler (Bild 8.7) .....	19
8.2.1.3. Aufbau eines RC-Phasenschiebergenerators zur Erzeugung eines Frequenzvibrators (Bild 8.12) .....	24
8.2.2. Versuch 2: Aufbau von Filterschaltungen (Register) .....	25
8.2.3. Versuch 3: Verstärkung von Tonfrequenzspannungen .....	27
8.2.4. Versuch 4: Das Zusammenwirken der einzelnen Experimentierschaltungen .....	27
8.2.5. Die Versuchsschaltungen wurden erprobt ..	30
9. Beispiele des Gesamtaufbaus elektromechanischer und vollelektronischer Musikinstrumente .....	32
9.1. Elektromechanisches Instrument <i>Basset</i> ..	32
9.2. Elektromechanische „Klaviere“ <i>Claviset 300</i> und <i>Claviset 200</i> .....	35
9.3. Polyphon spielbares Tasteninstrument <i>Matador EMP 3</i> .....	38
9.4. Weltmeister-Transistororgel <i>TO 200/5</i> ....	44
	5

9.4.1.	Beschreibung des Übersichtsschaltplans (Bild 9.15) .....	56
9.4.2.	Tongeneratoren (Bild 9.16) .....	59
9.4.3.	Koppelverdrahtung (Bild 9.18) .....	62
9.4.4.	Sinusfilter und Manuالتrennung (Bild 9.19 und Bild 9.20) .....	65
9.4.5.	Formant-Register (Bild 9.21) .....	68
9.4.6.	Mixtur-Register (Bild 9.22) .....	71
9.4.7.	Vibratogenerator und Ausgangsverstärkung (Bild 9.23) .....	71
9.4.8.	Perkussion/Repeat (Bild 9.24) .....	75
9.4.9.	Hallverstärker (Bild 9.25) .....	77
9.4.10.	Netzteil (Bild 6.30) .....	77
9.4.11.	Registerumschalter und Knieschweller (Bild 9.26) .....	79
9.5.	Elektronisches Musikinstrument TO 200/53 (Weltmeister) .....	80
9.5.1.	Übersichtsschaltplan der TO 200/53 (Bild 9.28) .....	81
9.5.2.	Filter Untermanual (Bild 9.29) .....	84
9.5.3.	Schaltung des Pedals (Bild 9.30) .....	84
9.6.	Polyphon K2/3 nach Bild 3.2 .....	92
9.6.1.	Beschreibung des Übersichtsschaltplans (Bild 9.38) .....	94
9.7.	Beispiel eines industriellen größeren Poly- phons I1 .....	97
9.8.	Universelle elektronische Orgel K1 nach Bild 3.3 .....	100
9.9.	Elektronische Heimorgel K4 nach Bild 3.4	107
Schlußbetrachtungen .....		111
Literaturverzeichnis .....		113
Bildnachweis .....		115

## **Vorwort**

In den ersten Abschnitten des 2. Teiles der Beiträge zum Thema Elektroakustische Musikinstrumente werden Versuche beschrieben, die jeder Leser ausführen und auswerten kann, sofern ihm der Stoff des 1. Teiles hinreichend bekannt ist. Die Experimente sind für den weiteren Ausbau des Stoffes grundlegend. Es folgen illustrierte Beschreibungen über den Gesamtaufbau vor allem von größeren Instrumenten und über das Zusammenwirken aller ihrer Baustufen. Den größten Raum nehmen Darlegungen und bildliche Darstellungen zum spezifisch-mechanischen und schaltungstechnischen Aufbau einzelner Baugruppen ein. Grundlagenwissen muß vorausgesetzt werden, weil es nicht möglich ist, die Wirkungsweise der Grundsaltungen, die in den Stromlaufplänen vorkommen, im Detail zu erläutern. Auf Zusatzliteratur wird hingewiesen, um allen Interessenten die Einarbeitung in die Technik elektroakustischer Musikinstrumente zu erleichtern.

Sonneberg, im Januar 1973

*Georg Engel*

## 8. Praktische Versuche

Der Aufbau und die Wirkungsweise einfacher elektronischer Schaltungen erscheinen jedem, der sich noch nicht mit Bastelarbeiten auf dem Gebiet der Elektronik beschäftigt hat, kompliziert und schwer durchschaubar. Beim Versuch, die Schaltungen aufzubauen, stellt sich aber oft heraus, daß diese Tätigkeit besser als vermutet von der Hand geht. Trotzdem sollte man sich vor den praktischen Arbeiten mit den theoretischen Grundkenntnissen vertraut machen. Dazu können wahlweise einige Bücher empfohlen werden [3], [4], [7], [8], [13], [16], [19], [21], [23], [26], [27] und [28]. In dieser Literatur findet der Leser neben Grundlagen der Elektrotechnik und der Elektronik auch Angaben über die Arbeitsplatzgestaltung und über den Umgang mit Werkzeugen, Werkstoffen und Bauelementen.

Zum Basteln gehört etwas Geschick. Sind Anlagen vorhanden, so erlernt man viele Handgriffe durch Übung. Beim Ausführen der Versuche kann jeder seine Fähigkeiten und Fertigkeiten selbst überprüfen und beurteilen. Dazu reichen zunächst *Brettschaltungen* aus. Außerdem wird nur wenig Material und Werkzeug benötigt. Amateure besitzen meist schon Arbeitsmittel und praktische Erfahrungen. Die Versuchsschaltungen werden in der angegebenen Form oder nach eigenen Entwürfen (Skizzen) entsprechend den Stromlaufplänen und den zur Verfügung stehenden Materialien zusammengebaut. Die angefertigten Bausteine bzw. das für ihren Aufbau verwendete Material lassen sich später zum Aufbau eines Instruments wieder verwerten.

### 8.1. Vorbereitungen zur Ausführung der Experimente

Zuerst richtet man sich einen kleinen Arbeitsplatz ein. Die Fläche eines normalen Tisches reicht aus. Eine Hartfaser-

oder Sperrholzplatte, eventuell auch ein Stück fester Pappe kann als Arbeitsunterlage dienen. Es werden 3 Netzsteckdosen benötigt (Lötkolben, Tischlampe und Rundfunkempfänger).

### **Achtung, Arbeitsschutz!**

Der Lötkolben darf nur an einer *vorschriftsmäßig* installierten *Schukosteckdose* betrieben werden. Der Empfänger muß ein Wechselstromgerät mit eingebautem *Netztransformator* sein. Vor Inbetriebnahme des Rundfunkempfängers sind die Hinweise in der Bedienungsanleitung über den Anschluß eines Plattenspielers oder eines Tonbandgeräts oder anderer Zusatzgeräte an den Empfänger nachzulesen. Darin werden die Bedingungen zum gefahrlosen Anschließen von Zusatzgeräten genannt.

An einen Allstromempfänger dürfen Zusatzgeräte nur angeschlossen werden, wenn zwischen Wechselstromnetz und Empfänger *zusätzlich* ein *Trenntransformator* geschaltet ist. Sonst kann je nach Polung des Netzsteckers die Phase auf das Chassis des Empfängers gelangen. In diesem Fall ist es lebensgefährlich, mit dem Chassis in Berührung zu kommen, da ein Stromfluß vom Chassis über den Körper, z. B. zu geerdeten Teilen, zu Verkrampfungen führt und man die spannungsführenden Teile nicht mehr loszulassen vermag. Deshalb sind Allstromempfänger häufig überhaupt nicht mit Anschlußbuchsen für Zusatzgeräte ausgerüstet worden, oder die Buchsen sind abgedeckt. Erst nachdem ein Fachmann einen Netztrenntransformator eingebaut hat, dürfen die Abdeckungen entfernt werden.

Die Aufschrift „nur für Wechselstrom“ auf der Empfänger-rückwand bietet *keine Gewähr* dafür, daß im Gerät ein als Trenntransformator wirkender Netztransformator eingebaut ist. Wechselstromempfänger können mit *Spartransformatoren* und Schaltungen arbeiten, die dem Gerät einen *Allstromcharakter* verleihen. Sollen an einen Empfänger dieser Bauart Zusatzgeräte angeschlossen werden, so muß man ebenfalls einen *zusätzlichen* Trenntransformator ein-

setzen. Das zeigt, daß nur die Bedienungsanleitungen verbindliche und ausreichende Angaben enthalten.

Die Versuchsschaltungen sind als Zusatzgeräte zu betrachten, die nach Fertigstellung mit dem TA-Eingang des Rundfunkgeräts verbunden werden. Experimentierschaltungen werden *gefährlos* aus Taschenlampenbatterien versorgt.

Für den Lötkolben ist ein Lötkolbenhalter mit einer Abdeckung für den Heizpatronenteil zweckmäßig (Brand- und Verletzungsschutz), der in einfacher Weise selbst gebastelt werden kann (s. Bild 8.21).

Für die Ausführung der Versuchsaufbauten (Brettschaltungen) benötigt man folgende Materialien und Werkzeuge:

1 Seitenschneider oder 1 Zange zum Drahtschneiden, 1 kleine Flachzange, 1 Pinzette, 1 kleinen Hammer, 1 Lötkolben 30 bis maximal 60 W oder besser 10 W, 6 V (z. B. *Barthel 2000*) einschließlich Transformator und 3 Flachbatterien je 4,5 V.

An Material werden einige Hartpapierplatinen oder Leiterplatten mit Experimentier-Universallaster, im einfachsten Fall einige trockene Holzbrettchen (Sperrholzabfallstreifen aus einer Tischlerei) gebraucht. Weiterhin werden in einer Verkaufsstelle für Bastlerbedarf ein Bund Lötzinn mit Kolophoniummader, einige Gramm Kolophonium, Spiritus, einige Meter isolierter 0,5-mm-Kupferdraht, 50 g 10 bis 15 mm lange Stiftnägeln aus *lötbarem* Material (verkadmete oder Messingnägeln) und elektronische Bauelemente (s. Stromlaufpläne der Versuchsschaltungen) gekauft.

Die Versuchsschaltungen auf trockene Holzbrettchen zu montieren ist die einfachste Art der Ausführung der Versuche; denn die Isolationseigenschaften von Holz verschlechtern sich bei Feuchtigkeitsaufnahme erheblich. Außerdem können die Lötstifte zu „kalten Lötstellen“ beitragen, wenn sie von ungeübter Hand gelötet werden oder wenn sie keine saubere Oberfläche aufweisen. Deshalb sollten selbstangefertigte Lötösenplatinen aus Hartpapier



oder die vom Fachhandel angebotenen Experimentierleiterplatten zum Aufbau der Schaltungen verwendet werden.

Einige Hinweise für Interessenten am Selbstbau, die noch keine Lötarbeiten ausgeführt haben:

Das Löten geht am Anfang oft schlecht von der Hand. Die Ursachen sind häufig unsaubere LötKolbenspitzen (nicht verzinkt, verzundert) und nicht metallischblanke Oberflächen der miteinander zu verbindenden Teile. Dann sollten die zu verlötenden Teile zunächst blank gekratzt oder geschabt werden. Die LötKolbenspitze muß die richtige Temperatur haben, damit das LötZinn zusammen mit dem Flußmittel verfließen kann. Beim Berühren festen Kolophoniums mit der LötKolbenspitze darf *kein Zischen* auftreten. Das Flußmittel (nur *reines* Kolophonium verwenden) soll erst nach mehreren Sekunden auf der LötKolbenspitze verdampfen; dann ist die richtige Löttemperatur erreicht. Die Temperatur der LötKolbenspitze wird durch Verändern ihrer Eintauchtiefe in die Heizpatrone reguliert.

Miteinander zu verbindende Metallteile müssen erhitzt werden, bis das LötZinn im Zusammenwirken mit dem Flußmittel fließt. Kurz darauf wird der LötKolben von der Lötstelle entfernt. Bilden sich dabei LötZinnspitzen, war das Flußmittel bereits verdampft oder die Temperatur zu niedrig. Man benetzt in diesem Fall die Lötstelle nochmals mit etwas Flußmittel (in Spiritus gelöstes Kolophonium) und lötet nach.

Lötunkundige *tupfen* oft mit der LötKolbenspitze an den Lötstellen herum oder versuchen das LötZinn „aufzustreichen“. Richtig ist das *ruhige* Anlegen der Lötspitze an die zu verbindenden Teile. Man schiebt den Lötdraht zwischen LötKolbenspitze und Lötstelle ein, bis genügend Zinn abgeschmolzen ist (Bild 8.1). Nach Entfernen des Lötdrahts verfließt unter der Hitzeeinwirkung das Zinn an der Lötstelle vollkommen. Erst in diesem Moment darf die LötKolbenspitze von der Lötstelle abgehoben werden. Wird die Lötstelle zu lange erhitzt, so verliert sie ihren Glanz, sie „verbrennt“.

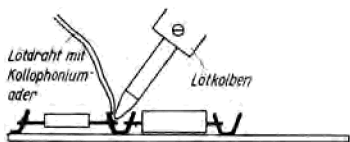


Bild 8.1  
Herstellen einer Lötverbindung

Jüngere Amateure haben das Löten bereits im polytechnischen Unterricht erlernt. Wenn der Arbeitsgang nicht gelingen will, sollte sich den Lötvorgang von einem Fachmann zeigen lassen; denn elektronische Schaltungen funktionieren nur dann sicher, wenn alle Lötverbindungen einwandfrei und schaltungstechnisch richtig ausgeführt sind.

*Halbleiterbauelemente* unterliegen *besonderen* Lötvorschriften. Die Anschlußdrähte von Transistoren und Dioden dürfen nicht zu weit gekürzt oder an der Ausführungsstelle gebogen werden. Beim Löten kühlt man die Anschlußdrähte, besonders die der Germaniumhalbleiter-Bauelemente, gemäß Bild 8.2, damit nicht zu viel Wärme in das Innere der Transistoren oder Dioden gelangt. Die verflochtenen Lötstellen kühlen durch Anblasen schnell ab. Zuletzt wird die Flachzange von den Anschlußdrähten entfernt. In schwierigen Fällen können die zu verlötenden Flächen *vorverzinnt* werden, um „kalten“ Lötstellen vorzubeugen. Die Qualität selbstgelöteter Verbindungen läßt sich durch einen Vergleich mit Lötstellen industrieller Geräte beurteilen. Beim Öffnen der Geräte (Rückwände oder Bodenplatten entfernen) unbedingt vorher den Netzstecker ziehen!

Lötpasten und andere *salmiak-* oder *säurehaltige* Flußmittel sind für die Herstellung elektronischer Geräte *verboten*.

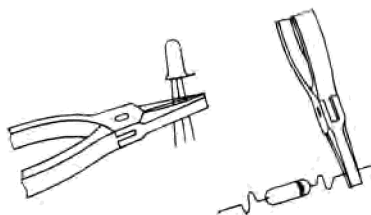


Bild 8.2  
Kühlen der Anschlußdrähte  
von Halbleiterbauelementen  
beim Löten

Sie zerstören mit der Zeit die Lötverbindungen und Bauelemente und führen zu unkontrollierbaren Nebenschlüssen.

Die Beispiele zeigen, daß bei der Herstellung einwandfreier Lötverbindungen einige Dinge beachtet werden müssen. Es ist daher empfehlenswert, einführende Literatur [7], [8], [26] zu lesen.

## **8.2. Anleitungen zum Aufbau und zur Erprobung der Versuchsschaltungen**

### **8.2.1. Versuch 1: Generatorschaltungen zur Schwingungserzeugung**

Die Schaltungen werden mit *Basteltransistoren* für NF-Vorstufen (Germanium)<sup>1</sup> bestückt. In besonderen Fällen wird auf die Art der einzusetzenden Transistoren hingewiesen.

Der Autor verwendete für den Aufbau großer Instrumente Transistoren, die z. Z. für nur 0,42 M in den Verkaufsstellen für Bastlerbedarf angeboten werden. Die Ausfallziffer der Transistoren lag bei etwa 10 %, die Mängel zeigten sich meistens schon bei der Belegung und Erprobung der einzelnen Bausteine. Innerhalb mehrerer Betriebsjahre der Instrumente kam es nur selten vor, daß ein Transistor ausgewechselt werden mußte.

#### **8.2.1.1. Aufbau eines astabilen Multivibrators (Bild 8.3)**

Für den Aufbau des Multivibrators (Bild 8.3) wird eine Perlinaxplatte (Bild 8.4) mit Lötösen versehen und nach Bild 8.5 bestückt. Nicht isolierte Anschlußdrähte der Bauelemente und Verbindungsleitungen werden an schlußgefährdeten Stellen mit gewebehaltigem Isolierschlauch

---

<sup>1</sup> Unter Berücksichtigung der anderen Polung können auch npn-Siliziumtransistoren eingesetzt werden (eine Anleitung erfolgt im Teil 4).

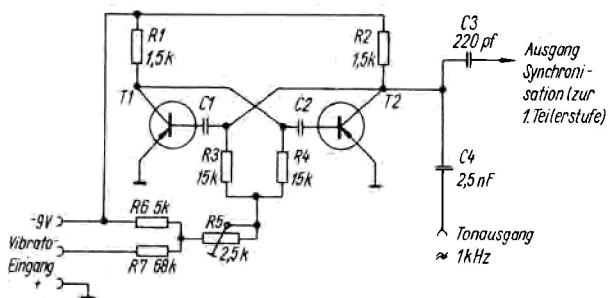


Bild 8.3 Astabiler Multivibrator als Muttergenerator; T1 und T2 sind Germaniumtransistoren für NF-Vorstufen, C1 und C2 sind so zu wählen, daß der Multivibrator auf etwa 1 kHz schwingt ( $C1 = C2$ , etwa 22 bis 25 nF)

überzogen. Der in Bild 8.5 eingezeichnete *Drahtregler* (Widerstand R5) ist mit einem Haltewinkel auf der Platine montiert. Wird für R5 ein einfacher Kohleschicht-Trimmregler (Einstellregler) eingesetzt, dann müssen zusätzliche Lötösen zur Befestigung des Reglers entsprechend seiner Bauform angebracht werden. Der Haltewinkel ist dann überflüssig.

Eine *Brettschaltung* wird in analoger Weise angefertigt. An Stelle der Lötösen werden Stiftnägel eingeschlagen. Sie sollen 3 bis 4 mm aus dem Holz herausragen, um die Lötstellen mühelos vorbereiten zu können. Falls keine lötfähigen Stiftnägel zur Verfügung stehen, fertigt man sich Stifte

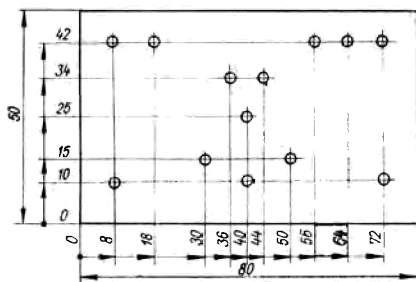


Bild 8.4  
Bearbeitungszeichnung  
für die Platine des  
Muttergenerators  
(Material: Hartpapier,  
Pertinax 2 mm stark)

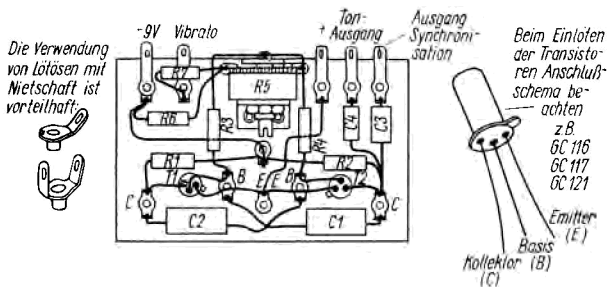


Bild 8.5 Bestückte Platine des Muttergenerators

aus lötbaren Drähten. Kupferdraht von 0,8 bis 1 mm Querschnitt wird mit Sandpapier oder besser mit einem Schaber blank gekratzt. Anschließend spannt man den Draht einseitig fest ein und klemmt sein anderes Ende in das Futter einer Handbohrmaschine. Der Draht wird gestrafft und die Bohrmaschine eingeschaltet. Auf dem verdrehten Draht zeichnen sich schräg über den Draht laufende Linien ab, die zuletzt etwa 45° zur Längsachse des Kupferdrahts liegen sollen. Dadurch wird das Material hart, und man erhält einen völlig geraden Draht. In gleicher Weise können auch blanke Schaltdrähte für Schaltungsplatinen (z. B. Masseleitungen) vorbehandelt werden. Aus so vorbereitetem Material angefertigte Drahtstifte lassen sich gut in Holz einschlagen. Hartes Holz wird vorgestochen oder vorgebohrt, ehe man die Stifte einschlägt.

Die Anschlußdrähte der Bauelemente werden beim Bestücken der Brettschaltungen mit etwa einer Windung um die Nägel bzw. Stifte gelegt. Erst wenn die Anschlüsse mehrerer Bauelemente durch die Lötösen gesteckt oder an den Stiften befestigt sind, beginnt man mit dem Verlöten der Stützpunkte. In Bild 8.20 ist eine fertige Brettschaltung zu sehen.

Platinen in *gedruckter* Schaltung lohnen sich für Versuchsschaltungen wegen des Arbeitsaufwands nicht, denn sie müssen erst entworfen und angefertigt werden. Hingegen

zählt sich beim Bau eines größeren Instruments diese Arbeit aus, weil viele Baustufen mehrfach in der gleichen Ausführung vorkommen (z. B. Generatoren und Sustainstufen). Allerdings ist bei Lötösenplatinen die Verarbeitung von Bauelementen verschiedener Form und Größe leichter, denn bei gedruckten Schaltungen muß man sich in engeren Grenzen auf bestimmte Größenverhältnisse und Ausführungsformen der Bauelemente festlegen. Sollen später andere Bauformen verwendet werden, paßt dieses und jenes nicht. Mit dem nichtgeplanten Einbau größerer und schwererer Bauelemente verschlechtern sich die mechanische Stabilität und die Übersichtlichkeit der Platinen.

Ein Amateur bemüht sich stets, preisgünstig angebotenes Material einzukaufen. Das Angebot in den Verkaufsstellen für Bastelmaterial ist reichhaltig, aber Bauelemente zu stark herabgesetzten Preisen sind nicht immer in den gewünschten Mengen und Ausführungsformen vorrätig. Das sollte beim Entwurf der Platinen für ein Instrument zum Selbstbauen beachtet werden, denn mit jeder Verkleinerung der Abmessungen der Platinen wird der Austausch von Bauelementen schwieriger.

Soll ein besonders kleines und leichtes Instrument gebaut werden, so muß man bei der Konstruktion der Baugruppen bezüglich der Raum- und Gewichtsverhältnisse konsequent bleiben und darf die höheren Kosten für die *Miniaturbauelemente* nicht scheuen. — Der Autor entwarf seine Instrumente bisher so, daß alle üblichen Formen von Bauelementen und Materialien verarbeitet werden konnten. Zum Beispiel wurden die Abmessungen der elektronischen Orgel nach Bild 3.3 sehr großzügig geplant. Das Instrument war für den stationären Einsatz in einem Kulturhaus vorgesehen. Raum- und Gewichtsverhältnisse standen daher nicht im Vordergrund. Für den Aufbau des Instruments wurden Widerstände, Kondensatoren, Potentiometer, Transformatoren, Drosseln usw. aus der Zeit röhrenbestückter Rundfunkempfänger verwendet (zum Teil Ausbaumaterial aus defekten Baugruppen und Geräten). Die

Drösseln und Transformatoren mußten neu oder umgewickelt und die Bauelemente geprüft werden.

Das Polyphon K2/3 (Bild 3.2) wurde wesentlich gedrängter aufgebaut als das Instrument K1, obwohl im wesentlichen keine anderen Materialien und Bauelemente zur Verfügung standen.

Gemessen an der Vielzahl seiner Einrichtungen zur Klangformung, kann die elektronische Heimorgel nach Bild 3.4 als Musterbeispiel für eine wirtschaftliche *Raumausnutzung* des Spieltischgehäuses angesehen werden. Sogar der Endverstärker und die Lautsprecher sind trotz Verzichtes auf die konsequente Bestückung mit Miniaturbauelementen im Spieltisch eingebaut. Zur Verbesserung der Klangabstrahlung und zur Ausnutzung der Ausgangsleistung des Endverstärkers kann man zusätzlich 2 *Lautsprecherboxen* anschließen. Der Aufbau der einzelnen Instrumente wird noch ausführlich erläutert.

Fragen der Raumausnutzung und des Gewichts werden in einigen Jahren bei der Konstruktion großer Instrumente keine Kriterien mehr sein. Ein Generatorsatz z. B. mit 96 Tongeneratoren kann mit Integrierten Bausteinen auf einer einzigen Platine mit den Abmessungen von etwa 10 cm × 30 cm untergebracht werden. Gegenüber dem heutigen Stand bedeutet das eine Verringerung des Volumens um etwa 80 bis 90 %. Trotz dieser Perspektiven ist es nicht nutzlos, wenn man sich mit dem gegenwärtigen Stand der Technik und des Selbstbaus elektronischer Musikinstrumente beschäftigt, denn an den Schaltungs- und Funktionsprinzipien ändert sich auch bei Integrierten Schaltkreisen im wesentlichen nichts. Neu wird sein, daß ganze Schaltungsabschnitte zu einer *kompakten* Baugruppe auf *engstem* Raum zusammengefaßt sind. Man erspart sich die Montage vieler einzelner Bauelemente einschließlich der Halbleiterbauelemente und einen großen Teil der zeitraubenden Verdrahtungsarbeiten.

Nach diesen Betrachtungen zurück zu den Versuchsschaltungen. Ist die Multivibratorplatine fertiggestellt, dann

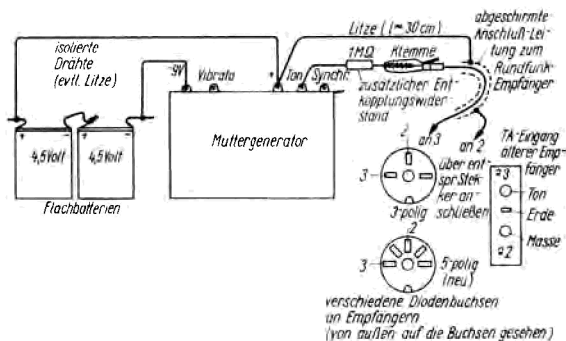


Bild 8.6 Anschlußschema zur Erprobung des Muttergenerators

wird der Generator nach Bild 8.6 an 2 Flachbatterien und an den TA-Eingang eines Rundfunkempfängers angeschlossen.

Man schaltet den Empfänger erst ein, wenn alle Verbindungen, wie in den Skizzen gezeigt, hergestellt sind. Der Lautstärkereglern verbleibt zunächst in der Nullstellung. Ist der Empfänger betriebsbereit, so wird die Lautstärke nur langsam vergrößert, denn die Ausgangsspannung des Multivibrators ist so groß, daß der NF-Teil des Empfängers *übersteuert* werden kann. Hat die Lautstärke das richtige Maß, dann verstellt man zur Probe den Einstellregler für die Tonhöhe des Multivibrators. In dieser Weise erfolgt die Tonhöhenfeinabstimmung, wenn die Multivibratoren als *Steuergeneratoren* in einem Instrument eingebaut sind. Neben der Bezeichnung Steuergenerator werden auch Begriffe wie *Hauptoszillator* oder *Muttergenerator* benutzt.

Der Multivibrator gibt eine rechteckförmige Tonfrequenzspannung ab. Der starke Oberwellengehalt dieser Schwingungsform läßt sich einfach nachweisen, indem der Multivibratorausgang nicht auf den TA-Eingang, sondern auf den AM-Antenneneingang des Rundfunkempfängers geschaltet wird. Die Oberwellen des Multivibrators werden auf der LW und MW zu hören sein. Der Empfang der



Oberwellen ist sogar im KW-Bereich (Megahertz!) möglich.

Nach der Erprobung des Multivibrators werden die Batterien wieder abgeklemmt. Um Kurzschlüsse zu vermeiden, sollte das grundsätzlich vor jedem Lötvorgang geschehen.

#### 8.2.1.2. Aufbau von 2 Sperrschwingern als Frequenzteiler (Bild 8.7)

Um das Praktikum und den Versuch der Klangformung zu bereichern, und um neben der *selektiven* auch die *additive* Klangbildung demonstrieren zu können, werden 2 Frequenzteiler nach Bild 8.7 aufgebaut. Sie liefern sägezahnförmige Schwingungen, die sich sehr gut für eine selektive Klangbildung eignen. Zum Aufbau der Schaltungen gehören 2 Kleinstübertrager. Geeignet sind Treiber- oder Ausgangsübertrager von Taschenempfängern (K 20 oder K 21), die man eventuell in Reparaturwerkstätten erwerben kann. Da die Übertrager neu gewickelt werden müssen, sind defekte Exemplare neuen Kleinstübertragern aus Preisgründen vorzuziehen.

Der Aufbau der Sperrschwingertransformatoren geht aus Bild 8.8 hervor. Bei Verwendung von Kernen K 21 kann

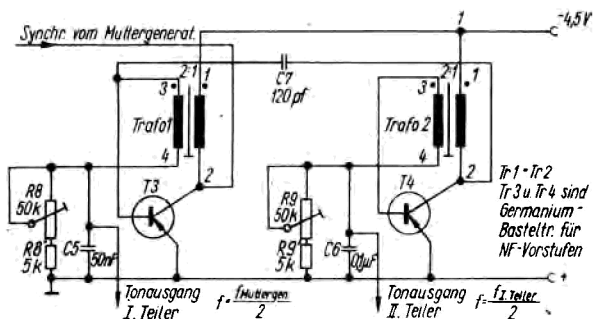


Bild 8.7 Stromlaufplan des Frequenzteilers (Sperrschwinger)



0,12-mm-Draht benutzt werden, während die Windungszahlen und der sonstige Aufbau unverändert bleiben. Beim Anfertigen der Brettschaltungen oder der Platinen sind die größeren Abmessungen des K 21 zu berücksichtigen.

Die Brettschaltung wird nach Bild 8.9 und Bild 8.10 ausgeführt. Man schaltet die Frequenzteiler mit dem Multivibrator zusammen (Bild 8.11) und verfährt bei der Inbetriebnahme wie folgt:

Die zum TA-Eingang führende Leitung wird möglichst gleich zu Beginn der Versuche mit einer Krokodilklemme versehen. Beim *Abgleich* der Frequenzteiler können so die Ausgänge der Generatoren *abwechselnd* zum Frequenzvergleich abgetastet werden.

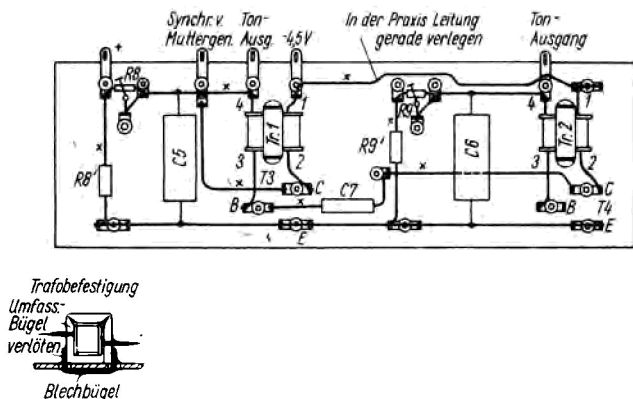


Bild 8.10 Bestückte Frequenzteilerplatine.

Die mit x gekennzeichneten Leitungen und Anschlußdrähte werden mit Gewbeschlauch überzogen. Die Transformatoranschlüsse 1 sind erst bei der Inbetriebnahme (s. Text) anzulöten. Die Transistoren sind nicht eingezeichnet, sondern nur ihre Anschlußpunkte (C - Kollektor, B - Basis und E - Emitter). Die Transistoranschlußdrähte werden nicht gekürzt, aber so mit Isolierschlauch überzogen, daß die Wärmeabführung beim Anlöten noch gewährleistet ist (Pinzette oder schmale Flachzange muß noch am blanken Draht zwischen Schlauch und Lötbereich angreifen können)

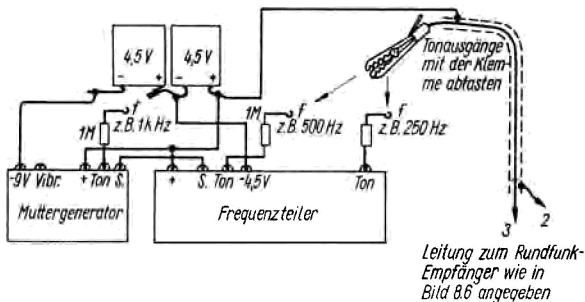


Bild 8.11 Schaltung zur Inbetriebnahme der Frequenzteiler. Beim Berühren der Klemme ertönt im Lautsprecher ein 50-Hz-Ton. Dieses lästige Netzbrummen vermindert sich, wenn die Klemme mit einer Isolation versehen wird. Der Brummtton wird auch leiser, wenn man mit der linken Hand eine Plusleitung (Masse) zusätzlich anfäßt

Zuerst wird der Multivibrator wieder in Betrieb genommen (Anschließen der Batterien nach Bild 8.6) und seine Funktion mit dem Empfänger überprüft (Multivibratorausgang an TA-Eingang legen). Die Einstellregler der beiden Sperrschwinger sind auf den größten Widerstandswert einzuregeln (Schleifer stehen gemäß Bild 8.10 in diesem Fall am rechten Anschlag). Dann wird die negative Spannung an den ersten Sperrschwinger angelegt (Transformator 1, Anschluß 1 anlöten). Der Anschluß 1 des Transformators 2 darf noch nicht angeschlossen werden (Zuleitung für Minusanschluß unterbrechen). Die Leitung zum TA wird an den Ausgang des ersten Sperrschwingers gelegt. Aus dem Lautsprecher muß nun ein tiefer Ton erklingen. Der Regler des Sperrschwingers wird dann langsam nach links verstellt, bis die Tonhöhe des Multivibrators erreicht ist. Der Einstellregler darf auch bis zum linken Anschlag getrimmt werden. Die Tonhöhe des Sperrschwingers vergleicht man bei diesem Vorgang ständig mit der vom Multivibrator abgegebenen Tonhöhe, indem man die Leitung zum TA-Eingang abwechselnd an den Multivibrator oder Sperrschwinger Ausgang anschließt. Beim Drehen des Reglers ändern sich die Tonhöhen des Sperrschwingers

nicht kontinuierlich, sondern in Sprüngen. Diese Erscheinung ist auf die *Synchronisation* des Sperrschwingers durch den Multivibrator zurückzuführen. Entspricht die Tonhöhe des Sperrschwingers der des Multivibrators, so wird der Regler des ersten Sperrschwingers wieder langsam zurückgestellt (nach rechts gedreht). Die Tonhöhe springt nach unten. Der jetzt abgegebene Ton liegt eine Oktave tiefer als der Ton des Multivibrators. Schwingt der Multivibrator z. B. mit einer Frequenz von 1000 Hz, dann muß die Frequenz des Sperrschwingers 500 Hz betragen (*Oktavteilung* bzw. *Frequenzteilung*). Beim Weiterdrehen des Reglers nach rechts kommt es erneut zu einem Tonhöhen sprung nach unten (Quinte). Man bewegt den Regler wieder nach links und läßt den Schleifer in der Mitte des *Oktavsynchronisationsbereichs* stehen. Damit ist die 1. Teilerstufe eingestellt. Nach mehrmaliger Übung bereitet dieser Einstellvorgang keine Schwierigkeiten. Die Spannungszuführung wird nun wieder einpolig an den Batterien unterbrochen.

Anmerkung: Sollte der Sperrschwinger zu labil synchronisiert werden (Drehwinkel des Reglers im Oktavsynchronisationsbereich ist sehr klein), so ist versuchsweise ein anderer Transistor einzusetzen.

Als nächstes wird am 2. Sperrschwinger die Verbindung zum negativen Pol (Transformator 2, Anschluß 1 anlöten) hergestellt. An den Ausgang der 2. Teilerstufe muß die Leitung zum TA-Eingang angeklemt werden (Batterien wieder anschließen). Die 2. Teilerstufe läßt sich wie die 1. Teilerstufe einstellen. Der Frequenzvergleich ist aber nicht mit dem Multivibrator, sondern mit dem 1. Sperrschwinger vorzunehmen. Hat man so den Oktavsynchronisationsbereich des 2. Teilers gefunden, werden zur Kontrolle die Ausgänge der Generatoren nochmals abgetastet. Erzeugt der Multivibrator den höchsten Ton (z. B. 1000 Hz), dann müssen die beiden Sperrschwinger jeweils die Frequenz teilen und Töne im Oktavabstand voneinander abgeben (im Beispiel 500 Hz und 250 Hz).

### 8.2.1.3. Aufbau eines RC-Phasenschiebergenerators zur Erzeugung eines Frequenzvibratos (Bild 8.12)

Der Generator erzeugt sinusförmige Wechselspannungen niedriger Frequenzen im Bereich von etwa 3 bis 10 Hz. Mit dieser Vibratofrequenz werden die Frequenzen der Steuer-  
generatoren eines Generatorsatzes frequenzmoduliert (ge-  
wobbelt), so daß ein Frequenzvibrato entsteht. Die Schal-  
tung des Generators zeigt Bild 8.12. Ein Beispiel für den  
mechanischen Aufbau des Generators ist in Bild 8.13 dar-  
gestellt. Die  $1\text{-}\mu\text{F}$ -Kondensatoren können in den Versuchen  
*MP-, Kupfstoffolien-(MKC-, MKT-), Lack(MKL-)Konden-*  
*satoren*, ältere *Duroplast-* oder *Papierrollenkondensatoren*  
sein. Dementsprechend ist der Platinenaufbau vorzuneh-  
men. Die Regler werden nach den Hinweisen in Bild 8.12  
eingestellt. Der *Sinusgenerator* wird gemäß Bild 8.14 er-  
probt. Der Lautsprecher zeigt nur ein starkes Atmen der  
Membran, wenn der Lautstärkeregler am Empfänger weit  
geöffnet ist. Bei kleinen Rundfunkempfängern mit sehr  
kleinen Lautsprechern wird das Atmen der Lautsprecher-  
membranen kaum wahrzunehmen sein. Schwingt der Ge-

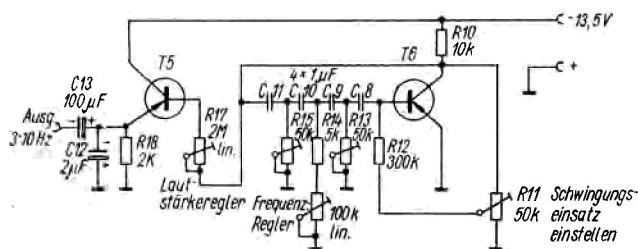
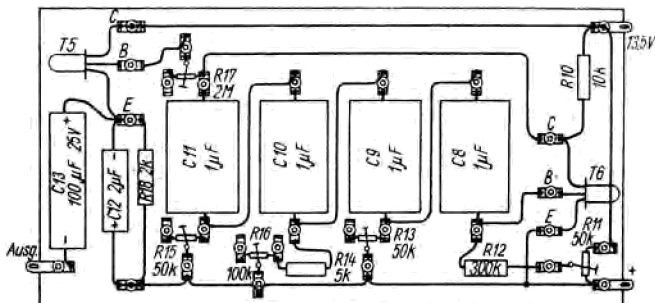


Bild 8.12 Stromlaufplan des Frequenzvibratogenerators. Die Trimpotentiometer R13 und R15 sind in Mittelstellung etwa richtig eingestellt. Bei eventueller Frequenzkorrektur sollen beide Regler etwa gleichmäßig nachgestellt werden. Der Generator schwingt nur, wenn T6 eine hohe Stromverstärkung ( $\beta \geq 70$ ) aufweist. Man läßt mehrere Basteltypen in einer Werkstatt messen oder probiert mehrere Exemplare aus, bis der Generator sicher schwingt. Mit R11 wird der Arbeitspunkt eingestellt, bei dem die Schaltung in den Schwingzustand übergeht



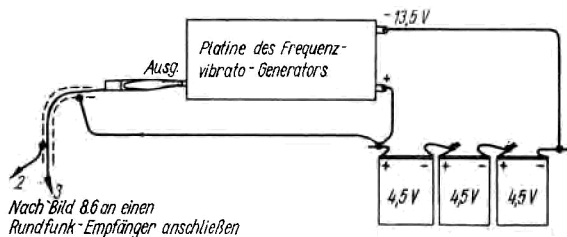
**Bild 8.13** Beispiel des Aufbaus der Platine des Frequenzvibratogenerators nach Bild 8.12.

Die Abmessungen und der Aufbau der Platine werden vorwiegend von der Art und Größe der Kondensatoren C8 bis C11 bestimmt (Platine entsprechend bemessen)

erator zu langsam oder zu schnell, sind die Frequenzregler gleichmäßig nachzustellen. Die beschriebene Erprobung ist nur eine Funktionsprüfung des Generators; angewendet wird er als *Vibratogenerator* in einem weiteren Versuch.

### 8.2.2. Versuch 2: Aufbau von Filterschaltungen (Register)

Es wird eine Filterkombination nach Bild 8.15 auf Bretchen oder Pertinaxplatinen zusammengeschaltet. Bild 8.16



**Bild 8.14** Prüfen der Funktion des Vibratogenerators

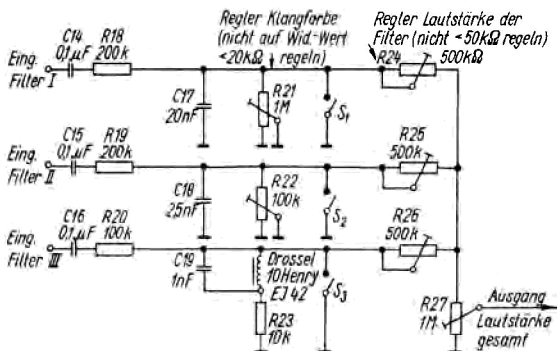


Bild 8.15 Stromlaufplan einer Filterkombination

zeigt ein Aufbaubeispiel für die Filterkombination. Die klangverändernde Wirkung der Filter wird im Versuch 4 erprobt.

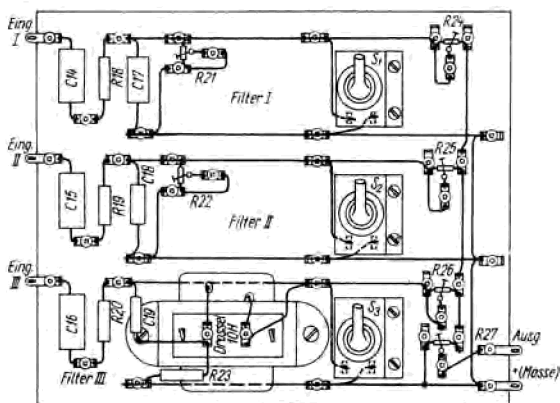
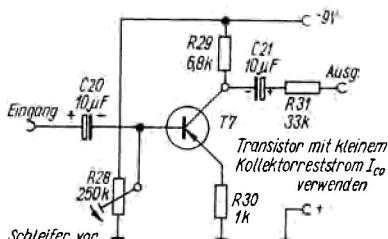


Bild 8.16 Beispiel für den Aufbau der Filterplatine





*Schleifer vor  
Inbetriebnahme an  
masseseitigen Anschlag stellen.  
Beim Einstellen des Arbeitspunktes  
bis max. 1/4 eindrehen*

Bild 8.17  
Stromlaufplan  
der Vorverstärkerstufe

### 8.2.3. Versuch 3: Verstärkung von Tonfrequenzspannungen

Im Versuch wird ein 1stufiger *Vorverstärker* nach Bild 8.17 gebaut. Bild 8.18 zeigt die Montage der Verstärkerstufe auf einer Pertinaxplatte. Beim Aufbau eines Instruments werden meist mehrere Vorverstärkerstufen auf einer Platine verschaltet. Die Funktion der Verstärkerstufe wird im Versuch 4 erprobt.

### 8.2.4. Versuch 4: Das Zusammenwirken der einzelnen Experimentierschaltungen

Alle Platinen oder Brettchen der einzelnen Schaltungen werden zunächst nach Bild 8.19 untereinander verdrahtet. Zwischen den Ausgang der Filterschaltungen und den Eingang der Vorverstärkerstufe ist zusätzlich an Stelle eines Schwellers ein Potentiometer zur Lautstärkeregelung geschaltet. Man achte auf gute Isolation der Anschlußleitungen, um Kurzschlüsse zu vermeiden. Sind alle Verbindungen hergestellt und die Batteriespannungen angelegt, so kann man den gesamten Schaltungskomplex bedienen. Alle Teile der Schaltung können berührt werden, da nur ungefährliche Batteriespannungen anliegen. Es lassen sich

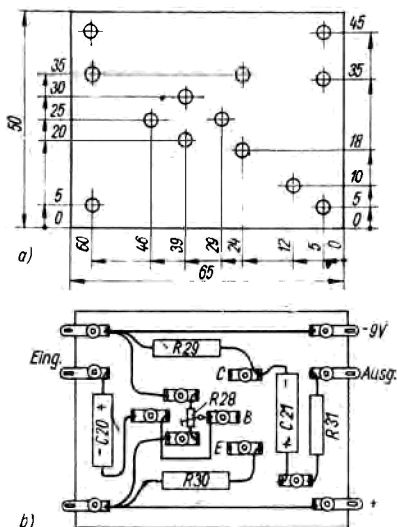


Bild 8.18 Platine für den Vorverstärker; a - Bohrvorlage (Lochdurchmesser den Lötösen anpassen), b - bestückte Platine.

Der Regler R28 wird im Versuch 4 bei anliegender Tonfrequenzspannung eingestellt. Der Schleifer wird langsam vom Anschlag wegbewegt, bis sich im ersten Viertel der Schleifbahn die maximale Lautstärke ergibt (der Schleifer ist vorher auf den plusseitigen Anschlag des Reglers zu trimmen)

*Stärke* und *Schnelligkeit* des Vibratos verändern, die Register nach Belieben zu- oder abschalten und die *Stimmung* sowie die *Lautstärke* variieren.

Der Trimmregler in der Vorverstärkerstufe wird auf maximale Verstärkung der Signale eingestellt. Gewöhnlich steht der Schleifer nahe dem masseseitigen Anschluß, wenn der Arbeitspunkt des Transistors mit dem Regler richtig festgelegt worden ist.

Beim Betätigen des Einstellreglers am Multivibrator muß sich die *Tonhöhe* der angeschlossenen Sperrschringer durch die Synchronisation mit verändern (etwa  $\pm 1/2$  Ton). Die Tonausgangsspannungen können einzeln oder zusammenschaltet abgegriffen und den *Filtern* zugeführt wer-

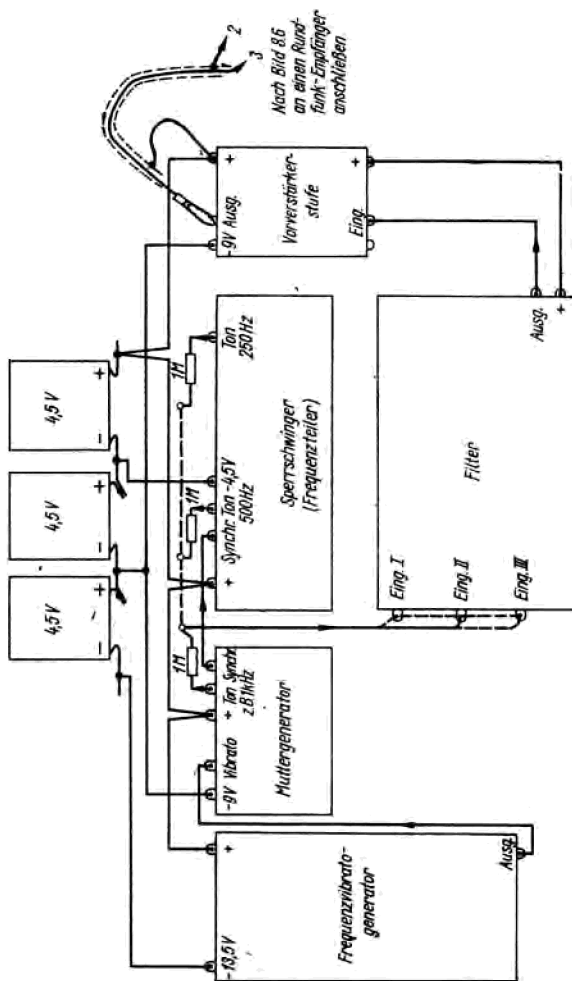


Bild 8.19 Zusammenwirken aller Versuchsschaltungen in einem Komplex

den. Somit lassen sich die Töne auch nacheinander oder gleichzeitig wiedergeben. Die  $1\text{-M}\Omega$ -Entkopplungswiderstände (Bild 8.19) sind stets wie angegeben einzufügen.

Auch die Filtereingänge können einzeln benutzt oder zusammengeschaltet werden (siehe gestrichelte Verbindungslinien in Bild 8.19).

Mit den Versuchsschaltungen sollte man sich längere Zeit beschäftigen, um den *Einfluß* der Einstellregler und der anderen Bauelemente kennenlernen zu können. Die Werte der Kondensatoren, Widerstände und Drosseln dürfen in den Filterschaltungen ebenfalls *verändert* werden. Es ergeben sich stets andere Klangbilder, wenn die Änderungen groß genug sind. Zum Beispiel lassen sich andere Filter (Bild 6.21) einfügen. An der Einstellung der Sperrschwinger sollte dagegen nichts geändert werden. Es ist aber möglich, einen der Sperrschwinger in der *Quintlage* zu betreiben, so daß nicht nur *Oktaven* zur Verfügung stehen. Ergeben sich beim Beleben der Schaltungen Schwierigkeiten, was kaum zu erwarten ist, wird bestimmt ein Fachmann oder ein Amateur bereit sein, zu helfen.

#### 8.2.5. Die Versuchsschaltungen wurden erprobt

Bild 8.20 zeigt den Frequenzvibratogenerator, der nach den Angaben der Versuchsbeschreibungen als Brettschaltung aufgebaut worden ist. Als Transistoren wurden 2 wahllos herausgegriffene Exemplare für  $0,42\text{ M}$  je Stück verwendet (mit blauem Ring gekennzeichnete Basteltypen). Die Anschlußdrähte der Bauelemente bleiben ungekürzt. Sie können auf diese Weise längere Zeit für Versuchszwecke und später auch noch zum Aufbau der Baugruppen eines Instruments benutzt werden. Alle anderen Versuchsschaltungen sind auf älteren Experimentierplatinen aufgebaut worden. Die Generatoren und sonstigen Baustufen haben sich sofort bei der ersten Inbetriebnahme funktionsfähig gezeigt. Die Stromversorgung erfolgte aus einem

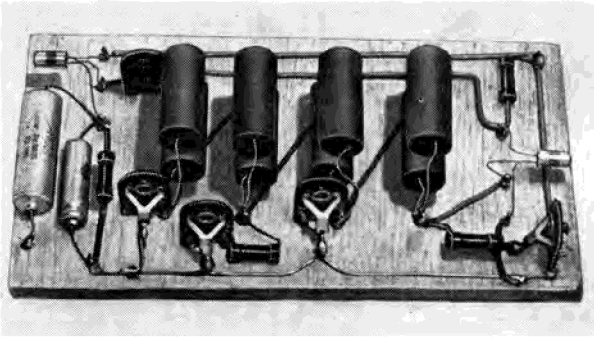


Bild 8.20 Brettschaltung des Frequenzvibratogenerators

kleinen *stabilisierten* Netzteil. Die einzelnen Spannungen sind mit Spannungsteilern (Potentiometern) eingeregelt worden, so daß die Flachbatterien entfallen konnten. Bild 8.21 zeigt den Experimentiertisch und die Versuchsplatinen.

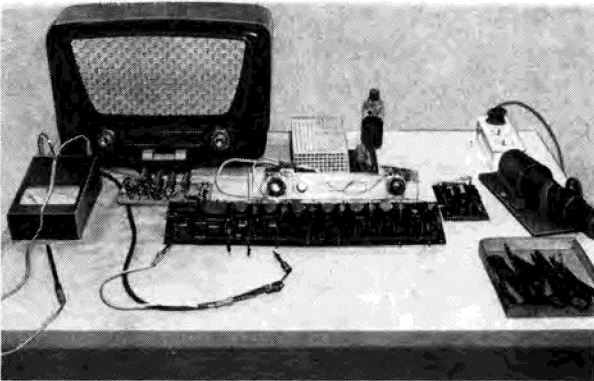


Bild 8.21 Beispiel für die Einrichtung eines Experimentiertisches

## 9. Beispiele des Gesamtaufbaus elektromechanischer und vollelektronischer Musikinstrumente

Die Anordnung der Baugruppen ist für die *Übersichtlichkeit* des Aufbaus eines Instruments, für seine *systematische Verdrahtung* und die *Ausnutzung des Montage-raums* im jeweiligen Spieltischgehäuse entscheidend. Die Funktionsprinzipien, die Einheit von Mechanik und Elektronik sowie die Lage der *Tastaturen* und *Bedienungselemente* engen die freie Wahl des Montageplatzes der einzelnen Baugruppen im Inneren eines Instruments ein; denn die *kürzeste Leitungsführung* muß angestrebt werden. Auch sollte jede Baugruppe so konstruiert sein, daß man bei Reparaturarbeiten alle Einzelteile erreicht. Das läßt sich nicht immer ganz verwirklichen, jedoch sind die meisten industriell gefertigten Instrumente *servicetreundlich* aufgebaut (Beispiele folgen in den nächsten Abschnitten).

Für kleine elektroakustische Musikinstrumente läßt sich kein Aufbauschema angeben. Die Ausführungsformen sind sehr unterschiedlich. Der Aufbau und die Schaltungen *einfacher* Instrumente sind mit etwas Sachkenntnis leicht zu überschauen. Schon schwieriger ist der Überblick bei *1manualigen Polyphonen*<sup>2</sup> zu gewinnen. Der schaltungstechnische Aufbau *größerer* Instrumente läßt sich rationell nur mit technischen Unterlagen erfassen.

### 9.1. Elektromechanisches Instrument Basset

Dieses kleine, aber praktische Baßinstrument brachte der VEB *Klingenthaler Harmonikawerke* in den Handel. Es ist mit einer *Klaviertastatur* und mit *elektromagnetischen* Tonabnehmersystemen ausgestattet. Die Größe und Form

---

<sup>2</sup> Definition siehe Teil 1, Seite 11

des *Basset* lehnt sich an die Ausführung von Elektrogitarren an.

Technische Daten des Instruments *Basset*:

Klaviatur:	32 Tasten von $F_1$ (Kontra-F) bis $c^1$
Tonumfang:	43,7 Hz bis 261,6 Hz, mehrstimmig spielbar
Stromversorgung:	1 Flachbatterie 4,5 V
Stromaufnahme:	etwa 0,2 mA
Ausgangsspannung:	Ausgang 1 etwa 100 mV, Ausgang 2 etwa 10 mV

Bild 9.1 zeigt das geöffnete Instrument. Der Gesamtaufbau ist einfach und robust. In Bild 9.2 ist der *Anreißmechanismus* für die Stahlzungen der elektromagnetischen Tonerzeugersysteme dargestellt. Den Stromlaufplan des *Basset* zeigt Bild 9.3.

Am Eingang des eingebauten 1stufigen Vorverstärkers liegt ein Anpassungstransformator, an den die in Reihe geschalteten (entsprechend den 32 Klaviaturtasten 32 Systeme) sehr niederohmigen elektromagnetischen Tonerzeugersysteme angeschlossen sind. Die Ausgangsspannung der Verstärkerstufe wird mit einem Potentiometer geregelt, das über eine *Wippe* betätigt werden kann. Beim Nachlas-

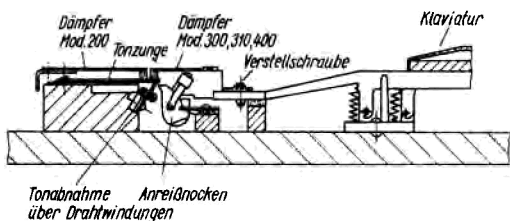


Bild 9.2 Tonabnehmer- und Tastenmechanik des Basset

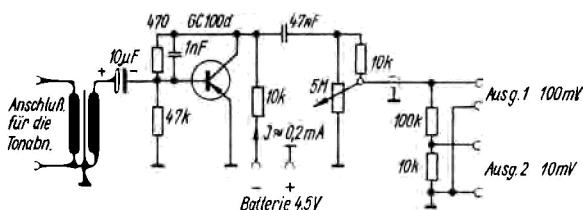


Bild 9.3 Stromlaufplan des Basset (nach Angaben des Herstellers)

sen des Fingerdrucks stellt sich die Wippe durch die Kraft einer Rückstellfeder wieder in die Nullage zurück (Lautstärkeregel ist zuge dreht). Die abgegebenen Tonfrequenzsignale können auf diese Weise lautstärkemoduliert werden. Am Instrument sind 2 Ausgangsbuchsen vorhanden, die an einem Spannungsteiler für die Ausgangsspannung liegen. An die Buchse 1 (100 mV Ausgangsspannung) können Verstärker mit *geringer Eingangsempfindlichkeit*, an die Buchse 2 (10 mV Ausgangsspannung) Verstärker mit höherer Eingangsempfindlichkeit angeschlossen werden. Die tiefste Frequenz des Basset beträgt 43,7 Hz, so daß der Wiedergabeverstärker möglichst eine untere *Grenzfrequenz* von etwa 30 Hz aufweisen sollte. Am besten eignen sich spezielle Baßverstärker mit Baßbox.

Man erhält mit dem Basset kräftige Baßtöne, wenn die



Spieltasten und die Lautstärkewippe gleichzeitig betätigt werden. Um Streichbaßklänge hervorzubringen, drückt man zuerst die Klaviaturtasten und erst danach die Lautstärkewippe nach unten.

Erscheinen einzelne Töne zu laut oder zu leise, dann müssen die Anreißmechanismen nachgestellt werden. Sie lassen sich nach Lockern der Befestigung (Verstellschraube, s. Bild 9.2) verschieben. Je weiter die *Anreißnocken* an die *Tonzungen* herangebracht werden, um so lauter ist der Toneinsatz. Eine normale Einstellung liegt vor, wenn die Anreißnocken etwa 1 mm unter die Tonzungen fassen. Beim Justieren der Anreißmechanismen muß ein ständiger *Lautstärkevergleich* der Töne untereinander erfolgen. Die Reparaturanfälligkeit des Instruments ist bei sachgemäßer Behandlung gering; man kommt bei Reparaturen an alle mechanischen oder elektronischen Bauteile gut heran.

## 9.2. Elektromechanische „Klaviere“ Claviset 300 und Claviset 200

Die Tonerzeugung beider Modelle entspricht der des *Basset* (Abschnitt 9.1.).

Technische Daten des Instruments *Claviset 300*:

Klavatur:	61 Tasten von C bis c <sup>4</sup>
Tonumfang:	65,4 Hz bis 2093 Hz
Stromversorgung:	Flachbatterie 4,5 V
Ausgänge:	100 mV und 10 mV
Abmessung:	910 mm × 425 mm × 135 mm
Gewicht:	etwa 19 kp ohne Koffer, mit Koffer etwa 28 kp
Lautstärkeregelung:	Fußpedal

Das Instrument zeichnet sich durch eine sehr einfache Bedienbarkeit aus. Die Tonwiedergabe erfolgt mit einem größeren Rundfunkgerät (Ausgangsleistung der Endstufe

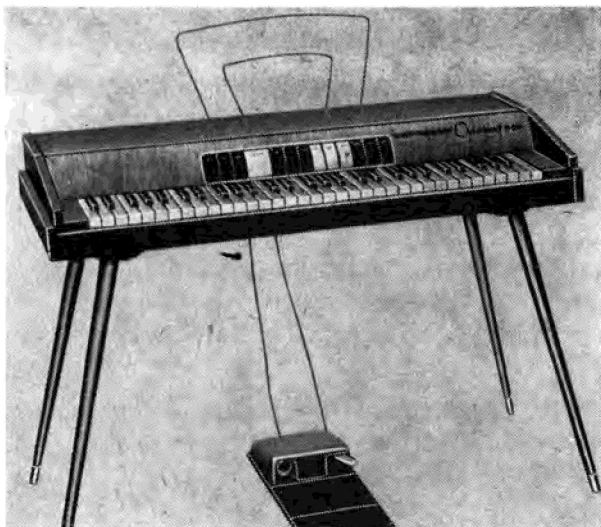


Bild 9.4a *Claviset 200* (Weltmeister)

etwa 4 bis 6 W), oder es wird eine Verstärkeranlage angeschlossen.

Die Klangfarbe kann durch Höhen- und Tiefenregelung am Rundfunkempfänger oder am Verstärker eingestellt werden. Bei einem Empfänger als Wiedergabeverstärker wird das Instrument an den TA-Eingang angeschlossen.

Bild 9.4a zeigt das Modell *Claviset 200*. Beim *Claviset 300* entfallen die Registerwippen. Die Schaltung des Verstärkers des *Claviset 200* entspricht dem Stromlaufplan des *Basset* (Bild 9.3).

Technische Daten des Instruments *Claviset 200*:

Gegenüber dem *Claviset 300* ist dieses Instrument mit mehr Bedienungseinrichtungen ausgestattet. Die Handhabung des Instruments wird dadurch aber nicht wesentlich erschwert.

Klaviatur:	61 Tasten von C bis c <sup>4</sup>
Tonumfang:	65,4 Hz bis 2093 Hz
Stromversorgung:	2 Flachbatterien je 4,5 V
Ausgangsspannungen:	10 mV und 100 mV
Abmessungen:	990 mm × 425 mm × 135 mm
Gewicht:	etwa 35 kp mit Transportkoffer
Lautstärkeregelung:	Fußschweller (mit einem 2. Fußpedal kann die Gesamtdämpfung der Tonzungen aufgehoben werden)
Klangregelung:	9 Klangfarbenregister, 3 Vibratregister
Register:	Baß, Gitarre, Tutti, Piano + Vibrato, Harfe, Celestra, Musikbox, Metallophon, Xylophon.

Außer Xylophon werden alle Register möglichst legato gespielt. Da die Tonwiedergabe nicht durch den Tastenanschlag beeinflußt wird, schlägt man die Tasten weich an.

Den Verstärker des *Claviset 200* zeigt Bild 9.4b. Links befindet sich der *Vibratogenerator* mit den Transistoren 2 × GC 116 b. Im Prinzip handelt es sich um einen *astabilen Multivibrator*, dessen frequenzbestimmende Glieder umschaltbar sind (Vibrato langsam, mittel und schnell).

Am Eingang des Verstärkers befindet sich der Übertrager Ü1. An der Wicklung f—g liegen die 61 elektromagnetischen Tonerzeugersysteme des *Claviset* entsprechend seinen 61 Spieltasten. Die Systeme sind in Bild 9.4b nicht mitgezeichnet. Die Schwingungen des Vibratogenerators werden über die Wicklung a—b einmoduliert. Die Ausgangswicklung e—d des Übertragers Ü1 liegt am Eingang der Verstärkerstufe T3 (GC 117b), die in Kollektorbasis schaltung arbeitet. Zwischen T3 und T4 sind die *Klangfilter* angeordnet. Der *Kontaktplan* (Bild 9.4b) gibt an, welche Schalter sich beim Einschalten der einzelnen Register jeweils schließen bzw. öffnen. T4 ist eine Verstärkerstufe in Emitterschaltung ohne Besonderheiten. Bild 9.4c





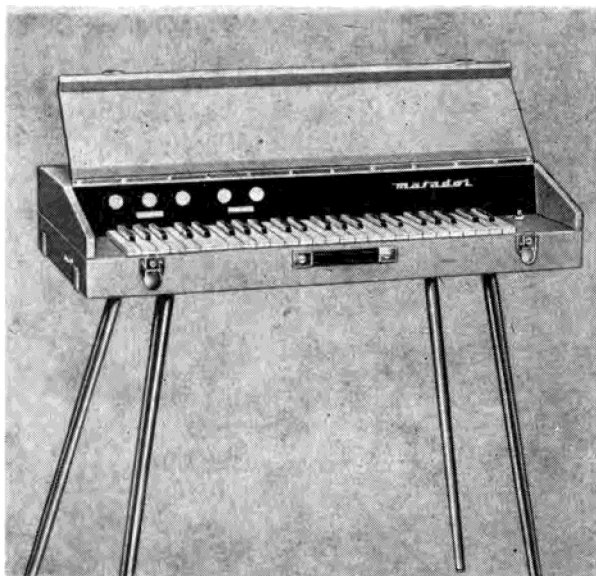


Bild 9.5 *Matador EMP 3* (vollelektronisches Polyphon)

Registrierung:	je 3 Klangfarben 16', 8' und 4', durch 3 Bedienungsknöpfe einstellbar
Vibrato:	Hub und Frequenz kontinuierlich regelbar
Stimmung:	$a^1 \triangleq 440 \text{ Hz}$ , $\pm 10 \text{ Hz}$ kontinuierlich regelbar
Bestückung:	68 Transistoren
Betriebszeit je Batteriesatz:	etwa 200 Stunden

Bild 9.6 und Bild 9.7 zeigt das geöffnete Instrument.  
Die Generatorplatten können einzeln aus der Halterung  
herausgenommen werden. Der gesamte Platinenmontage-  
rahmen läßt sich hochklappen (Bild 9.7), wodurch die



Bild 9.6 *Matador* geöffnet

Tastenkontaktverdrahtung zugänglich wird. Hinter den Tasten befinden sich die „Tastenkontakte“ in Form von *Kohleschichtschleifbahnen* (Prinzip nach Bild 6.17b). Die Lautstärke der Töne untereinander wird mit Federdrahtklemmen abgeglichen, die in Bild 9.7 über den *Sammel-schienen* sichtbar sind.

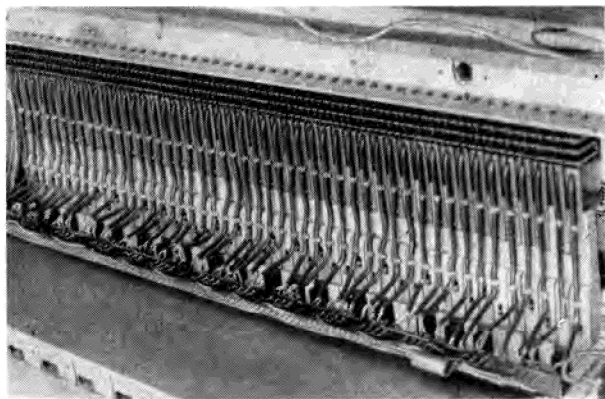


Bild 9.7 Das Tastsystem des Instruments *Matador*

Bild 9.8 zeigt den Aufbau einer Generatorplatine des Instruments. Alle Platinen sind in gedruckter Schaltung ausgeführt. Links neben den 12 Generatorplatinen sind die Vibrato- und Verstärkerplatinen (Bild 9.9) angeordnet. Diese wurden aus ihrer Halterung herausgenommen. Um die Platinen aus dem Rahmen herausnehmen zu können, sind die *Kabelbäume* stets nur von einer Seite an die Platinen herangeführt worden. Die Registerplatine befindet sich im Deckel des Spieltisches in einem Blechkasten (Abschirmung), um *Toneinstrahlungen* vom Generatorsatz zu verringern.

### *Einige Auszüge aus der Bedienungsanleitung:*

Die Bedienung des Instruments *Matador* ist trotz der zahlreichen Möglichkeiten sehr einfach. Alle Bedienungselemente sind zweckmäßig und griffgünstig am Instrument angebracht. Durch die 3 Registerknöpfe können je 3 Klangfarben kontinuierlich in 16', 8' und 4' eingestellt werden. Sie ermöglichen eine Vielzahl von Variationen. Weiterhin befindet sich auf jedem Knopf ein Kontrollstrich. Stehen der Kontrollstrich und der Punkt am Gehäuse übereinander, so ist das jeweilige Register ausgeschaltet. Die beiden daneben befindlichen Knöpfe dienen

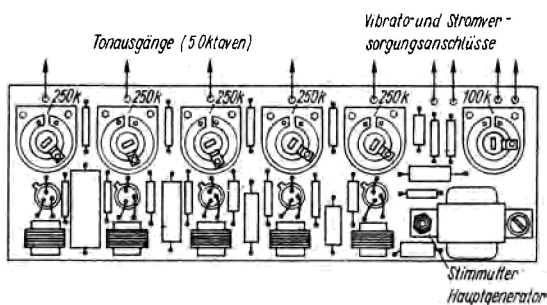


Bild 9.8 Aufbau einer der Generatorplatinen des Polyphons *Matador*



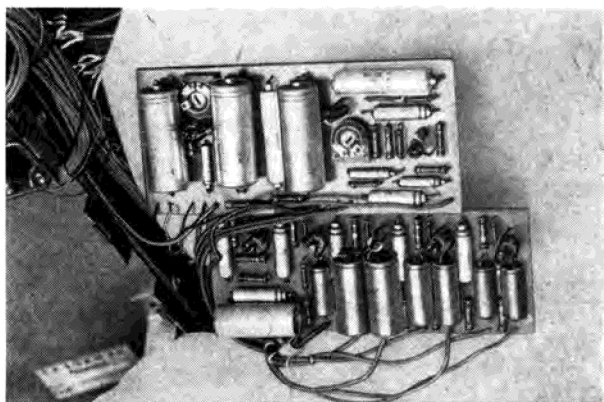


Bild 9.9 Vibratoplatine (unten) und Verstärkerplatine (oben) aus ihren Halterungen herausgenommen

zum kontinuierlichen Einstellen des Vibratos. Durch Nach-rechts-Drehen des linken Knopfes wird das Vibrato stärker (Amplitude) und durch Nach-rechts-Drehen- des rechten Knopfes wird das Vibrato schneller (Frequenz). Mit-der Rändelschraube rechts neben der Klaviatur kann die Gesamtstimmung stetig von 870 bis 890 Hz ( $a^2$ ) geregelt werden. (Die Mittelstellung wird durch eine Kontrolle angezeigt und ergibt 880 Hz.)

Für eine gute Dynamik während des Spiels sorgt die Lautstärkevariation mit dem Knieschweller. In der Ruhestellung des Knieschwellers ist die Lautstärke gleich 0, und das Instrument ist ausgeschaltet. Wird der Knieschweller nach rechts bewegt, so nimmt die Lautstärke zu.

Die Lautstärke des einzelnen Tones kann (zusätzlich zur Gesamtlautstärkeregelung mit Knieschweller) durch unterschiedliches Drücken der Taste beeinflusst werden. Auf diese Weise erzielt man sowohl weiche als auch harte Toneinsätze durch entsprechende Anschlagart. Da metallische Schaltkontakte fehlen, sind Kontaktstörungen und Schaltgeräusche ausgeschlossen<sup>3</sup>. Das allen elektroakustischen Geräten eigene Grundgeräusch ist auf ein Minimum

verringert worden und kann in den Spielpausen beseitigt werden, indem man den Knieschweller des Instruments auf 0-Stellung bringt.

Durch die volltransistorisierte Bauweise erübrigt sich eine Anheizzeit des Instruments, und es ist sofort nach dem Einschalten betriebsbereit. Da das Instrument unabhängig vom Netz ist, sind Tonschwankungen völlig ausgeschlossen.<sup>4</sup>

Weitere Besonderheiten des *Matador* sind: Alle Weiterentwicklungen können jederzeit eingebaut oder angeschlossen werden. Achtung! Bitte schützen Sie das Instrument vor Stoß, Schlag und Feuchtigkeit. Außer den Feinstimmungsschrauben dürfen die Bauteile im Inneren des *Matador* vom Kunden nicht verändert werden, da sonst eine einwandfreie Funktion nicht garantiert werden kann.

Der schaltungstechnische Aufbau des Instruments wird im Teil 3 beschrieben.

#### 9.4. Weltmeister-Transistororgel TO 200/5

Die *TO 200/5* ist ein hochwertiges elektronisches Polyphon mittlerer Größe mit vielen Einrichtungen zur Klangformung.

Technische Daten des Koffermodells *TO 200/5*:

Claviatur:	61 Tasten von C bis c <sup>4</sup>
Klingender Tonumfang:	8 Oktaven von C <sub>1</sub> bis h <sup>5</sup> (32,7 Hz bis 7902,4 Hz)
	Manualteilung zwischen h und c <sup>1</sup>
Stromversorgung:	einstellbar auf 110, 127 oder 220 V Netzwechselspannung
Abmessungen:	970 mm × 510 mm × 265 mm
Gewicht:	38 kp

---

<sup>3</sup> Anmerkung des Autors: „völlig ausgeschlossen“ sollte durch „gering“ ersetzt werden (Abnutzungs-, Temperatur- und Alterungserscheinungen sowie Lebensdauer u. a. sind zu beachten!).

<sup>4</sup> Siehe Fußnote 3

Lautstärkeregelung:	Fußschweller
Effekte:	Frequenzvibrato (Schnelligkeit und Stärke einstellbar)
	Perkussion (Abklingzeit abstellbar)
	Repeat-Perkussion (Amplituden-vibrato oder Tremolo einstellbar)
	Halleinrichtung (Nachhalldauer einstellbar)
	4 Mixturregister (hellklingende Klangkombinationen) einblendbar

Instruments werden wie folgt beschrieben (Auszüge aus der Bedienungsanleitung):

Die Beschreibung der *TO 200/5* ist charakteristisch für den Aufbau und die Bedienung transportabler Instrumente.

Registrierung: 5chörig (16', 8', 4', 2<sup>2</sup>/<sub>3</sub>', 2')

Register (Positionszahlen s. Bild 9.10):

- ① 2 Schiebe-Register für Manualteilung 16' und 8'
- ② 9 Kipp-Register Formantklangfarben, davon 2 × 16', 3 × 8', 2 × 4', 1 × 2<sup>2</sup>/<sub>3</sub>' und 1 × 2'
- ③ 1 Register-Wahlschalter für Formant-, Flöten-Klangfarben und deren Kombination
- ④ 5 Schiebe-Register, Flöten-Klangfarben 16', 8', 4', 2<sup>2</sup>/<sub>3</sub>', 2'
- ⑤ 2 Schiebe-Register für Vibrato (Frequenz und Amplitude)
- ⑥ 1 Schiebe-Register für Frequenz Repeat-Perkussion
- ⑦ 1 Schiebe-Register für die Abklingzeit der Perkussion
- ⑧ 1 Schiebe-Register für Hall
- ⑨ 4 Kipp-Register Klangmixturen, durch Knieschweller einblendbar
- ⑩ 1 Kipp-Register Umschaltung Perkussion und Repeat-Perkussion
- ⑪ 1 Kipp-Register Perkussion Ein/Aus
- ⑫ Bereitschaftsanzeige

Bild 9.10 zeigt die Ansicht, Bild 9.11 den inneren Aufbau der *TO 200/5*. Die Bedienungselemente und Register des

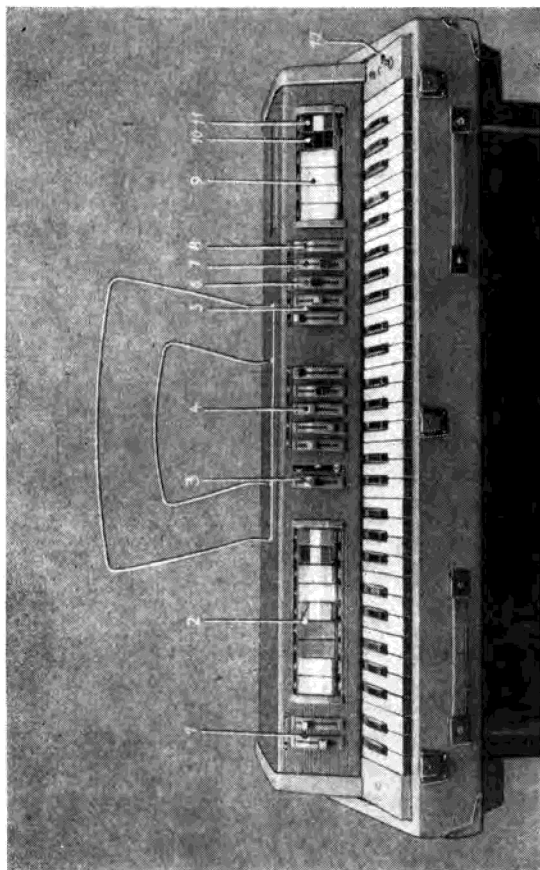


Bild 9.10. Transistor-Organ TO 200/5 (Weltmeister) (Positionszahlen siehe unter technische Charakteristik)

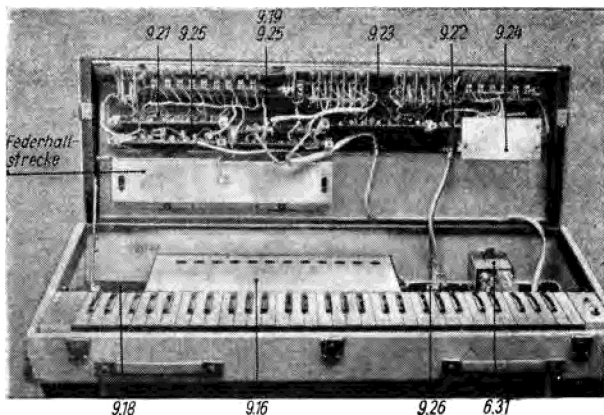


Bild 9.11 Die TO 200/5 geöffnet (die Positionszahlen der Baugruppen sind mit der Bildnummerierung der Stromlaufpläne identisch):

- 6.30 Netzteil
- 9.16 Generatorsatz
- 9.18 Koppelverdrahtung (sie liegt hinter den Tasten)
- 9.19 } Sinusfilter Manualtrennung
- 9.20 }
- 9.21 Formantregister
- 9.22 Mixturregister
- 9.23 Frequenzvibratorgenerator, Ausgangsverstärker
- 9.24 Perkussion, Tremologenerator
- 9.25 Hallverstärker
- 9.26 Registerumschalter und Knie

### „Wie wird die TO 200/5 einsatzfähig?“

Gerät in Transportlage (Griff oben) abstellen und Segeltuchhülle entfernen.

Die beiden Rändelschrauben an der Bodenplatte lösen. Stativ herausklappen und durch die Rändelschrauben befestigen. Instrument auf die Beine stellen.

Gehäusedeckel abnehmen.

Fußschweller, Knieschweller, Netzkabel und Notenpult befinden sich im Gehäusedeckel. Bei Abnehmen des Gehäusedeckels erfolgt automatisch die Entsicherung der eingebauten Hallstrecke.

Fußschweller anschließen. Kurzes Kabel zur Orgel und langes Kabel zum Verstärker.

Knieschweller in die Buchse einführen, bis er einrastet. (Beim Verpacken der Orgel den Knieschweller einfach nach unten herausziehen.)

Netzspannung am Einsatzort feststellen und gegebenenfalls den Spannungswahlschalter auf dem eingebauten Netzteil auf die erforderliche Spannung umstecken.

Dazu ist es notwendig, die beiden seitlich am Gehäuseunterteil angebrachten Schrauben mit einem Schraubenzieher zu lösen und die Gehäusehaube aufzuklappen.

Haube schließen und mit den beiden Schrauben befestigen. Netzkabel mit Gerätestecker an der Orgel anschließen und mit der Stromquelle verbinden. Verstärker und Orgel einschalten. Der Netzschalter der Orgel befindet sich rechts neben der Klaviatur. (Bild 9.12 und Bild 9.13 zeigen Einzelheiten am herausgeklappten Tastenkontaktsatz der TO 200/5.)

#### *Spielvorbereitungen:*

Den *Registerwahlschalter* (roter Knopf) auf Mitte stellen. In dieser Stellung sind die *Schieberegister* der Gruppe

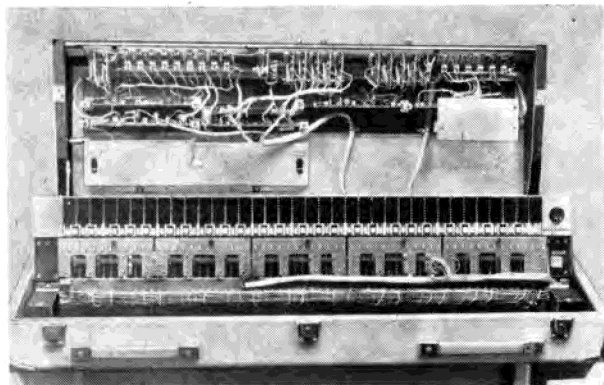


Bild 9.12 Tastenkontaktsatz herausgeklappt (TO 200/5)

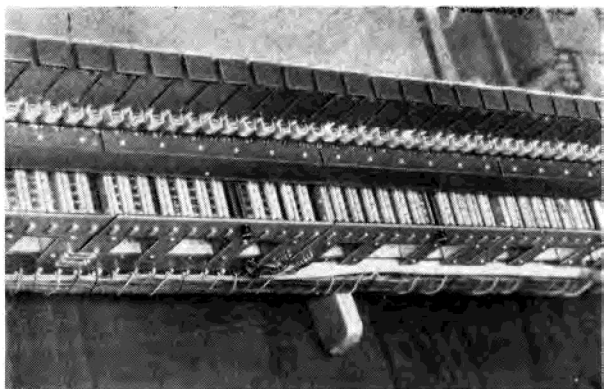


Bild 9.13 Koppelverdrahtung und Tastenkontaktsatz (TO 200/5)

rechts neben dem Wahlschalter (Flöten-Register) einschaltbar.

16'- und 8'-Schieberegister voll nach unten einschalten, dazu 2', eventuell auch  $2\frac{2}{3}'$  dreiviertel bis voll dazu.

Nun kann die Lautstärke, Höhen- und Tiefenanhebung am Verstärker, dem eigenen Geschmack und dem Raum angepaßt werden.

Erfahrungsgemäß schlagen wir etwa halbe Baß- und halbe Höhenanhebung vor. Die Lautstärke (Volumen) sollte so gewählt werden, daß man bei voll durchgetretenem Fußschweller etwas zu laut ist. Die Verzerrungsgrenze beachten! Bei normalem Spiel nimmt man den Fußschweller mehr zur Mitte des Schwellbereichs zurück. Die Lautstärke-reserve kann man gut für Akzente ausnutzen.

Die beiden Schieberregister links außen sollten zunächst am oberen Anschlag verbleiben (betrifft *Manualteilung*).

### *Schalthebel und Register*

(Die Positionszahlen beziehen sich auf Bild 9.10)

#### Gruppe ①

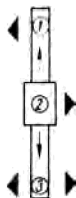


Bild 9.14  
Registerwahlschalter (TO 200/5)

2 Schiebe-Register für die Manualteilung 16' und 8' wahlweise einzeln oder zusammen verwendbar. Am oberen Anschlag ist die Manualteilung jeweils ausgeschaltet. Alle Klangfarben und Effekt-Register wirken dann auf den vollen Spielbereich.

Bei eingeschalteter Manualteilung werden 24 Baßasten von der übrigen Registrierung abgetrennt. Bei Betätigung der Schiebe-Register nimmt die Lautstärke nach unten zu. Den 16' sollte man in der Manualteilung nicht ganz voll verwenden, da er sonst dem *Diskant* gegenüber zu stark werden kann.

Bevor auf die Register der Gruppe ② und ④ eingegangen wird, muß der Registerwahlschalter ③ erläutert werden. Er spielt für die Praxis eine bedeutende Rolle und ermöglicht ein blitzschnelles Umschalten auf 3 Klangfarben (Bild 9.14).

### *Erläuterung der Register-Gruppen*

#### Gruppe ②

9 Kipp-Register für *Instrumentalklangfarben* in oberer Stellung des Registerwahlschalters wirksam. Sie können im *Ensemblespiel* als reizvolle *Solo-Klangfarben* eingesetzt werden.

#### 16' Baß

grundtöniges Register — sollte bei Kombinationen in dieser Gruppe möglichst mit verwendet werden.



### 16' Baß-Klarinette

wirkt in den unteren 2 Oktaven typisch — schwaches Vibrato hinzunehmen —. Das passende Vibrato kann man durch stufenlose Einstellung der Amplitude und Frequenz erzielen (auf das Vibrato wird noch gesondert eingegangen).

### 8' Klarinette

wirkt in tiefen Lagen (2. bis 3. Oktave) typisch, in höheren Lagen verändert sich die Klangfarbe — Vibrato nach Belieben anpassen.

### 8' Englischhorn

wirkt in tiefen Lagen (2. bis 3. Oktave) typisch — eine angenehme Solo-Klangfarbe — Vibrato nicht zu schnell wählen.

### 8' Nasal

kann sehr reizvolle Imitationen des Dudelsackes (Quinte in der 2. Oktave als Dauerton im Baß) hervorbringen — ohne Vibrato — mit Vibrato wirkt dieses Register wie Schalmey. 8' Englischhorn und 8' Nasal zusammen ergeben besonders in der 1. bis 3. Oktave eine *orientalische* Klangfarbe (ähnlich *Basset-Horn*) — nur schwaches Vibrato mit wenig Amplitude hinzunehmen.

### 4' Salicional (Flötencharakter)

wirkt typisch in der 3. bis 4. Oktave — mittleres Vibrato hinzu.

### 4' Strings

Saitenklang — Verwendung beliebig.

### 2<sup>2</sup>/<sub>3</sub>' Quint-Register

(der Ton erklingt eine Quinte höher als die gedrückte

Taste) — ergibt zusammen mit anderen (meist tieferen) Registern interessante Mischungen — z. B.:  $16' + 2^{2/3}'$  oder  $16' + 8' + 2^{2/3}'$  oder  $16' + 2^{2/3}' + 2'$ .

## 2' *Pikkolo*

ist vielseitig verwendbar, aber im *Akkordspiel* in hohen Lagen nicht zu empfehlen — genau wie bei Pikkolos können sonst *Differenztöne* auftreten — einstimmig oder zusammen mit anderen Fußlagen gespielt, ergibt die günstigsten Wirkungen. Mit weitem Abstand zu registrieren, macht sich immer gut, z. B.:  $16' + 2'$  oder  $16' + 2^{2/3}'$  oder  $16' + 4' + 2^{2/3}' + 2'$ . Zur Klangauffüllung dann den  $8'$  hinzunehmen.

Die schärfste Einstellung dieser Gruppe ist  $16' + 8'^{(3)}$  +  $4'^{(2)} + 2'$ .

Verwendet man die *TO 200/5* zum Solospiel, so muß die *Manualteilung* in Anspruch genommen werden. Der  $16'$  sollte dabei etwas stärker als der  $8'$  eingestellt werden.  $16'$  und  $8'$  können natürlich auch getrennt sehr wirkungsvoll eingesetzt werden. Bei eingeschalteter *Manualteilung* ist zu beachten, daß alle anderen Registrierungen nur ab weiße Tasten wirksam sind.

## Gruppe ④

5 Schieberegister mit Flöten-Klangfarben (*Sinus-Klangfarben*). Sie werden wirksam in mittlerer Stellung des Wahlschalters. Diese Register sind stufenlos mischbar. Am oberen Anschlag sind sie ausgeschaltet, nach unten werden die Klangfarben stärker eingeblendet. Bei ausgeschalteter *Manualteilung* erklingen in dieser Register-Gruppe auch auf den Baßtasten grundtönige Flötenklänge.

$16'$  ist ein dunkler, weicher Klangcharakter — allein oder zusammen mit anderen Chören verwendbar.

$8'$  ist ein typischer Blockflöten-Klangcharakter — zusam-

men mit 16' ergibt sich eine dunkle, warme Klangfarbe (Kontrast zu scharfen Einstellungen).

4' ist ein weicher Flöten-Klangcharakter — diese Klangfarbe wird meist erst später in das Klangbild mit eingeblendet — vorher sollte man mit weitem Abstand registrieren.

2<sup>2</sup>/<sub>3</sub>' ist eine Quinte in weichem Flötencharakter — sie kann beliebig zur Klangfärbung mit eingesetzt werden.

2' ist die höchste Stimme in der Flöten-Registergruppe — sie eignet sich in Verbindung mit tieferen Fußlagen ausgezeichnet zur Klangbildung. Als *Einzelstimme sollte der 2' nur einstimmig gespielt werden*, da Akkorde in dieser hohen Lage *nie sauber klingen* können.

In der Gruppe ④ sollte man selbst viele Einstellvarianten ausprobieren. Durch die stufenlos arbeitenden Schieberegister findet man immer neue Kombinationen. Die Register der Gruppe ④ wirken bereits ohne Vibrato sehr angenehm. Mit Vibrato erzielt man zauberhafte Klänge, welche an den typischen *Elektronen-Orgel-Sound* herankommen, wie er bisher nur von sehr teuren Instrumenten geboten werden konnte.

In der unteren Stellung des Wahlschalters kann man zu einer beliebigen Registrierung in der Gruppe ④ (Flöten-Register) beliebige Formantklänge der Gruppe ② hinzunehmen. Immer ergeben sich neue Klangfarbenmischungen. Eine Ausnahme bildet der 16'-Baß; weil er ebenfalls grundtönig ist, verändert sich das Klangbild nicht.

### Gruppe ⑤ *Vibrato*

Am oberen Anschlag des Schieberegisters (*Amplitude Vibrato*) ist das Vibrato ausgeschaltet. Mit dem 2. Schieberegister wird die Schnelligkeit des Vibratos (Frequenz) geregelt.

#### *Schwaches Vibrato*

wird erreicht, wenn beide Schieberegister nur wenig ein-

geschaltet sind (bis 1 cm nach unten geschobene Schieberegister).

### *Mittleres Vibrato*

erzielt man, wenn beide Schieberegister  $\frac{1}{2}$  bis  $\frac{3}{4}$  eingeschaltet sind. Noch schöner wirkt das Vibrato, wenn man den linken Hebel (Frequenz) des Schieberegisters auf die Mitte und den rechten Hebel des Schieberegisters (Amplitude des Vibratos) etwa  $\frac{3}{4}$  bis  $\frac{4}{5}$  nach unten einstellt.

### *Starkes Vibrato*

ergibt sich, wenn der linke Hebel etwa  $\frac{1}{2}$  und der rechte Hebel ganz nach unten gestellt wird. Die volle Amplitude sollte man nicht zu lange und nicht zu häufig verwenden.

### *Perkussion*

Der Ton setzt mit *Akzent* ein und klingt *regelbar* ab.

### *Repeat-Perkussion*

Wiederholtes Anschlagen oder Anspielen eines oder mehrerer Töne (*Mandolinen-Tremolo*). Mit der Wippe ⑪ wird die Perkussion zunächst eingeschaltet (oben aus, unten ein). Sie wirkt auf die Register 8' bis 2' der Registergruppe ② (Instrumentalklangfarben). Die Perkussion wirkt in der oberen und in der unteren Stellung des Registerwahlschalters. Die Gruppe ④ (Flötenklangfarben) bleibt ohne Perkussion. Man kann aber in der unteren Stellung des Registerwahlschalters die Dauertöne aus der Gruppe ④ mit Perkussionstönen aus der Gruppe ② bereichern.

Die Abklingzeit der Perkussionstöne wird mit dem Schieberegister ⑦ geregelt. Am oberen Ende der Schieberegisterbahn erhält man die *längste* Abklingzeit, nach unten zu verkürzt sich die Abklingzeit. Ganz in der unteren Stellung ist die Abklingzeit *extrem kurz*. Solange noch eine Taste niedergedrückt bleibt, erfolgt kein weiterer Perkussionseinsatz. Man bezeichnet das als *monophone* Perkussion. Bei ausgeschalteter Manualteilung wirkt die Perkussion auf den gesamten Spielbereich. Bei eingeschalte-

ter Manualteilung wirkt die Perkussion ab weiße Tasten (von der 3. Oktave nach rechts). Die linke Hand kann also unabhängig von der Diskantseite spielen.

Die Wippe ⑩ hat eine Doppelfunktion in Verbindung mit Wippe ⑪. In der oberen Stellung wirkt die Perkussion, in der unteren Repeat-Perkussion' (*mandolinenklangähnlich*). Auch die Repeat-Perkussion wirkt auf die Register der Gruppe ② vom 8' bis zum 2' — bei oberer und unterer Stellung des Registerwählschalters (ebenso wie die Perkussion). Die Register-Gruppe ④ ist wiederum ohne Repeat-Perkussion.

Die Tremolo-Geschwindigkeit für Repeat-Perkussion wird durch das Schieberegister ⑥ geregelt. Im oberen Anschlag ergibt sich die langsamste Frequenz, nach unten wird das Tremolo schneller bis zum *Flattern*.

Hall-Reverberation (Feder-Hall) wird mit dem Schieberegister ⑧ eingeschaltet. Am oberen Anschlag ist der Nachhall ausgeschaltet — nach unten zu verlängert sich die Halldauer. Bei Feder-Hall sollte man den Hall nur so weit aufdrehen, daß es nicht zu *Klangverzerrungen* kommt. Man benötigt für die TO 200/5 also keinen Hallverstärker. Es genügt ein Normalverstärker, allerdings nicht unter 12 W Ausgangsleistung.

#### Gruppe ⑨, 4 Mixtur-Register

Bei diesen Registern handelt es sich um *vorbereitete* Klangfarbenmischungen, die durch den Knieschweller eingeblendet werden können.

- |                   |  |
|-------------------|--|
| <i>Mixtur I</i>   | ist eine <i>dunklere</i> Klangfärbung (geeignet als Kontrastregister zu hellklingenden Stimmen). |
| <i>Mixtur II</i>  | klingt <i>flach</i> mit der Quinte $2^2/3'$ als Oberton.   |
| <i>Mixtur III</i> | weist einen <i>hellen</i> Klangcharakter auf.  |
| <i>Mixtur IV</i>  | entspricht klanglich einer <i>Scharfmixtur</i> (Scharfzimbel).                                   |

In der Praxis sollte man eine oder mehrere Mixtur-Regi-

ster vorwählen und als Kontrast zu anderen Klangfarbengruppen mit dem Knieschweller einblenden.

Man kann mit der TO 200/5 zugleich 4 Klangfarbengruppen vorwählen und mit dem Registerwahlschalter und dem Knieschweller blitzschnell einschalten.

1. Klangfarbengruppe (Gruppe 2) Formantklänge,
2. Klangfarbengruppe (Gruppe 4) Flötenstimmen,
3. Klangfarbengruppe (Gruppen 2 und 4 gemischt) und
4. Klangfarbengruppe Mixturen.“

Die Bedienung und die klanglichen Eigenschaften der Register und Effekteinrichtungen sind etwas ausführlicher beschrieben worden, weil diesem Abschnitt tiefgründigere Erläuterungen der elektronischen Schaltungen der TO 200/5 folgen.

#### 9.4.1. Beschreibung des Übersichtsschaltplans (Bild 9.15)

Vom Tongenerator gelangen über 96 Leitungen (Kabelbaum) 96 oberwellenreiche *mäanderförmige* Tonfrequenzspannungen (Töne  $C_1$  bis  $h^5$ ) zum Tastenkontaktsatz (Tastsystem). Vor jedem Tastenkontakt liegt ein Entkopplungswiderstand. Der Tastenkontaktsatz ist mit Drahtkontakten nach Bild 6.17e aufgebaut. Die Sammelschienen der Fußlagen sind bei einigen Typen mit *leitendem Gummi* überzogen worden, um weiche Toneinsätze zu erzielen. Am häufigsten findet man *metallisch blanke* Sammeldrähte. Sie sind wie die beweglichen Drähte des Kontaktsatzes vergoldet. Anfangs verwendete man oxidationsarme Metallegierungen ohne Edelmetallüberzug (federhart).

Die Sammelschienen des Kontaktsatzes  $16'$ ,  $8'$ ,  $4'$ ,  $2\frac{2}{3}'$  und  $2'$  sind *oktavweise aufgeteilt* und führen die Tonfrequenzen beim Betätigen von Klaviaturtasten den Sinusfiltern (Flöten-Klangfarben) zu. Auf der Filterplatte Sinus „SF“ werden die mäanderförmigen Tonfrequenzspannungen in andere Schwingungsformen umgewandelt. Die *sinus-*



*förmige* Spannungen, wiederum nach Fußlagen geordnet, der Filterplatte Formant „FF“ und der Filterplatte Mixtur „Mix“ zugeführt. An die Filterplatte „FF“ sind die 9 Wippenschalter der Formant-Register und an die Filterplatte „Mix“ die 4 Wippenschalter der Mixtur-Register angeschlossen.

Von der Filterplatte „FF“ werden auch die beiden Baß-Schieberegister 16' und 8' gespeist.

Die Tonfrequenzausgangsspannungen der Flöten-Register und der Formant-Register gelangen zum Registerumschalter. Die Frequenzen der Formant-Register 8' bis 2' passieren erst noch die Perkussions/Repeat-Perkussionsplatte „PR“ (Erzeugung von *Schlag-* und *Vibratoeffekten*). Die vom Registerumschalter kommenden Ausgangssignale der Flöten- und Formant-Register treffen in der Schaltung des Knieschwellers mit den Ausgangssignalen der Mixtur-Register zusammen. Beim Betätigen des Knieschwellers werden die Flöten- und Formant-Register langsam ausgeblendet und gleichzeitig die Mixtur-Register eingeblendet. Der Ausgang der Knieschwellerschaltung und der Ausgang der beiden Schiebe-Register 16'- und 8'-Baß gelangen an den Eingang des *Ausgangsverstärkers* und an den Eingang des *Hallverstärkers*. Der Ausgangsverstärker liegt parallel zur Halleinrichtung (s. Bild 6.24). Die Ausgangssignale des Hallverstärkers und des Ausgangsverstärkers führt man dem Fußschweller zu, der im Übersichtsschaltplan nicht mit eingezeichnet ist.

Der Vibratogenerator erzeugt eine sinusförmige Wechselspannung zwischen etwa 3 bis 10 Hz regelbar. Mit diesen Schwingungen können die Tongeneratoren *frequenzmoduliert* werden (die Vibratofrequenz wird in die Muttergeneratoren eingespeist).

Der Übersichtsschaltplan sollte eingehend studiert werden, denn die folgenden Baugruppenstromlaufpläne des Instruments sind einzeln dargestellt. Die *Verdrahtung* der Platinen untereinander kann man nur richtig erfassen,



wenn die *Anschlußpunkte* der Platinen ständig mit dem Übersichtsschaltplan verglichen werden. Die folgenden Erläuterungen sollen zum Verständnis der etwas komplizierteren Schaltungstechnik der TO 200/5 beitragen.

#### 9.4.2. Tongeneratoren (Bild 9.16)

Wie stets bei *Stromlaufplänen* größerer elektroakustischer Instrumente ist nur *eine* von insgesamt 12 Generatorkaskaden gezeichnet. Auch die zu einer Kaskade gehörenden *Frequenzteiler* 2 bis 6 sind nicht dargestellt, weil alle Teilerstufen untereinander *gleich* aufgebaut sind.

Der Transistor T1 gehört zur Schwingschaltung des Hauptoszillators, während T2 (Trennstufe) die von T1 erzeugte Tonfrequenzspannung verstärkt. Durch die Diode (Gleichrichter) D1 und die Stufe T2 wird die Kurvenform der Schwingungen des Steuergenerators an die Kurvenform der Tonfrequenzspannungen der Teilerstufen (bistabile Multivibratorschaltungen) angeglichen. Beim Vergleich der *Oszillogramme* (Bild 9.16) wird das deutlich. Das Oszillogramm O1 zeigt die sinusförmige, von T1 erzeugte Tonfrequenzspannung noch vor der Diode D1 (beachte die Oszillogrammangaben im Stromlaufplan). D1 richtet die Tonfrequenzspannung gleich, so daß im Meßpunkt O2 (Oszillogramm O2) die *negativen* Halbwellen des Kurvenverlaufs O1 nicht mehr vorhanden sind. Am *Kollektor* T2 wird die Schwingspannung abgegriffen und zum Anschlußpunkt 8 ausgekoppelt. Dort ist Meßpunkt O4 (Oszillogramm O4). Zwischen den Meßpunkten O2 und O4 (Oszillogramm O2 und O4) ist eine Phasendrehung der Tonfrequenzspannung um  $180^\circ$  festzustellen, die T2 bewirkt. Die Kurvenform (Oszillogramm O4) ist nun auch fast identisch mit der Kurvenform des Multivibrators Ft1 (Oszillogramm O5). Die Gleichheit der Kurvenformen der von der Kaskade abgegebenen Tonfrequenzen ist für die spätere Klangformung von Bedeutung. Die geringe Verstärkung des T2 (GC 116 a, a — kleinste Stromverstärkungsgruppe) ist beim

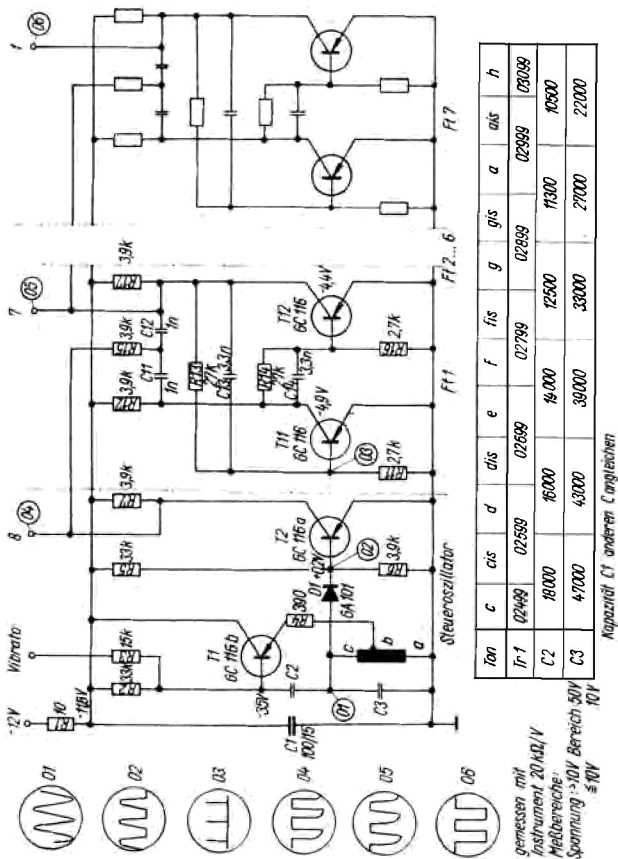


Bild 9.16 Teilstromlaufplan Tongenerator (TO 200/5)

Vergleich des Oszillogramms O2 mit dem Oszillogramm O4 zu erkennen. Vom Auskopplungspunkt 8 werden die *Synchronisationsimpulse* für die Teilerstufe Ft1 abgegriffen und über R15 in die Multivibratorschaltung Ft1 eingekop-

pelt. Über R3 (Entkopplungswiderstand) gelangt die sinusförmige Wechselspannung des Vibratogenerators (Bild 9.23) an die Basis (Steuerelektrode) des T1 und bewirkt eine regelmäßige Frequenzänderung des Steuergenerators.

Durch die Synchronisation der Teiler führen alle angeschlossenen Multivibratoren Ft1 bis Ft7 diese Frequenzänderungen aus. Es entsteht das Frequenzvibrato.

Der Steuergenerator mit T1 stellt eine *induktive Dreipunktschaltung* (im Prinzip nach Bild 6.14), eine *Hartley-Schaltung*, dar. Der Oszillator nach Bild 6.14 ist in Emitterbasisschaltung ausgeführt, während der Steuergenerator nach Bild 9.16 in Kollektorbasissschaltung betrieben wird (s. Grundsaltungen des Transistors in [19], [26], [27], [28] und in weiteren Fachbüchern). Die Widerstände R2 und R4 legen den *Arbeitspunkt* des Transistors T1 fest.

In Bild 9.16 ist eine Tabelle gezeichnet, die für die Transformatoren Tr1 je nach Tonhöhe der einzelnen Steuergeneratoren die Bv-Nummern (Bestellnummer) und die jeweiligen Kapazitätswerte für C2 und C3 angibt. Diese Abweichungen zwischen den Steuergeneratoren sind die *einzigsten* Unterschiede zwischen den 12 Steueroszillatoren des Instruments. Nähere Angaben über bistabile Multivibratoren findet der Leser in [23] und [27]. Bild 9.17 zeigt eine Generatorplatine.

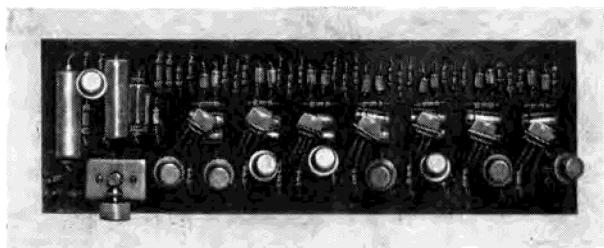


Bild 9.17 Generatorplatine (TO 200/5)

#### 9.4.3. Koppelverdrahtung (Bild 9.18)

Der Stromlaufplan gibt an, wie die Tongeneratorausgänge an die Tastenkontakte angeschlossen sind. Die insgesamt 96 Generatorausgänge, in Bild 9.16 mit den Zahlen 1 bis 8 für eine Kaskade gekennzeichnet, müssen an die Tastenkontakte so angeschlossen werden, daß auf jeder Taste die zu den 5 Chören (16', 8', 4',  $2\frac{2}{3}'$  und 2') gehörenden Töne mit der jeweils richtigen Frequenz erklingen. Die schräg und parallel verlaufenden Verbindungslinien in Bild 9.18 lassen erkennen, daß die *Koppelverdrahtung* wie stets systematisch ausgeführt ist. Die Kontaktkonstruktion der TO 200/5 entspricht dem in Bild 6.17e dargestellten Prinzip (*Drahtumschaltkontakte*). Dort sind z. B. für die Taste  $c^1$  die Tongeneratoren  $c$ ,  $c^1$ ,  $c^2$ ,  $g^2$ ,  $c^3$  und  $c^4$  angegeben, die entsprechend den Chören 16' bis 1' an die Kontakte der Taste  $c^1$  angeschlossen werden müssen. In Bild 9.18 ist das grundsätzlich nicht anders. Diese Zusammenhänge wurden schon in die Tabelle 2.1. eingearbeitet und in Abschnitt 2.3.1. an einem Beispiel ausführlich erläutert. In den Stromlaufplan 9.18 sind trotzdem noch viele ergänzende Angaben eingetragen worden, mit denen jeder den Stromlaufplan lesen kann, wenn er sich damit näher befaßt und sich in das Anschlußschema hinein-denkt.

Der Stromlaufplan der Koppelverdrahtung soll nun an Hand einiger Beispiele gelesen werden:

Die TO 200/5 ist mit 5 Chören ausgestattet. Das bedeutet, daß 5 Sammelschienen vorhanden sein müssen. (s. beige-fügte Skizze des Kontaktsatzes einer Taste.) Je Fußlage (Chor) gehört zu jeder Taste ein Ton. Im vorliegenden Fall müssen also jeweils 5 Töne unterschiedlicher Tonhöhe (5 Frequenzen verschiedener Generatoren bzw. Teiler) von jeder Taste geschaltet werden. Das erfordert bei 61 Tasten  $61 \times 5 = 305$  Kontakte mit einer gleichen Anzahl von Kontaktanschlußpunkten des Kontaktsatzes, an die die Ausgänge der Tongeneratoren angeschlossen sind. Daraus geht



bis  $H_1$  und  $gis^5$  bis  $h^5$  jeder Generator mehrere Tastenkontaktanschlußpunkte speist.

Die Tasten sind entsprechend den senkrechten Kontaktreihen numeriert. Außerdem wurde die *Normaltonhöhe* ( $8'$ ) jeder Taste angegeben (*jeder Taste ist der Ton zugeordnet, der in der  $8'$ -Kontaktreihe über der jeweiligen Taste erscheint*).

Es soll nun überprüft werden, ob den Tasten in jeder Fußlage die richtigen Töne zugeordnet sind. Die Kontaktanschlüsse liegen senkrecht über jeder Taste. In der unteren waagerechten Kontaktreihe liegen die Kontaktanschlüsse für den  $16'$ -Chor. Darüber folgen die Kontaktreihen  $8'$ ,  $4'$ ,  $2\frac{2}{3}'$  und  $2'$ .

### Beispiel

Taste 40 ( $dis^2$  im  $8'$ ).

Am  $16'$ -Kontakt muß der Ton  $dis^1$  liegen, denn  $16'$  bedeutet eine Oktave tiefer als die Normaltonlage  $8'$  (*Frequenzteilung*). Wird nun die vom Kontaktanschlußpunkt  $16'$  der Taste 40 ( $dis^2$ ) schräg nach links oben geführte Kontaktverbindungsleitung (Verharfungsleitung) bis zur  $2'$ -Kontaktreihe verfolgt, gelangt man zum Anschlußpunkt des Generators  $dis^1$ .

Der  $8'$ -Kontakt der Taste  $dis^2$  muß vom Generator  $dis^2$  (Normaltonlage) gespeist werden. Wieder kann man die Leitungsführung vom  $8'$ -Kontakt ausgehend verfolgen und erhält die Bestätigung, daß diese Forderung erfüllt ist.

Man überprüfe weiterhin, ob am  $4'$ -Kontakt der Taste 40 der Generator  $dis^3$ , am  $2\frac{2}{3}'$ -Kontakt der Generator  $ais^3$  und am  $2'$ -Kontakt der Generator  $dis^4$  liegt.

In gleicher Weise können die Kontaktanschlüsse der Taste 46 ( $a^2$ ) verfolgt werden:

Am Kontakt  $16'$

        muß der Generator  $a^1$  angeschlossen sein,  
am Kontakt  $8'$

        muß der Generator  $a^2$  angeschlossen sein,  
am Kontakt  $4'$

muß der Generator  $a^3$  angeschlossen sein,  
am Kontakt  $2\frac{2}{3}'$   
muß der Generator  $e^4$  angeschlossen sein, und  
am Kontakt  $2'$   
muß der Generator  $a^4$  angeschlossen sein.

Die Tabelle 2.1. (Teil 1) steht mit diesen Angaben im Einklang. Sucht man dort die Taste  $a^2$ , so kann in den Fußlagenspalten abgelesen werden:

Am Kontakt  $16'$  liegt der Ton (Generator)  $a^1$  usw. (entsprechend der Aufstellung in Tabelle 2.1.).

Beim Selbstbau eines Tastenkontaktsatzes sollte man sich einer übersichtlicheren Darstellung der Koppelverdrahtung bedienen. Die Darstellungsweise der Koppelverdrahtung entspricht in Bild 9.18 der üblichen Form, wie sie in *Serviceunterlagen* industriell hergestellter Polyphone zu finden ist. Deshalb mußte die zeichnerische Ausführung des Stromlaufplans 9.18 näher erläutert werden.

#### 9.4.4. Sinusfilter und Manualtrennung (Bild 9.19 und Bild 9.20)

Im Übersichtsschaltplan gehören Bild 9.19 und Bild 9.20 zur Filterplatte Sinus „SF“. Die dort gebrauchten Bezeichnungen und Numerierungen (z. B. A und B) beziehen sich auf die beiden Teilstromlaufpläne SF/A (Bild 9.19) und SF/B (Bild 9.20). Die mit A gekennzeichneten Anschlüsse auf der Filterplatte Sinus „SF“ sind im Stromlaufplan SF/A zu finden, Anschlüsse mit einem B in der Bezeichnung müssen im Stromlaufplan SF/B gesucht werden.

Die Filter für die Chöre  $16'$ ,  $4'$  und  $2'$  sind im Stromlaufplan SF/A (Bild 9.19), die Filter der Chöre  $8'$  und  $2\frac{2}{3}'$  sind im Stromlaufplan SF/B, (Bild 9.20) dargestellt.

Vom Generatorsatz gelangen über die Tastenkontakte etwa rechteckförmige bzw. mäanderförmige Tonfrequenzspannungen auf die Sammelschienen des Kontaktsatzes. Die Sammelschienen  $16'$ ,  $8'$ ,  $4'$ ,  $2\frac{2}{3}'$  und  $2'$  sind an die Filter-







An den Einspeisungspunkten 31 bis 34 liegen die Tonfrequenzspannungen der 2' Sammelschienenabschnitte des Kontaktsatzes, wenn Klaviaturtasten betätigt werden.

Über die Leitung *Vsp* wird den Tastenkontakten eine *negative Vorspannung* zugeführt, um die Gleichspannung von den Generatorausgängen zu kompensieren (Ausgleich von *Potentialunterschieden*).

Die etwa rechteckförmigen Tonfrequenzspannungen werden über die Kondensatoren C22, C26, C28 und C30 sowie über die Widerstände R40, R46, R50 und R54 den einzelnen Gliedern der Siebketten (C23, R41, C24, R42, C25, R43 und C27, R47, C29, R51, C31, R55) zugeführt. Am Ausgang der Siebketten erhält man etwa sinusförmige Tonfrequenzen mit einem weichen, flötenartigen Klangcharakter. Sie gelangen vom Filterplattenanschluß 3S zum Potentiometer R113 (Flöten-Schieberegister 2').

Außerdem werden noch *obertonreiche* Frequenzen über die Widerstände R29, R45, R49 und R53 zum Filterplattenanschluß 3R und von dort zur Formantfilterplatte „FF“ und zur Filterplatte „Mix“ ausgekoppelt.

Ein *Relais* auf der Sinusfilterplatte schaltet die *Relais-schalter* RS/I, II zur Manualteilung, wenn die Baß-Schieberegister 16' oder 8' betätigt werden. Dann sind die beiden untersten Oktaven von der übrigen Klaviatur abgetrennt und können separat von der übrigen Registrierung speziell für die Baßbegleitung registriert werden.

Für die beiden Fußlagen 16' und 8' schaltet je ein Umschaltkontakt des Relais das Signal der unteren 2 Oktaven an spezielle Baßfilter (sie befinden sich auf der Filterplatte „FF“). Die Chöre 4', 2<sup>2</sup>/<sub>3</sub>' und 2' sind bei eingeschalteter Manualtrennung im Bereich der beiden Baßoktaven durch die Kontakte des Relais an Masse gelegt.

#### 9.4.5. Formant-Register (Bild 9.21)

Für Formant-Register sind *helle* Klangfarben charakteristisch. Nur das 16'/1-Register ist *grundtönig*. Die Register-

filter sind mit Formant-Kreisen aufgebaut. Einige Filter geben *treppenförmige* Tonfrequenzkurven ab. Die Kurvenverläufe entstehen beim Zusammenfügen von *oktavverknüpften* Spannungen durch Widerstandsnetzwerke.

Die Filterausgänge sind am rechten Rand des Stromlaufplans (Bild 9.21) mit kleinen Buchstaben bezeichnet. Außerdem ist an jedem Eingang angegeben, von welchen Ausgängen der Sinusfilterplatte die Tonfrequenzen für die Formant-Filter kommen. Die Tonfrequenzleitungen für die Baß-Register (in Bild 9.21 unten) sind in den Stromlaufplänen mit x und y gekennzeichnet.

Am Eingang der 2'-, 4'- und 8'-Filter liegt je ein Transistor. T1 und T2 sind als Kollektorbasisstufen geschaltet. Solche Stufen dienen zur Trennung und Anpassung. Sie verursachen keine Phasendrehung zwischen Ein- und Ausgangsspannung. T1 und T2 haben die Aufgabe, eine Rückwirkung der 2'- und 4'-Lage auf die 8'-Tonlage zu verhindern (Trennwirkung). T3 arbeitet in Emitterschaltung. Die Stufe verstärkt das Eingangssignal, dreht die Phase zwischen Ein- und Ausgangsspannung um etwa 180° und speist das nachfolgende Filter mit ausreichendem Spannungspegel.

Die Klangfarben der einzelnen Formantregister werden nach Bild 9.21 in vielfältiger Weise gebildet. Interessant sind die Glieder zur Höhenanhebung (Schwingkreise) und die Verknüpfungen der Chöre zur Bildung *treppenförmiger* Spannungsverläufe. Durch den Registerumschalter (s. Teilstromlaufplan 9.26) können die Flötenregister und die Formantregister zusammen oder beide Gruppen einzeln gespielt werden. Eine bis ins Detail gehende Erläuterung der Wirkungsweise der Filter würde umfangreiche Untersuchungen voraussetzen. Diese sind bei der Entwicklung des Instruments angestellt worden, die Ergebnisse der Messungen gehören aber nicht zu den Serviceunterlagen.

Die Ausgangsschaltung der 9 Formant-Register ist leicht überschaubar. Die Filter sind jeweils über einen Entkopplungswiderstand an die Registerschalter angeschlossen. Die



sind direkt auf den Ausgangsverstärker geschaltet. Mit den Reglern der beiden Register sind die Schalter zur Betätigung des Relais RS1 gekoppelt (Schalter 101 und 102 in Bild 9.21 links unten). Das Relais trägt die Kontaktsätze der Schalter für die Manualtrennung (siehe Bild 9.19 und Bild 9.20).

#### 9.4.6. Mixtur-Register (Bild 9.22)

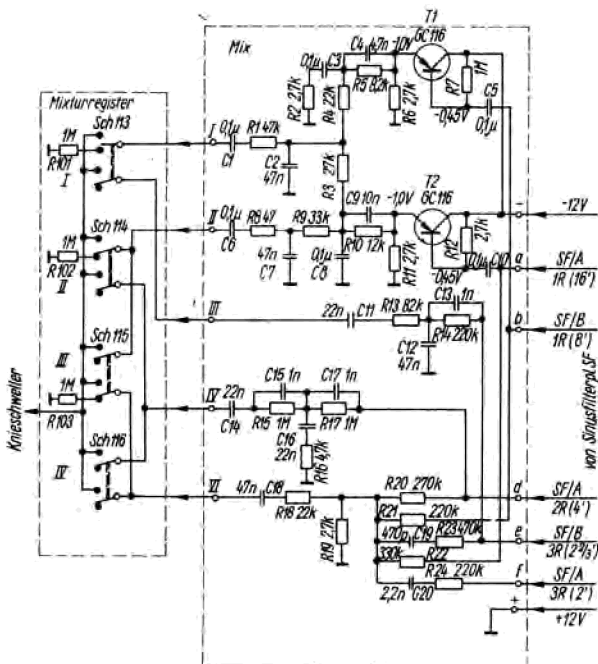
Die Mixtur-Register sind brillantklingende feste Klangkombinationen, die sich mit dem Knieschweller einblenden lassen (siehe Übersichtsschaltplan 9.15).

Der Leiterplatte „Mixtur“ werden von der Filterplatte Sinus „SF“ obertonreiche Tonfrequenzspannungen zugeführt ( $16'$ ,  $8'$ ,  $4'$ ,  $2\frac{2}{3}'$  und  $2'$ ). Zur Klangbildung der einzelnen Mixtur-Register tragen stets mehrere Chöre bei. T1 und T2 liegen als Trennstufen in den Filterzweigen und verhindern eine Rückwirkung und gegenseitige Beeinflussung der Filter. Die Ausgangsspannung der Stufe T1 fällt an R6, die der Stufe T2 an R11 ab. Von dort werden die Tonfrequenzen in die Filterschaltungen eingekoppelt.

Die klanglichen Eigenschaften der 4 Mixtur-Register sind bereits am Schluß des Abschnitts 9.4. erläutert worden. Die Mixturregisterausgänge liegen an einer Sammelschiene, die mit dem Knieschweller verbunden ist.

#### 9.4.7. Vibratogenerator und Ausgangsverstärker (Bild 9.23)

Der Ausgangsverstärker ist 1stufig mit dem *rauscharmen* Transistor CG 117b in Emitterbasisschaltung ausgeführt. Das Eingangssignal (vom Knieschweller und von den Baßregistern herangeführt) wird über C5 an die Basis des T2 gelegt und steuert über die Basis-Emitter-Strecke (*Eingangsstrom*) den Kollektorstrom (*Ausgangsstrom*) des Transistors. Der Arbeitspunkt des T2 wird durch den Basisspannungsteiler R7/R8 und den Emitterwiderstand R9



gemessen mit Instrument 20k52/V

Meßbereiche:

Spannung: Bereich:

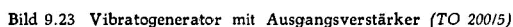
≥ 10 V 50V

≈ 25V 2,5V

Bild 9.22 Mixturregister (TO 20015)

bestimmt und stabilisiert. C6 verhindert eine Gegenkopplung. R10 ist der Arbeits- bzw. Außenwiderstand, der vom Ausgangsstrom des Transistors durchflossen wird. An R10 fällt die Ausgangsspannung der Verstärkerstufe ab, sie wird über C8 ausgekoppelt.

Der Frequenzvibratogenerator (in Bild 9.23 unten) ist nach dem Prinzip des RC-Phasenschiebergenerators (Bild 6.14d)



Zur Schwingschaltung gehören die Transistoren T3 und T4, die in Reihe geschaltet sind. T3 arbeitet in Kollektorbasis-schaltung, während T4 eine Emittterbasisstufe darstellt. Das führt zu günstigen Anpassungsverhältnissen und verbes-

sert die Schwingfähigkeit des Generators. Der nachgeschaltete Transistor T5 (*Impedanzwandler*) arbeitet als Kollektorbasisstufe und dient zur Anpassung an die Steuer-  
generatoren. Wegen des hohen Eingangswiderstands der Stufe T5 wird die Schwingspannung des Generators nicht zu stark durch Spannungsteilung vermindert. Die aufeinanderfolgenden Schaltungsarten der Stufen T3, T4 und T5 erlauben die Anwendung der *direkten Kopplung* (die Koppelungskondensatoren entfallen). Das ist bei der niedrigen Schwingfrequenz günstig. Außerdem entfallen die Basis-  
spannungsteiler für T4 und T5, wodurch die Spannungsteilung für die Schwingspannung wiederum niedrig gehalten werden kann. Für die Stufe T5 reicht daher die Stromverstärkung eines GC 116 der Stromverstärkungsgruppe c ( $\beta$  etwa 45 bis 88) aus. Im Rückkopplungszweig vom Kollektor des T4 zur Basis des T3 liegt die *RC-Phasenschieberkette* (C9, R112, R13, C10, R14 und C11, R15, R16,  $R_E$  des T3). Die Oszillogramme O1 zeigen die Kurvenformen der Ausgangsspannung (Vibrato langsam und schnell). Die Phasenrichtigkeit der Rückkopplung ist in Bild 9.23 angedeutet worden. Liegt z. B. am Eingang des T3 eine positive Amplitude, so erhält man am Ausgang der Stufe T4 (Kollektor) eine negative Amplitude, die aber auf den Eingang des T3 als positive Amplitude zurückgeführt werden muß. Die dazu erforderliche Phasenverschiebung um etwa  $180^\circ$  im Rückkopplungszweig wird durch die RC-Phasenschieberkette erreicht. Diese Zusammenhänge sind in Abschnitt 6.3. ausführlicher dargelegt.

Die Zeitkonstante des RC-Gliedes C9, R112, R13 kann mit R112 verändert werden (Vibrato langsam oder schnell), und mit R111 läßt sich die vom Emitterkreis des T5 ausgekoppelte Wechselspannung (Schwingspannung des Generators) regeln, die den Muttergeneratoren zugeführt wird (Stärke des Frequenzvibratos).

R21, C14 ist ein *Siebglied* für die Betriebsspannung. Das Siebglied R22, C17 gehört eigentlich schon zum Stromlaufplan 9.24 (Perkussion).



#### 9.4.8. Perkussion/Repeat (Bild 9.24)

In Abschnitt 6.5.3. wurde der Perkussionseffekt beschrieben. Repeat-(Wiederholungs-)Perkussion ist ein Tremolo (Amplitudenvibrato besonders zur Nachbildung von Mandolinenklängen).

Die Tonfrequenzen passieren den Fotowiderstand ORP 60 (R21), wenn die Schalter 118 und Perk./Repeat „Ein“ geöffnet sind.

In Schalterstellung Perkussion (Schalter 117) leuchtet die Lampe La1 (4 V, 0,05 A) mit jedem Tastenanschlag (*Stakkatospiel* erforderlich) kurz auf. R21 ändert seinen Wert analog den von La1 erzeugten *Lichtimpulsen* (bei großer Helligkeit ist der Widerstandswert von R21 klein, die Lautstärke der wiedergegebenen Tonfrequenzen ist groß und umgekehrt). Es entstehen Klänge, die für *Schlaginstrumente* charakteristisch sind. Die Lampe La1 wird in Abhängigkeit vom Anschlag der Tasten gesteuert. Dazu dient die Perkussionssteuerschaltung nach Bild 9.24.

Beim Betätigen von Tasten gelangen Tonfrequenzspannungen vom 2'-Chor an den Eingang St der Steuerschaltung. T1 und T2 verstärken die Tonfrequenzspannungen, die anschließend an eine *Spannungsverdopplerschaltung* mit den Dioden D1 und D2 gelangen. Am Widerstand R9 baut sich eine Gleichspannung auf (negatives Potential am Basisanschluß des T3). Im Zusammenwirken mit C4 und R9 wird T3 voll durchgesteuert, an seinem Kollektor tritt ein positiver Impuls auf, der über T5 der Basis des T4 als negativer Impuls zugeführt wird (s. dazu die im Stromlaufplan angegebenen Oszillogramme). T4 leitet kurzzeitig; entsprechend seiner Schaltung als Kollektorbasisstufe ergibt sich an seinem Emitter (Oszillogramm O2) wiederum ein negativer Impuls, durch den sich C5 plötzlich entlädt. Je nach Stellung des Reglers R109 (*Abklingzeit*) wird C5 wieder aufgeladen. Vom Emitter des T4 gelangen dann die Impulse über C8/R15 zum Transistor T6. T6 steuert La1. Die Impulsstromspitzen über La1 werden vor allem vom

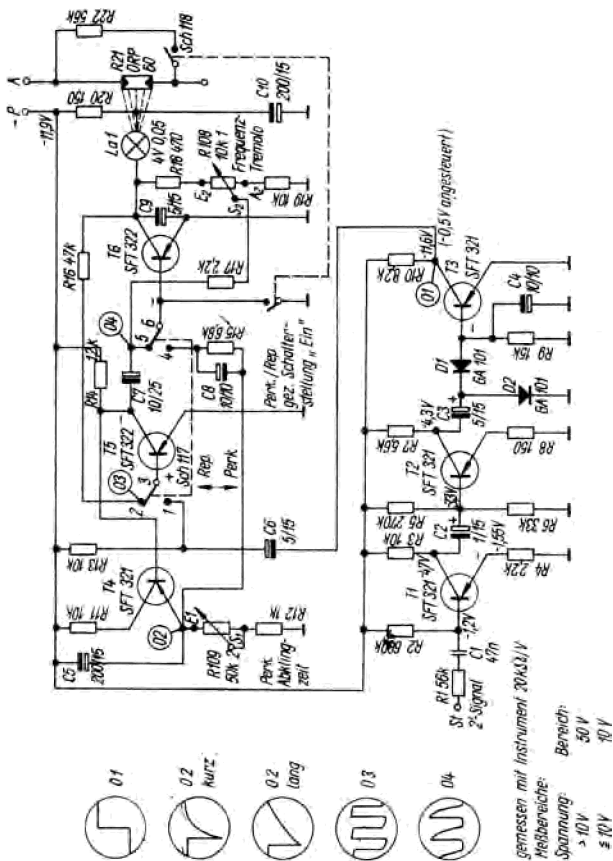


Bild 9.24 Perkussion/Repeat (TO 200/5)

Ladekondensator C10 abgenommen. Er lädt sich zwischen den einzelnen Impulsen (zwischen den einzelnen Tastenanschlägen im Stakkatospiel) über den Widerstand R22 wieder auf.

Mit dem Schalter R117 kann ein Teil der Perkussionssteuerschaltung als *Tremologenerator* umgeschaltet und

betrieben werden. Der Generator (T5 und T6) stellt einen in sich rückgekoppelten NF-Verstärker dar. Der Ausgang des T6 ist auf den Eingang des T5 geschaltet. Die Schaltung entspricht dem Prinzip des astabilen Multivibrators nach Bild 6.14e. Mit R108 kann die Tremolofrequenz verändert werden.

#### 9.4.9. Hallverstärker (Bild 9.25)

Zunächst sollte die Lage des Hallverstärkers im Übersichtsschaltplan (Bild 9.15) noch einmal betrachtet werden. Er liegt parallel zum Ausgangsverstärker. Die allgemeinen Ausführungen über Halleinrichtungen mit Wendelfedern in Abschnitt 6.5.3. werden als bekannt vorausgesetzt.

Am Eingang E des Hallverstärkers liegt das gesamte Ausgangssignal des Instruments. Mit R1 wird die Eingangsspannung für den Hallverstärker eingetrimmt. T1 arbeitet in Kollektorbasissschaltung. T1 ist an die Verstärkerstufe T2 direkt angekoppelt. Diesen beiden Vorverstärkerstufen folgt ein *Gegentaktendverstärker* mit *eisenloser* Ausgangsstufe [12], [32]. Die Endstufe steuert über C7 die Federhallstrecke (Erregersystem). Die Ausgangsspannung (verzögerte Signale) wird vom Empfängersystem der Hallstrecke abgenommen und dem Wiedergabeverstärker T7 zugeführt. Mit R24 (Gegenkopplung) können *Eigengeräusche* der Hallstrecke vermindert werden. Die RC-Kombination in Bild 9.25 (R22, C9) liefert eine Vorspannung für die Sammelschienen (Zuführung über die Klangfilter) zum Gleichspannungspotentialausgleich zwischen den Generatorausgängen und den Sammelschienen.

#### 9.4.10. Netzteil (Bild 6.30)

Der Netzteil liefert eine *stabilisierte* Gleichspannung von 12 V. Die sekundäre Wechselspannung liegt an 4 Silizium-



dioden, die in *Graetz*-Schaltung angeordnet sind. Die *Graetz*-Schaltung ist eine *Doppelweg*-Gleichrichterschaltung. Ihr folgen Siebglieder zur Beseitigung der *Restwelligkeit* der erzeugten Gleichspannung (Ladekondensator C1, Siebglied R1, C2). Der Verbraucherstromkreis ist zusätzlich zum Primärkreis (Si1) mit Si2 abgesichert. Die Ausgangsspannung wird durch die Z-Diode D5 in Verbindung mit dem Transistor *GD 160 B* stabilisiert.

Der Abgriff an der Sekundärwicklung wird für die Netzkontrollampe benötigt.

#### 9.4.11. Registerumschalter und Knieschweller (Bild 9.26)

In Bild 9.26 sind die Schalterbahnen des Registerumschalters zu sehen. Dem Schalter werden die Tonfrequenzen der Sinus-(Flöten-)Register und der Formant-Register sowie die von der Perkussionsplatte kommenden Signale zugeführt. Welche Register und Tonfrequenzen jeweils zum Ausgang gelangen, erkennt man, wenn die Schaltbahnen unter Berücksichtigung der Drehrichtung des Schalters 112 verfolgt werden. Die Mixturregister liegen nicht mit am Registerumschalter. Sie lassen sich mit dem Knieschweller einblenden, der im Stromlaufplan (Bild 9.26) rechts gezeichnet ist. Die Regler R120/1 und R120/2 gehören zu einem Tandempotentiometer (die Schleifer der beiden

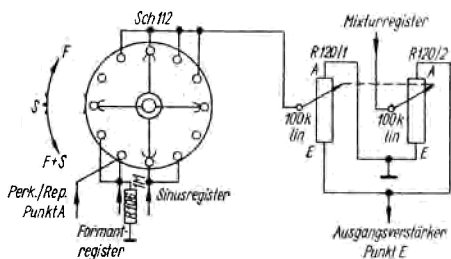


Bild 9.26 Registerumschalter und Knieschweller (TO 200/5)

Potentiometer werden von einer gemeinsamen Achse angetrieben). Wie die Schaltung zeigt, handelt es sich bei dem Knieschweller um einen Regler, mit dem sich die vom Schalter 112 herangeführten Tonfrequenzen langsam ausblenden und gleichzeitig die Mixturregister langsam einblenden lassen. Im mittleren Bereich der Reglerstellungen kommt es zur gleichzeitigen Wiedergabe beider Tonfrequenzsignale in etwa ausgewogener Lautstärke.

## **9.5. Elektronisches Musikinstrument TO 200/53 (Weltmeister)**

(Die Erläuterungen werden in Anlehnung an die Serviceunterlagen gegeben.) Der Konstruktion der *TO 200/53* liegt der Aufbau der *TO 200/5* zugrunde. Folgende Baugruppen wurden von der *TO 200/5* ohne Änderungen übernommen.

1. Tongenerator
2. Hallverstärker
3. Perkussion/Repeat
4. Netzteil

Einige Baugruppen hat man nur geringfügig verändert:

1. Sinusfilter SF/A und SF/B (Relais für Manualtrennung entfällt),
2. Formantfilter (die Filter für die Manualtrennung entfallen),
3. Vibratogenerator/Ausgangsverstärker (ein Ausgangsverstärker wurde zusätzlich eingebaut).

Das Instrument (Bild 9.27) ist mit 2 gegeneinander versetzten Manualen (je 4 Oktaven) und mit einem Baßpedal (17 Tasten) ausgestattet. Diese Erweiterungen gegenüber der *TO 200/5* führten zum Einbau einiger neuer Baugruppen:

1. Filter Untermanual,
2. Pedal/Sustain (2 Chöre 16' und 8').

Das volltransistorisierte Instrument ist mit 216 Transistoren, 43 Dioden und einer Z-Diode bestückt. Das *Tastsystem*



Bild 9.27 Ansicht des elektronischen Musikinstruments TO 200/53

ist entsprechend den beiden Manualen erweitert. Außerdem sind einige Stromlaufpläne neu hinzugekommen.

### 9.5.1. Übersichtsschaltplan der TO 200/53 (Bild 9.28)

Vom Tongeneratorsatz gelangen mäanderförmige Tonfrequenzspannungen (96 Töne von  $C_1$  bis  $h^5$ ) zu den getrennten Tastsystemen der beiden Manuale. Im *Obermanual* liegen unter jeder Taste 5 Umschaltkontakte ( $16'$ ,  $8'$ ,  $4'$ ,  $2\frac{2}{3}'$  und  $2'$ ), im *Untermanual* 3 Umschaltkontakte ( $16'$ ,  $8'$  und  $4'$ ). Die Sammelschienen der Chöre des Obermanuals sind oktavweise aufgetrennt und mit den Filterplatten Sinus „SF“ durch einen Kabelbaum verbunden. Von den Sinusfiltern kommen obertonarme (sinusförmige) Frequenzen auf die Flötenregister, deren Lautstärke einzeln geregelt werden kann (Schieberegister, additive Klangbildung).

Parallel dazu sind die Sammelschienenabschnitte über Entkopplungswiderstände zusammengeschaltet. Von dort erfolgt die Einspeisung der Tonfrequenzen in die Formantfilter. Die Ausgänge der Flöten- und Formantregister liegen am Registerwahlschalter. Alle Chöre der Formantregister außer 16' passieren die Perkussions/Repeat-Schaltung „PR“ und können mit Schlag- oder Tremoloeffekten versehen werden. Je nach Stellung des Registerwahlschalters erklingen die Formant- und Flötenregister zusammen oder getrennt.

Vom Registerwahlschalter werden die Tonfrequenzen dem Lautstärkeregler des 2. Manuals (Balanceregler) und dann dem „Ausgangsverstärker Obermanual“ zugeführt. Die Signale des Untermanuals gelangen auch zum Balanceregler und zum „Ausgangsverstärker Untermanual“. Gleichzeitig können beide Signale wahlweise über den Hallwahlschalter zum Hallverstärkereingang geleitet werden. Das Ausgangssignal der Halleinrichtung erreicht über den Hallregler den Ausgang des Instruments. Die Ausgangsverstärker liegen parallel zur Halleinrichtung, ihre Ausgangssignale gelangen nach Mischung mit den verhallten Signalen ebenfalls zum Ausgang des Instruments.

Weiterhin liegen Tonfrequenzen vom Generatorsatz an der Baugruppe *Baßpedal/Sustain*. Die Abklingeffekte werden durch die *Auswahlschaltung* des 17tönigen Baßpedals gesteuert. Die Chöre 16' und 8' können gemeinsam oder voneinander getrennt (einzeln) eingeschaltet werden. Der Abklingeffekt läßt sich ausschalten. Nach Passieren der Schaltung Baßpedal/Sustain erreichen die Baßtöne die Baßregister und über den Pedalausgangsverstärker direkt den Ausgang des Instruments. Die beiden Baßregister 16' und 8' können daher nicht mit Hall-, Perkussions- und Tremoloeffekten belegt werden. Das ist vorteilhaft, denn die *Baßtöne* klingen ohne diese Effekte besser.

Der Vibratogenerator gibt sinusförmige Wechselspannungen im Bereich von 4 bis 11 Hz ab. Mit dieser Spannung werden die Steuergeneratoren frequenzmoduliert (Frequenz



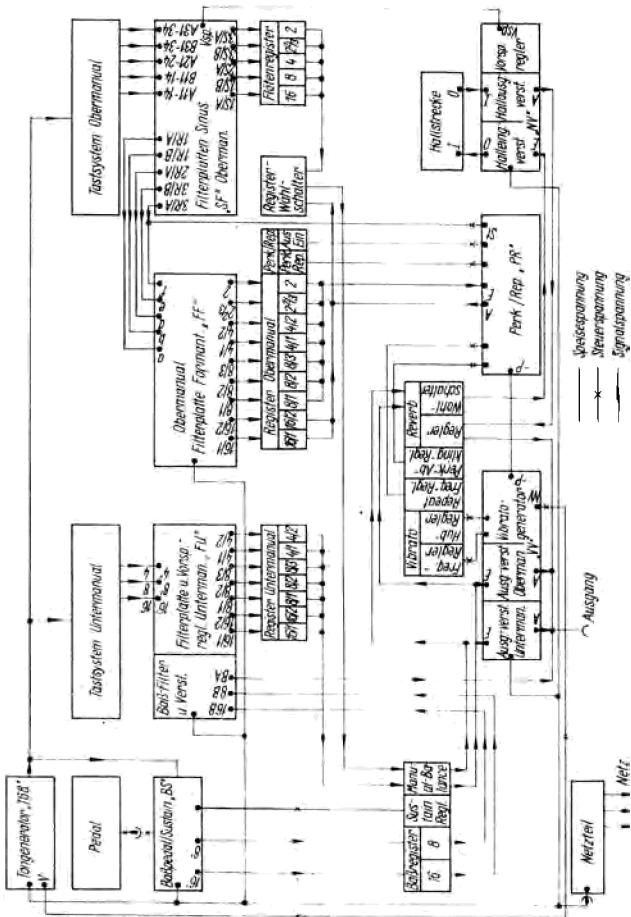


Bild 9.28 Übersichtsschaltplan (TO 200/53)

und Amplitude — Hub — sind regelbar). An den Ausgang des Instruments wird ein Fußregler (Gesamtlautstärke) angeschlossen. Seinen Ausgang legt man auf den Eingang eines hochwertigen Verstärkers.

### 9.5.2. Filter Untermanual (Bild 9.29)

Neben den Schaltungen des Komplexes „Pedal“ sind auch die Filter des Untermanuals in der TO 200/53 zusätzlich eingebaut.

Das Untermanual wird zur Begleitung verwendet und hat grundtönige Register. Die Generatorentkopplungswiderstände sind halboktavweise abgestuft (56 bis 220 k $\Omega$ ), um einem Pegelabfall bei Registern mit Höhenbeschneidung entgegenzuwirken. Die Filter setzen sich vorwiegend aus RC-Gliedern zusammen. Das Register 8'/2 hat eine helle Klangfarbe (Formantcharakter).

Auf der Filterplatte „Untermanual“ befinden sich auch die Filter der beiden Pedalregister sowie der Ausgangsverstärker des Pedals (s. Bild 9.29 unten). R29 und C19 dienen der Bereitstellung einer Spannung zur Kompensation der Generatorgleichspannung im Tastsystem. Die Filterausgänge der ausgeschalteten Register liegen zur Vermeidung von Einstreuungen an Masse (es könnten Töne des Generatorsatzes oder sonstige Störspannungen einstreuen, die zur Verschlechterung des Klangbildes des Instruments führen würden).

Alle Register des Untermanuals arbeiten auf einer gemeinsamen Sammelschiene. Die Sammelschiene ist an den Manualbalanceregler angeschlossen.

### 9.5.3. Schaltung des Pedals (Bild 9.30)

Das Pedal ist mit 2 Chören ausgestattet. Die Schaltung weicht von den bisher beschriebenen ab. Durch eine *Auswahlschaltung* (Pedaltastenkontakte) erklingt beim Betätigen zweier Pedaltasten nur der frequenzmäßig tieferliegende Ton.

Ist der Sustaineffekt ausgeschaltet, werden die Baßtöne normal wiedergegeben (nach Loslassen der Taste verstummt der Ton nahezu ohne Verzögerung).

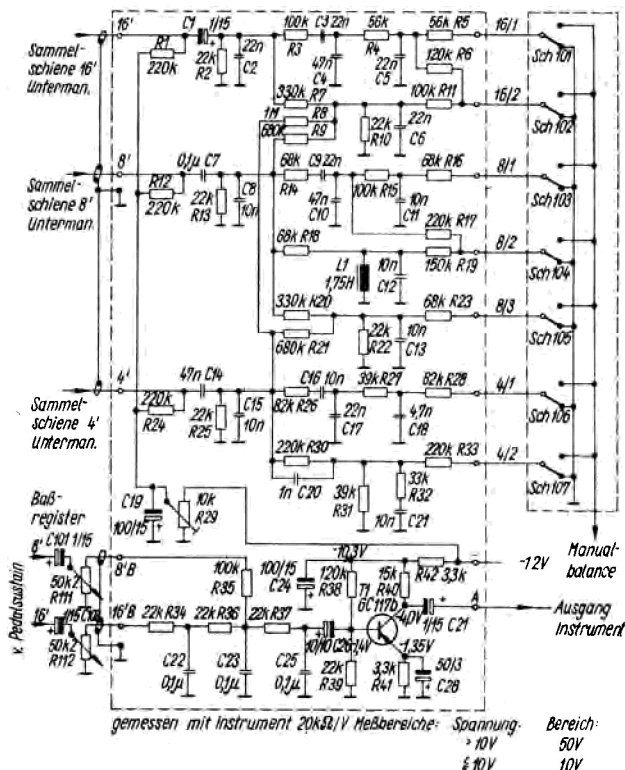


Bild 9.29 Filter Untermanual, Verstärker und Filter Pedal (TO 200/53)

Wie Bild 9.30 zeigt, trennen die Kondensatoren C1 bis C34 die Eingänge der Pedalschaltung gleichstrommäßig vom Generatorsatz. Steht der Regler R113 am oberen Anschlag, ist der Abklingeffekt ausgeschaltet. Über die Dioden D19 bis D27 werden die Elektrolytkondensatoren C35 bis C51 geladen. Die Spannungen an den Elektrolytkondensatoren erreichen über die Widerstände R1 bis R34 die Dioden D1 bis D18. Die Dioden sperren. Dadurch können die über die



Kondensatoren C1 bis C34 vom Generatorsatz anliegenden Tonfrequenzspannungen nicht zum Ausgang der Pedalschaltung gelangen. Da die Signale (Tonfrequenzen des Generatorsatzes) aber nicht völlig gesperrt werden, hat man die Dioden D28 und D29 noch zusätzlich in die Sammelschienen 16' und 8' eingefügt.

Über die Widerstände R54, R55 und R56, R57 liegt die Serienschaltung der Dioden an Masse. Beim Niederdrücken z. B. der Taste C wird der zu ihr gehörende Elektrolytkondensator C35 über R123 an der Auswahlschaltung (Pedaltastenkontakte) an Masse gelegt und entladen. Dadurch wird die Sperrung der Dioden D1/1 und D2/2 aufgehoben (gilt auch für D28 und D29) und die Tonfrequenzen C<sub>1</sub> (16') und C (8') gelangen zum Ausgang.

Beim Loslassen der Taste C wird C35 über die Diode D19 schnell erneut aufgeladen, so daß die Dioden D1/1 und D2/2 die Tonfrequenzspannungen wieder sperren. Der Widerstand R121 begrenzt den Ladestrom des C35, damit die Töne nicht zu plötzlich verstummen — was musikalisch von Bedeutung ist (*Ausschwingen* der Töne).

Wird der Schleifer des R113 gegen Masse bewegt, stellt sich der Sustaineffekt ein. Das negative Potential an den Dioden D19 bis D27 verringert sich, die Elektrolytkondensatoren C35 bis C51 werden mehr und mehr über die Widerstände R35 bis R51 und nur noch teilweise über die Dioden D19 bis D27 aufgeladen. Daher verlängert sich die Aufladezeit für die Kondensatoren C35 bis C51.

Wird jetzt erneut die Taste C betätigt, so entlädt sich C35 in der oben beschriebenen Weise. Nach Loslassen der Taste sperren die Dioden D1/1 und D2/2 die Tonfrequenzen je nach Stellung von R113 erst allmählich (nach etwa 1 bis 2 s). Das Ergebnis ist ein Abklingen der Töne 16' und 8' (entsprechend dem Beispiel der Töne C<sub>1</sub> und C) während der Ladezeit von C35.

Die längste Abklingzeit wird erreicht, wenn der Schleifer von R113 am unteren Anschlag (Masse) liegt. In diesem Fall laden sich die Kondensatoren C35 bis C51 *nur noch*

über die Widerstände R35 bis R51 auf (längste Ladezeit für C35 bis C51). Wird der Widerstand R123 vergrößert, so ergeben sich weichere (anschwellende) Toneinsätze.

Bedeutung der Transistorstufen T1 und T2:

Beim Einschalten des Instruments könnte der Sustaineffekt (R113) eingeschaltet sein. Dann würden alle Töne, die vom Generator auf die Schaltung des Pedals geführt werden, während der *Anlaufzeit* des Instruments so lange erklingen und abklingen, bis sich die Kondensatoren C35 bis C51 aufgeladen haben, denn erst in diesem Augenblick sperren die Dioden D1 bis D18 die Tonfrequenzen. Das verhindern die Transistoren T1 und T2 und sorgen beim Einschalten des Instruments für ein sofortiges Aufladen der Kondensatoren C35 bis C51.

Funktion der beiden Transistorstufen:

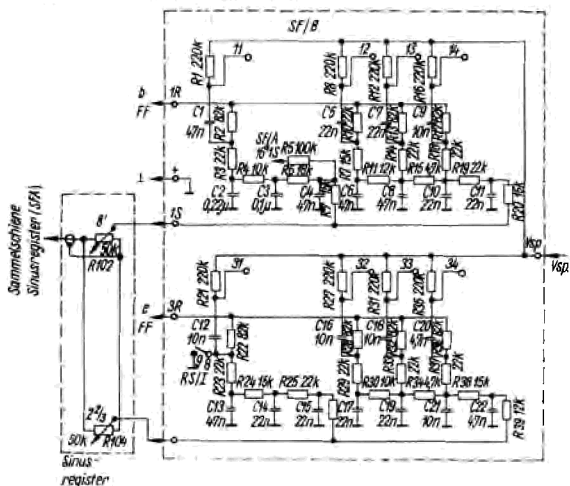
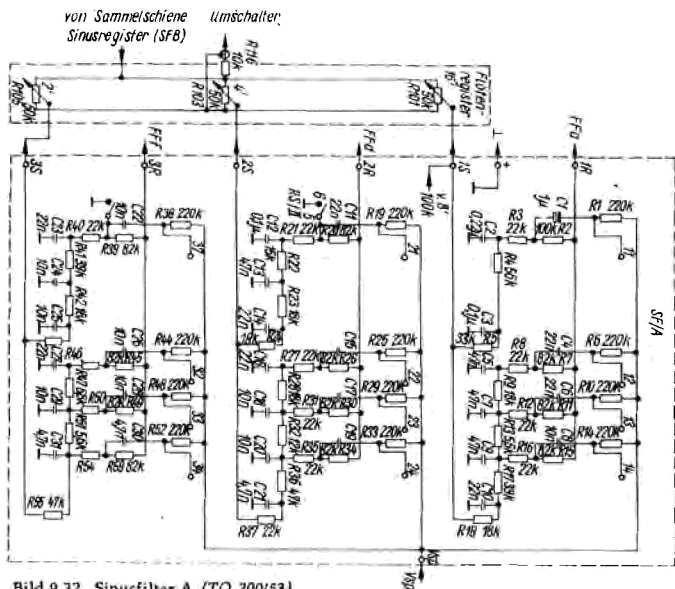
Im Einschaltmoment des Instruments ist C56 entladen. Die Basis von T2 ist positiv (T2 gesperrt) und T1 leitend. Da alle Dioden D19 bis D27 über die Kollektor-Emitter-Strecke von T1 an Minus liegen, laden sich alle Kondensatoren C35 bis C51 schlagartig auf. Danach lädt sich C56 über R60 negativ auf, so daß kurz nach dem Einschalten T2 leitend und T1 gesperrt wird.

Die Widerstände R52, R53 und die Kondensatoren C52, C53 sowie die Dioden D28 und D29 formen mit C54 und C55 die rechteckförmigen Tonausgangsspannungen des Pedals in sägezahnförmige um. Damit konnte ohne großen Aufwand in den Filterschaltungen ein angenehmer Klang des Pedals erzielt werden.

Folgende Teilstromlaufpläne gehören zur TO 200/53:

- |   |           |
|---|-----------|
| 1. Tongenerator                                       | Bild 9.16 |
| 2. Tastsystem   | Bild 9.31 |
| 3. Sinusfilter A                                      | Bild 9.32 |
| 4. Sinusfilter B                                      | Bild 9.33 |
| 5. Formantfilter (für Obermanual)                     | Bild 9.34 |
| 6. Filter Untermanual und Pedal, Verstärker,<br>Pedal | Bild 9.29 |







Das Tastsystem der TO 200/53 ist grundsätzlich nicht anders als das der TO 200/5 aufgebaut. Auch die übrigen veränderten bzw. bei der TO 200/53 neuen Teilstromlaufpläne wie die Filter des Untermanuals, Filter und Verstärker Pedal und Registerwahlschalter, Manualbalance, Reverbsschalter usw. (Bild 9.31 bis Bild 9.36) sind den Teilstromlaufplänen der TO 200/5 sehr ähnlich und nicht komplizierter. Auf weitere Erläuterungen kann deshalb verzichtet werden.

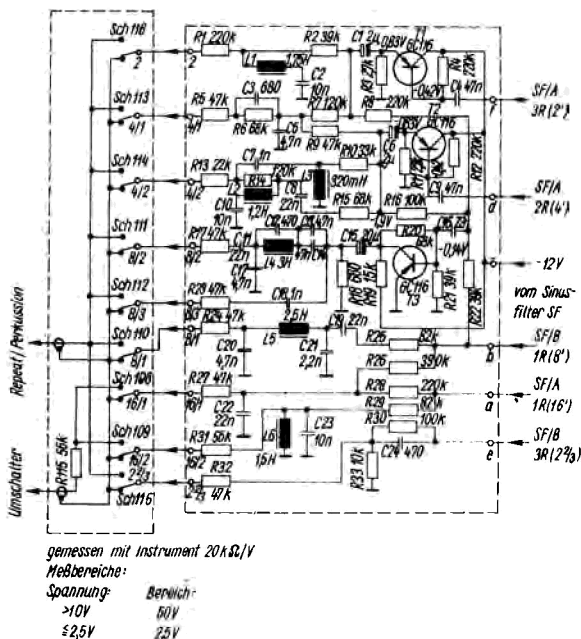


Bild 9.34 Formantfilter Obermanual (TO 200/53)

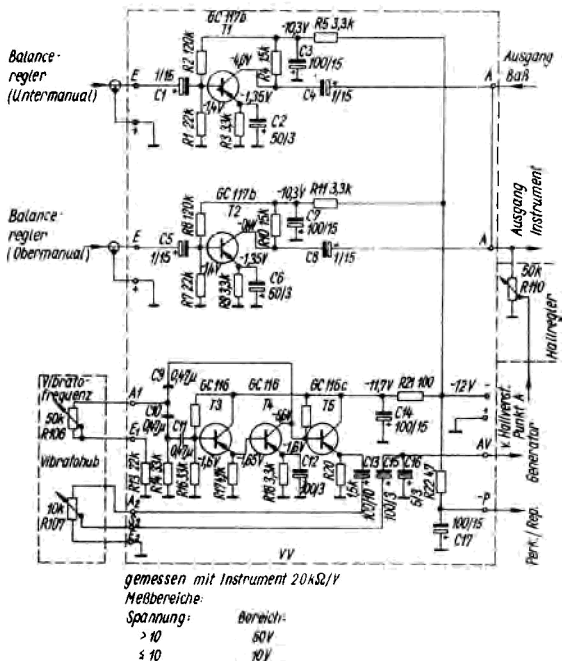


Bild 9.35 Ausgangsverstärker und Vibratogenerator (TO 200/53)

## 9.6. Polyphon K2/3 nach Bild 3.2

Das Instrument eignet sich sehr gut für den Einsatz in Tanz- und Unterhaltungsorchestern. Bild 9.37 zeigt den mechanischen Gesamtaufbau des Polyphons.

Technische Daten des Instruments K2/3:

Klingender Tonumfang:	84 Töne von $C_1$ bis $h^4$
Klavatur:	60 Tasten von C bis $h^3$
Register:	40 in 10 verschiedenen Fußlagen
Frequenzvibrato:	regelbar
Amplitudenvibrato:	regelbar

Hall:	Federhalleinrichtung
Sustain:	13 Tasten (C bis c)
Manualteilung:	verteilt zwischen den Tasten a und d <sup>1</sup> liegend
Klangkombinationen:	mehrere Mixturregister
Lautstärkeregelung:	Fußschweller und Handregler für Baß- und Diskantteil der Klaviatur
Perkussion:	2 Register, die Perkussion kann auch auf alle Register des Diskantteils geschaltet werden
Rechteckklänge:	Alle Register im 8' können auf Rechteckklang umgeschaltet werden
Gehäuse:	transportabel, Rohrfüße lassen sich abschrauben
Gewicht:	etwa 43 kp

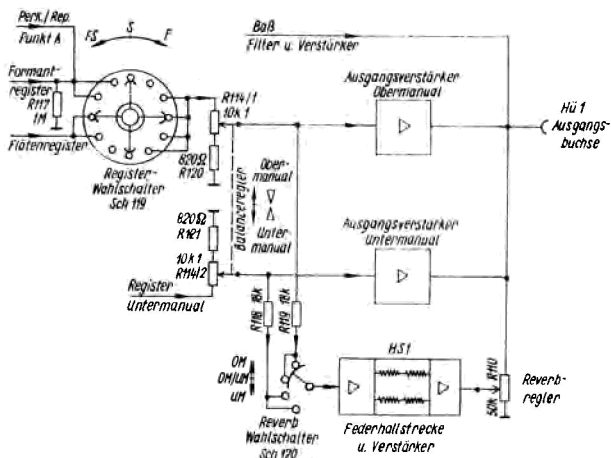


Bild 9.36 Registerwahlschalter, Manualbalance und Reverbschalter (TO 200/53)

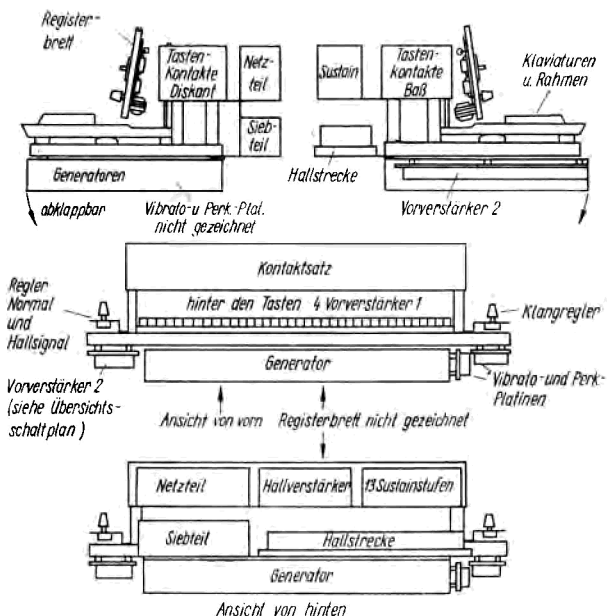
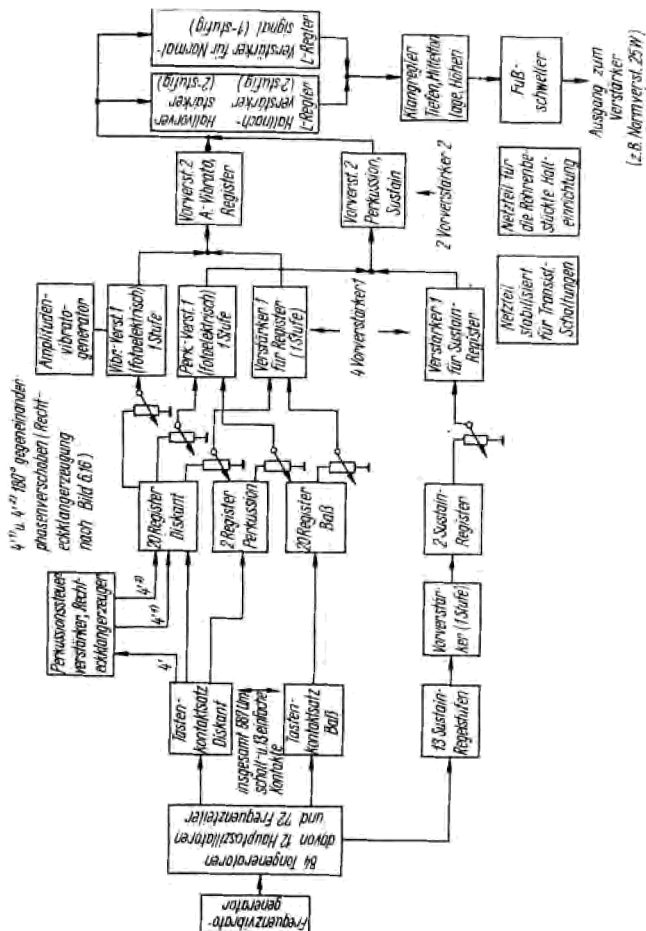


Bild 9.37 Aufbauschema des Polyphons K2/3 nach Bild 3.2.  
Das Instrument ist eine mechanische Einheit und wird in dieser Form in das Spieltischgehäuse eingeschoben

### 9.6.1. Beschreibung des Übersichtsschaltplans (Bild 9.38)

Der Generatorsatz besteht aus 12 Muttergeneratoren, die je 6 Frequenzteiler (insgesamt 72 Sperrschwinger) steuern. Vom Frequenzvibratogenerator aus erfolgt die Frequenzmodulation aller 84 Tongeneratoren. Die Vibratorausgangsspannung wird den Muttergeneratoren zugeführt. Die Modulation ist regelbar und kann z. B. beim Stimmen des Instruments abgeschaltet werden. Vom Generatorsatz (Dauertongeneratoren) gelangen die Tonfrequenzspannungen an die Kontaktsätze (Baß- und Diskantteil). Die Sammelschienen des Kontaktsatzes sind an die Regi-



ster Diskant, Perkussion und Baß angeschlossen. Nur die 4'-Sammelschiene des Diskantteils ist mit der Perkussionschaltung verbunden. Die 4'-Signale werden zur Steuerung der Perkussion und zur Erzeugung von Rechteckklängen herangezogen und an geeigneter Stelle aus der Perkussionssteuerschaltung ausgekoppelt, um die 4'-Register zu speisen. Das Amplitudenvibrato wirkt nur auf die Diskantregister. Zwischen den Registerausgängen (einschließlich Sustainregister) und den „Vorverstärkern 1“ liegen die Regler für die Lautstärke der Register und der Effektklänge.

Den „Vorverstärkern 1“ folgen 2 „Vorverstärker 2“. Die zusammengekoppelten Ausgänge der Vorverstärker sind gegeneinander entkoppelt. Die Tonfrequenzsignale gelangen dann zum Hallverstärker, dem ein 1stufiger Verstärker für das Normalsignal (unverhaltes Signal) parallelgeschaltet ist. Die Ausgangsspannungen des Hall- und Normalsignalverstärkers werden einem Regler zugeführt, mit dem man das gewünschte Hall-Normalsignalverhältnis einstellen kann. Es folgen eine Klangregelschaltung und der Fußschweller. Die Klangregelschaltung läßt eine getrennte Einstellung der Höhen, Mitteltonlagen und Tiefen zu. Sie setzt sich aus mehreren RC-Gliedern zusammen.

Das Instrument hat durch den Einbau der Effekteinrichtungen gute klangliche Eigenschaften. Die Manualtrennung gestattet eine stark differenzierte Registereinstellung im Baß- und im Diskantteil. Im Bedarfsfall können beide Klaviaturabschnitte klanglich gleichartig registriert werden. Beim Einschalten von Registern mit flötenartigem Klang und mit einem schwachen, langsamen Frequenzvibrato erzielt man pfeifenorgelähnliche Klangbilder, die, kräftig verhallt, besonders brillant klingen.

Das Polyphon als Hausinstrument bereitet viel Freude. Durch die vielen möglichen Klangvarianten kann das Spiel auf dem Instrument so abwechslungsreich gestaltet werden, daß man der Klänge auch bei langem Zuhören nicht überdrüssig wird. Im Teil 4 wird der Selbstbau eines Polyphons etwa gleicher Größenordnung beschrieben.

## 9.7. Beispiel eines industriellen größeren Polyphons I1

Das Aufbauschema 2manualiger Instrumente ist in Bild 9.39 dargestellt. Die Ausführungsformen serienmäßig

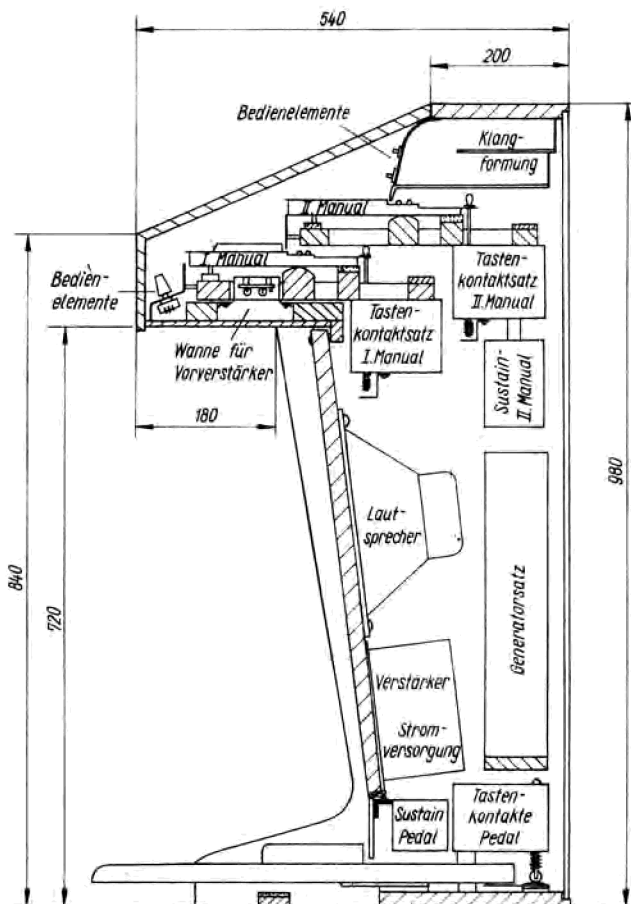


Bild 9.39 Aufbauschema eines 2manualigen Instruments mit Pedal

oder einzeln hergestellter Instrumente, weichen nur geringfügig von diesem Schema ab.

Bild 9.40 zeigt das Instrument, das im Folgenden kurz charakterisiert wird. Das Innere des Polyphons ist in Bild 9.41 zu sehen (Rückwand entfernt). Mit den angegebenen Positionsnummern läßt sich der Aufbau des 2manua-ligen Polyphons gut erfassen. Das Foto gibt Aufschluß über die Größenverhältnisse der einzelnen Baugruppen zueinander. Das Instrument ist volltransistorisiert.

Technische Daten des Instruments I1:

Klingender Tonumfang:	7,5 Oktaven von $C_1$ bis $f^5$
Lautstärkeregelung:	Schieberegler
Hall:	Federhall (System <i>Hammond</i> )
Ausgangsleistung:	50 W

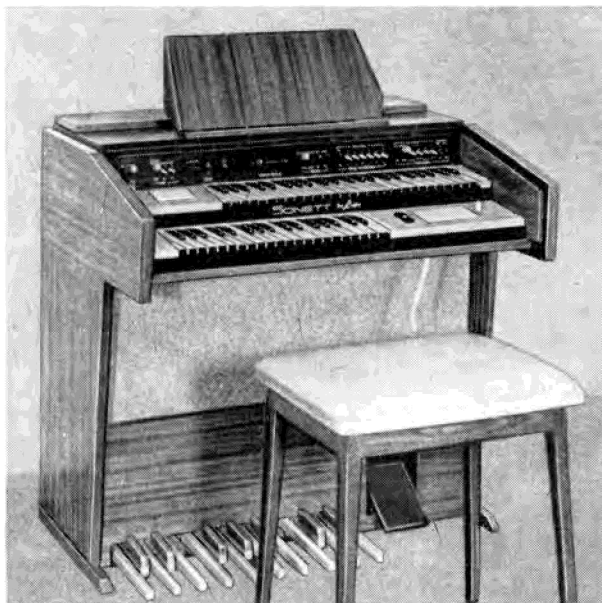


Bild 9.40 Größeres industrielles Polyphon I1



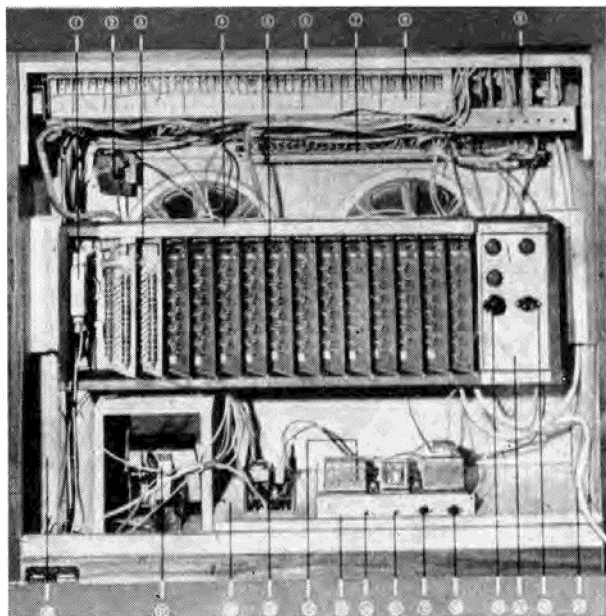


Bild 9.41 Innenaufbau des Polyphons I1

Leistungsaufnahme:	etwa 80 W
Stromversorgung:	Netzspannung 110 bis 220 V, 50 bis 60 Hz
Schaltungsausführung:	gedruckte Schaltung mit Steck- verbindungen
Abmessungen:	970 mm Höhe, 1050 mm Breite, 640 mm Tiefe
Gewicht:	etwa 85 kp (mit Bank 90 kp)
Gehäuse:	Nußbaum mit Deckel und Bank

### *Registerdisposition*

Für das untere Manual sind vorhanden:

Gamba, Flöte, Schalmey und Basset-Horn, Lautstärkeregler  
und Vibratoeinsteller.

Im Obermanual gibt es 6 Klangkombinationen, Perkussion, Abklingeffekt, Vibrato und die dazugehörigen Einstellregler und Schalter. Für die Perkussion sind 4 Register eingebaut: Marimbaphon, Harpsichord, Glockenspiel und Xylophon.

Weitere Register: Klarinette, Trompete, Waldhorn, Violoncello, Pikkoloflöte.

Das Pedal weist 2 Register (Subbaß und Baß) auf sowie Nachklang (Sustain) als besonderen Effekt zur Erzeugung zupfbaßähnlicher Klänge.

Ein Knieschweller dient zur Lautstärkeregelung der Soloregister, mit einem Fußschweller wird die Gesamtdynamik des Instruments geregelt. Eine Anschlußbuchse für elektronische Schlagzeuge ist vorgesehen.

## 9.8. Universelle elektronische Orgel K1 nach Bild 3.3

Über dieses Modell ist bereits im Teil 1 berichtet worden. Auf einleitende Erläuterungen wird deshalb verzichtet.

Technische Daten des Instruments K1:

Klingender Ton-

umfang:	8 Oktaven von $C_1$ bis $h^5$
Manual I:	60 Tasten von C bis $h^3$ , 10 Chöre
Manual II:	60 Tasten von C bis $h^3$ , 9 Chöre
Pedal:	30 Tasten von C bis $f^1$ , 9 Chöre
Fußlagen	$16'$ , $10\frac{2}{3}'$ , $8'$ , $4'$ , $2\frac{2}{3}'$ , $2'$ ,
der Chöre:	$1\frac{3}{5}'$ , $1\frac{1}{3}'$ , $1\frac{1}{7}'$ und $1'$ . (Um die Chöre $1\frac{3}{5}'$ oder $1\frac{1}{7}'$ klangrein zu erhalten, müßte eigentlich ein 2. Generatorsatz zur Verfügung stehen.)

Anzahl	Pedal 16, Manual I 22, Manual II 22
der Register:	(davon sind 6 Register $8'$ auf Rechteckklänge umschaltbar). Es sind keine Koppeln vorhanden.

Effekt- einrichtungen:	Frequenz- und Amplitudenvibrato sowie Mandolineneffekt, Sustain, künst- licher Nachhall und Effektregister
Spielhilfen:	4 freie Kombinationen, Schweller für jede Tastenebene und für die Gesamt- lautstärke und Register-(Crescendo-)Walze
Stimmung:	$a^1 = 440$ Hz, temperierte Stimmung, Gesamtstimmung regelbar (etwa $\pm 1/2$ Ton)
Stromversorgung:	220 V, 50 Hz
Gehäuse:	Edelholzfurnier
Abmessungen:	etwa 1150 mm Höhe, 1500 mm Breite und 650 mm Tiefe ohne Pedal
Bestückung:	Halbleiter, Halleinrichtung mit Röhren bestückt

Anmerkung: Es ist einfacher, eine größere Anzahl Register als mehrere Koppeln einzubauen. Das Pedal ist mit einer im Verhältnis ungewöhnlich hohen Registerzahl und mit 9 Chören ausgestattet. Damit wird erreicht, daß das „volle Werk“ auch ohne Koppeln im Pedal gespielt werden kann.

#### Registerdisposition:

##### Pedal:

1. Prinzipalbaß	16'	10. Baßquinte	$2\frac{2}{3}'$
2. Subbaß	16'	11. Nachthorn	2'
3. Posaune	16'	12. Rauschpfeife	2' 3fach
4. Schlagbaß	$16' + 8'$	13. Gemshornterz	$1\frac{3}{5}'$
5. Zupfbaß	$16' + 8'$	14. Quinte	$1\frac{1}{3}'$
6. Rohrquinte	$10\frac{2}{3}'$	15. Flöte	1'
7. Trompete	8'	16. Pedalmixtur	
8. Oktavbaß	4'	(Tutti)	6fach
9. Klarinette	4'		

##### Manual I:

1. Prinzipalbaß	16'	4. Prinzipal	8'
2. Oktave	16'	5. Trompete	8'
3. Posaune	16'	6. Doppelflöte	8'

7. Rohrflöte	8'	15. Klarinette	2'
8. Quinte	5 $\frac{1}{3}$ '	16. Terzflöte	1 $\frac{3}{5}$ '
9. Viola	4'	17. Weitquinte	1 $\frac{1}{3}$ '
10. Prinzipal	4'	18. Septime	1 $\frac{1}{7}$ '
11. Orchesterflöte	4'	19. Vogelpfeife	1'
12. Quinte	2 $\frac{2}{3}$ '	20. Hohlflöte	1'
13. Violine	2'	21. Mixtur	4fach
14. Oktave	2'	22. Zimbel	2fach

#### Manual II :

1. Prinzipal	16'	12. Oktave	4'
2. Bordun	16'	13. Nasat	2 $\frac{2}{3}$ '
3. Flöte	8'	14. Pikkolo	2'
4. Oboe	8'	15. Oktave	2'
5. Prinzipal	8'	16. Flöte	1'
6. Gemshorn	8'	17. Flachflöte	1'
7. Trompete	8'	18. Terz	1 $\frac{3}{5}$ '
8. Schalmei	8'	19. Quinte	1 $\frac{1}{3}$ '
9. Großnasat	5 $\frac{1}{3}$ '	20. Sesquialter	2fach
10. Prinzipal	4'	21. Mixtur	3fach
11. Horn	4'	22. Scharf	3fach

Die 8'-Register des II. Manuals lassen sich auf „Rechteckklang“ umschalten. Die Registernamen ändern sich damit wie folgt:

3. Flöte wird Gedackt	7. Trompete wird Saxophon
4. Oboe wird Fagott	
5. Prinzipal wird Rohrgedackt	8. Schalmei wird Gedacktflöte
6. Gemshorn wird Jazztrompete	

Die Schaltungen der Registerfilter werden im Teil 3 besprochen.

Bild 9.42 und Bild 9.43 zeigen das geöffnete Instrument. Die Anordnung der Registerplatten ist ungewöhnlich, weil die Register mit Relais geschaltet werden, die direkt

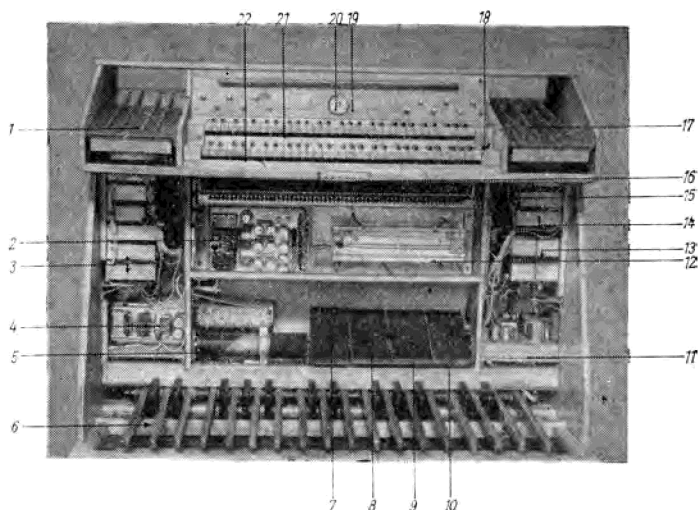


Bild 9.42 Elektronische Orgel K1 (s. Bild 3.3) geöffnet (Ansicht von vorn).  
 1 - Registerschalttafel (4 freie Kombinationen) Pedal und Manual I, 2 - Netzteil I, 3 - Registerschaltungen Pedal und Manual I, 4 - Netzteil II, 5 - Crescendowalze (Registerwalze), 6 - Pedalklavatur, 7 - Schweller Pedal, 8 - Schweller Manual I, 9 - Schweller Manual II, 10 - Gesamtschweller, 11 - Nachhallverstärker, 12 - Federhallstrecke, 13 - Klingeffektschaltungen und Vorverstärker, 14 - Registerschaltungen (Filter) Manual II, 15 - Tastenkontaktsatz Manual I, 16 - Druckknöpfe für freie Kombinationen 1 bis 4, 17 - Registerschalttafel (4 freie Kombinationen) Manual II und Schalter zur Umschaltung der Register auf die Effektplatine

auf den Registerplatten montiert und durch Kabelbäume mit den Bedienungselementen (*Registervorwähleinrichtungen* bzw. *freie Kombinationen* und mit der *Registerwalze*) verbunden sind. Die Bedienungs- und die Schaltelemente führen Gleichstrom, so daß die Verlegung der Kabelbäume (Steuerleitungen) nicht schwierig ist. Knackstörungen beim Schließen bzw. Öffnen von Schaltern lassen sich durch kapazitive Überbrückung der Kontakte ( $0,1 \mu\text{F}$ ) beseitigen. Eine Übersicht vom schaltungstechnischen Aufbau des Instruments vermittelt der Übersichtsschaltplan (Bild 9.44).

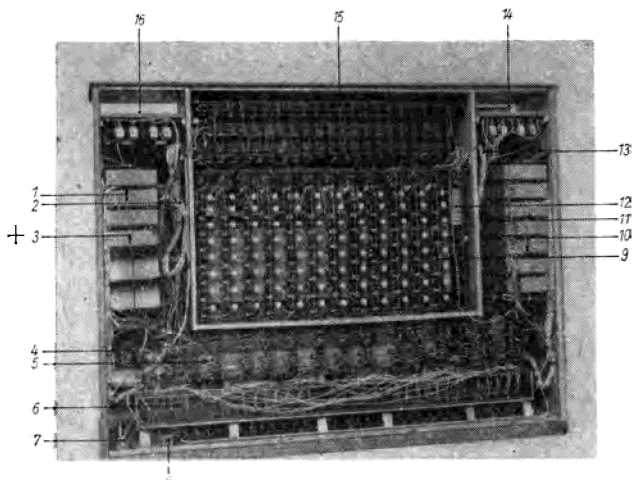


Bild 9.43 Die elektronische Orgel K1 geöffnet (Ansicht von hinten).

1 - Registerschaltungen Manual II, 2 - Kabelbaum, Gleichspannungssteuerleitungen für die freien Kombinationen und die Crescendowalze, 3 - Klangeffektschaltungen und Vorverstärker, 4 - Nachhallverstärker, 5 - Platinen des Pedalsustains, 6 - Tastenkontaktsatz Pedal, 7 - Netzanschluß, 8 - Tonausgang, 9 - Generatorsatz (12 Platinen und Frequenzvibratogeneratorplatine), 10 - Registerschaltungen Pedal, 11 - Registerschaltungen Manual I, 12 - Platine des Frequenzvibratogenerators, 13 - Kabelbaum, Gleichspannungssteuerleitungen für freie Kombinationen und Crescendowalze, 14 - Registerschalttafel (4 freie Kombinationen) Manual I und Pedal, 15 - Sustainplatinen des II. Manuals, 16 - Registerschalttafel (4 freie Kombinationen) Manual II und Schalter zur Umschaltung der Register auf die Effektplatine

Alle Baugruppen sind im Spieltisch untergebracht. Sie haben folgende Aufgaben:

#### Baugruppe I: *Tonerzeugende Generatoren*

Das Instrument ist mit Dauertongeneratoren ausgerüstet, die ständig obertonreiche Frequenzen von  $C_1$  bis  $h^5$  (32,7 Hz bis 7902,1 Hz) erzeugen.

#### Baugruppe II: *Tastenkontaktsätze* (IIa, IIb und IIc des Übersichtsschaltplans)

Von der Baugruppe I gelangen die Tonfrequenzspannun-

gen über die Leitungen a, b, c und über die Entkopplungswiderstände der Kontaktsätze an die Umschaltkontakte der Baugruppe II. Ein Generator speist meistens eine größere Zahl von Tastenkontakten, wodurch Polyphonie erreicht wird. Beim Betätigen einer Taste schalten sich mehrere Kontakte (je Chor 1 Kontakt) auf die Sammelschienen um, die Tonfrequenzen werden dem Registerteil zugeführt.

Baugruppe III: *Einrichtungen zur Klangformung,*

### Registerteil

Die nach Fußlagen durch die Konstruktion der Tastenkontaktsätze geordneten Tonfrequenzen gelangen zu den Filterschaltungen der Baugruppe III. Dort erfolgt die additive und selektive Klangformung.

Baugruppe IV: *Einrichtungen zur Erzeugung besonderer Effekte*

Die Ausgangssignale des Registerteils werden über die Leitungen g, h und i Schwellern zugeführt. Die Signale vereinigen sich hinter diesen Reglern und gelangen über die Leitungen k zu einem 2stufigen Vorverstärker und von dort über den Leitungszweig l zu einer Impedanzwandler-

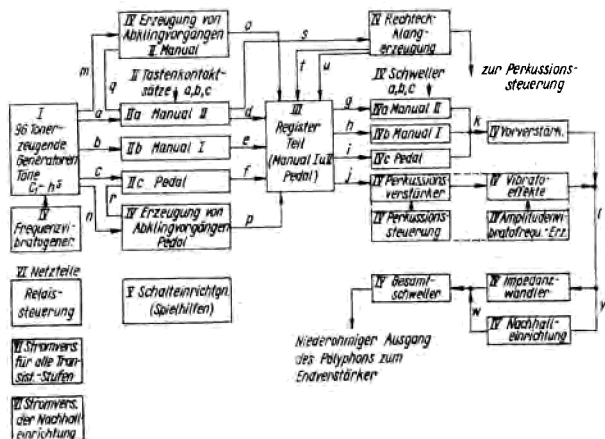


Bild 9.44 Übersichtsschaltplan des Instruments K1 nach Bild 3.3

stufe und zum Gesamtlautstärkeschweller am Ausgang des Instruments.

Parallel zur Impedanzwandlerstufe ist die Nachhalleinrichtung geschaltet. Ein Teil des Ausgangssignals wird abgegriffen und über die Leitung v dem Verstärker zur Erzeugung eines künstlichen Nachhalls zugeführt. Das verhallte Signal wird über die Leitung w dem Gesamtsignal wieder hinzugefügt. Somit wirkt der Nachhall auf das gesamte Tonfrequenzgemisch am Ausgang des Instruments. Diese Signale können ein Frequenzvibrato haben, das vom Frequenzvibratogenerator in Verbindung mit der Baugruppe I für alle Generatorfrequenzen erzeugt werden kann.

Außerdem führen Tonfrequenzspannungen von der Baugruppe I über die Leitungen m und n zu den Stufen, die Abklingvorgänge erzeugen, von dort über die Leitungen o und p zum Registerteil und weiter auf dem oben beschriebenen Weg zum Ausgang des Instruments. Die Abklingvorgänge werden über die Leitungswege q und r durch Tastenkontakte mit Gleichspannung gesteuert (II. Manual und Pedal). Die Stufen zur Erzeugung von Abklingvorgängen übernehmen gewissermaßen die Funktion der Tastenkontakte für die Tonfrequenzen der Baugruppe II. Diese „Schalter“ arbeiten wie veränderliche Widerstände. Dadurch wird erreicht, daß der Ton nicht plötzlich hart einsetzt oder abklingt, sondern in seinem Lautstärkeverlauf beeinflußt werden kann (Sustain).

Vom Kontaktsatz des II. Manuals gelangen auch Signale über die Leitungen s zur Rechteckklangerzeugung. Dort erfolgt eine Phasendrehung bzw. eine Verstärkung der Tonfrequenzsignale. Die Leitungen t und u führen sie wieder der Baugruppe III zu. Sie dienen der Speisung der 4'-Register des II. Manuals, die nicht vom Tastenkontaktsatz direkt, sondern von der Schaltung zur Rechteckklangerzeugung gespeist werden. Die 4'-Signale (Leitung u) erzeugen für die 8'-Register des II. Manuals charakteristische Klänge (Umschaltung der Register auf Rechteck-



klang). Die Ausgangssignale des II. Manuals werden von der Baugruppe III nicht nur über die Leitung g, sondern auch noch über die Leitung j abgezweigt. Diese Signale passieren auf ihrem Weg zum Ausgang des Polyphons den Perkussionsverstärker. Mit der Perkussionssteuerung und dem Amplitudenvibratogenerator werden vom Perkussionsverstärker Tremolo- und Schlageffekte hervorgebracht. Durch den kombinierten Einsatz der Effekteinrichtungen, Register und Schweller ergibt sich eine große Anzahl musikalischer Ausdrucksmöglichkeiten. Es können sowohl herkömmlichen Instrumenten ähnliche Klänge eingestellt werden, als auch neuartige Klangeffekte, die elektronischen Instrumenten eigen sind.

#### Baugruppe V: *Schalteinrichtungen (Spielhilfen)*

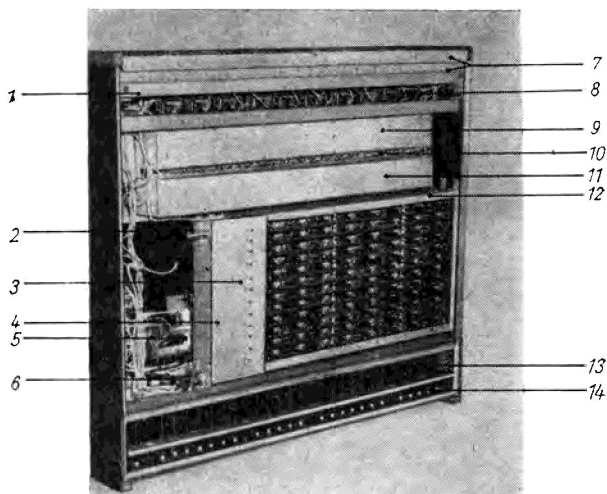
Die Spielhilfen sind Kombinationen aus verschiedenen Schaltern, Relais, Zugmagneten und Reglern. Sie ermöglichen verschiedene, durch Register vorgewählte Klangvarianten (freie Kombinationen) während der Darbietung eines Musikstückes durch Betätigen von Druckknöpfen mühelos oft und schnell zu wechseln.

#### Baugruppe VI: *Netzteile*

Die Stromversorgungsteile sind für den Anschluß des Instruments an das Wechselstromnetz 220 V und 50 Hz ausgelegt. Sie stellen die Spannungen für die elektronischen Schaltungen zur Verfügung. Alle schaltungstechnischen Einzelheiten und der mechanische Aufbau aller Baugruppen und des gesamten Instruments K1 werden im Teil 3 beschrieben. Zur Veranschaulichung sind zahlreiche Abbildungen (Zeichnungen und Fotos) beigelegt. Die Erläuterungen und Illustrationen sind so umfangreich und ausführlich abgefaßt, daß sie beim Entwurf eines Selbstbauinstruments als Vorlage verwendet werden können.

## 9.9. Elektronische Heimorgel K4 nach Bild 3.4

In Abschnitt 3.1.1.3. ist die Ausführung des Instruments, das der Konstruktion des Instruments K1 (Abschnitt 2.3.)



**Bild 9.45** Die Heilmorgel K4 (s. Bild 3.4) von hinten geöffnet.

1 - Winkelschiene zur Stabilisierung des Gehäuses bei abgeschraubter Gehäusedecke, 2 - Kontaktthermometer für die Muttergeneratorenkammer (Thermostatschaltung), 3 - Stimmungsknöpfe der Hauptgeneratoren, 4 - Heizkammer (Thermostat), 5 - Lautsprecher (auf der Schallwand sind 4 Tiefton- und 2 Hochtonsysteme montiert), 6 - Steuerschaltung des Thermostaten, 7 - Register (Filterschaltungen), Pedal und Manuale, 8 - Vorverstärkerstufen, 9 - Tastenkontaktsatz des II. Manuals, 10 - Tonfrequenzzuführungen für den Tastenkontaktsatz und die Sustainstufen des II. Manuals, 11 - Sustainplatinen des II. Manuals (gekapselt), 12 - Generatorkasten (teilweise geöffnet), 13 - Tastenkontaktsatz des Pedals (dahinter befinden sich die Sustainplatinen des Pedals), 14 - Pedaltasten mit Justiereinrichtungen für die Tastenkontaktschieber des Pedaltastenkontaktsatzes

in einigen Details ähnlich ist, kurz charakterisiert worden. Bild 9.45 gibt Aufschluß über den Gesamtaufbau des Spieltisches. Der Endverstärker und die Lautsprecher sind mit im Spieltischgehäuse untergebracht. Bei dem Instrument kommen Effektklänge besonders wirkungsvoll zur Geltung. Die mehrfach eingebauten und gegeneinander entkoppelten Vorverstärker sorgen für eine ausreichende Verstärkung der Tonfrequenzsignale, besonders der Klänge,

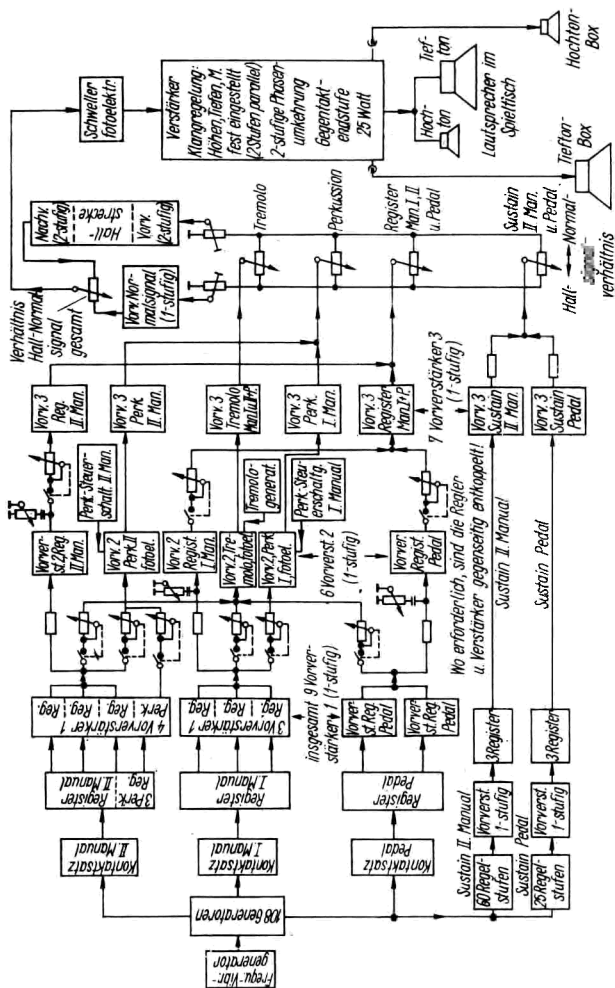


Bild 9.46 Übersichtsschaltplan der elektronischen Heilmorgel K4 nach Bild 9.45

die von den Effekteinrichtungen ausgehen. Es ist daher möglich, jede Klangvariante durch entsprechende Bedienung der Lautstärkeregler ausgeprägt zu Gehör zu bringen. Bild 9.46 zeigt den Übersichtsschaltplan des Instruments K4. Nachdem schon mehrere Übersichtsschaltpläne erläutert worden sind, soll Bild 9.46 nicht mehr beschrieben werden.

In Teil 3 und Teil 4 erscheinen Bauvorschläge für ein 2-manualiges Instruments u. a., denen der Aufbau der elektronischen Heimorgel K4 zugrunde liegt. Auf weitere Angaben über das Instrument wird deshalb an dieser Stelle verzichtet.

## Schlußbetrachtungen

Es wird nicht immer leicht gewesen sein, den Inhalt des 2. Teiles voll zu erfassen, da viele Dinge wegen der Stofffülle nur in geraffter Form dargelegt werden konnten.

Besondere Bedeutung haben die mehrfach dargestellten und erläuterten Übersichtsschaltpläne. Sie vermitteln den erforderlichen Überblick über den Gesamtaufbau eines Instruments.

Der schaltungstechnische Aufbau der im Übersichtsschaltplan enthaltenen Funktionsblöcke geht aus den Stromlaufplänen hervor. Für große Instrumente gibt es keine vollständigen, sondern nur vereinfachte Gesamtstromlaufpläne. Man könnte Stromlaufpläne, in denen jede Leitung eingezeichnet ist und alle Baustufen enthalten sind, kaum überblicken. Solche Gesamtstromlaufpläne würden eher verwirren. Man beschränkt sich daher stets auf die Darstellung wesentlicher Einzelheiten. Zum Beispiel wird nur eine der jeweils 12 vorhandenen Generatorplatten schaltungsmäßig gezeichnet. Die Verbindungsleitungen zwischen 2 Baugruppen werden nicht einzeln, sondern nur als eine Verbindungslinie dargestellt, wenn die Zahl der Leitungen zu groß ist, oder es werden nur Anschlußpunkte angegeben (z. B. die vom Generatorsatz zu den Tastenkontakten führenden Tonleitungen). Die Koppelverdrahtung weist dann aus, daß von jedem Tonausgang des Generatorsatzes eine Leitung zum Tastenkontaktsatz geführt werden muß. Enthält ein Generatorsatz beispielsweise 96 Generatoren (Mutteroszillatoren und Teilerstufen), weiß man, daß zwischen dem Generatorsatz und dem Tastenkontaktsatz 96 Leitungen liegen, die insgesamt 96 Töne (Frequenzen) an die Tastenkontakte heranzuführen. Ähnlich verhält es sich auch bei den Anschlußleitungen der Sustainstufen. Diese Leitungsführungen müssen beim Lesen der Stromlaufpläne gedanklich registriert werden. Serviceunterlagen setzen sich meistens aus mehreren Teilstromlaufplänen zusam-

men. Anschlußpunkte sind auf den einzelnen Stromlaufplänen von Baugruppen usw. so gekennzeichnet, daß man vor allem in Verbindung mit dem Übersichtsschaltplan die Gesamtverdrahtung des Instruments erkennen kann. Es ist notwendig, sich mit den Unterlagen gründlich zu beschäftigen, wenn man alle Einzelheiten des Gesamtaufbaus eines Instruments erfassen will. Bevor der 3. Teil zur Hand genommen wird, sollte man sich die Frage beantworten, ob der im 2. Teil beschriebene grundlegende Aufbau z. B. der TO 200/5 vollkommen erfaßt wurde. Im Zweifelsfall empfiehlt es sich, besonders die Abschnitte 9.1.4. und 9.2.2. nochmals eingehend durchzuarbeiten, denn im 3. Teil werden Schaltungs- und Aufbauvarianten anderer vollelektronischer Polyphone vorgestellt.

## Literaturverzeichnis

- [1] *Autorenkollektiv*: Handbuch für Hochfrequenz- und Elektrotechnik, Band II; S. 588 bis 598. Verlag für Radio-Foto-Kinotechnik GmbH, Berlin-Borsigwalde 1953
- [2] *Goedecke, W.*: Lehrbuch der Elektrotechnik; VEB Verlag Technik, Berlin 1953
- [3] *Hildebrand, S., C. Markert*: Zeichnungen und Darstellungen in der Elektrotechnik; VEB Verlag Technik, Berlin 1963
- [4] *Jakubaschk, H.*: Amateurtontechnik; Deutscher Militärverlag, Berlin 1967
- [5] *Jakubaschk, H.*: Transistorschaltungen I, II; Band 20 und Band 35 der Reihe „Der praktische Funkamateureur“, Deutscher Militärverlag, Berlin 1962/66
- [6] *Jakubaschk, H.*: Elektronikschaltungen für den Amateur; Band 28 und Band 66 der Reihe „Der praktische Funkamateureur“, Deutscher Militärverlag, Berlin 1964/67
- [7] *Jakubaschk, H.*: Radiobasteln leicht gemacht; Deutscher Militärverlag, Berlin
- [8] *Jakubaschk, H.*: Das große Elektronikbastelbuch; Deutscher Militärverlag, Berlin 1964
- [9] *Jobst, R.*: Zur Wirkungsweise und Dimensionierung des LC-Formantfilters; „Radio und Fernsehen“, 1971, H. 19, S. 642
- [10] *Kupfer, K. H.*: Elektronische Orgeln; „Funktechnik“, 1967, H. 6 bis H. 10
- [11] *Lesche, J.*: Einführung in die Technik der elektronischen Musikinstrumente; „FUNKAMATEUR“, 1966, H. 1 bis H. 12
- [12] *Pabst, B.*: Grundsaltungen der Funktechnik; VEB Fachbuchverlag, Leipzig 1958
- [13] *Rose, G.*: Fundamente der Elektronik; Verlag für Radio-Foto-Kinotechnik GmbH, Berlin-Borsigwalde 1959

- [14] *Rumpl, K. H.*: Bauelemente der Elektronik; VEB Verlag Technik, Berlin
- [15] *Rumpl, K. H., M. Pulvers*: Transistor-Elektronik; VEB Verlag Technik, Berlin 1963
- [16] *Schlenzig, K.*: Von der Schaltung zum Gerät; Deutscher Militärverlag, Berlin 1968
- [17] *Schreiber, E.*: Die Ausgleichvorgänge in der Musik und deren synthetische Nachbildung bei elektronischen Musikinstrumenten; „Radio und Fernsehen“, 1957, H. 13 bis H. 15
- [18] *Schreiber, E.*: Grundlagen der elektronischen Klang-erzeugung: „Radio und Fernsehen“, 1955, H. 22, S. 680 bis 684
- [19] *Streng, K. K.*: abc der Niederfrequenztechnik; Deutscher Militärverlag, Berlin 1968
- [20] *Streng, K. K.*: NF-Verstärker-Meßtechnik; Band 30 der Reihe „Der praktische Funkamateurl; Deutscher Militärverlag, Berlin 1963
- [21] *Schubert, K.-H.*: Elektrotechnische Grundlagen, I Gleichstrom, II Wechselstrom; VEB Verlag Technik, Berlin
- [22] *Schubert, K.-H.*: Elektronische Effekte in der Tanz-musik; „FUNKAMATEUR“, 1971, H. 5
- [23] *Wahl, R.*: Elektronik für Elektromechaniker; VEB Verlag Technik, Berlin 1966
- [24] *Winckel, F.*: Elektronische Musik durch konzertreife Instrumente; „Funktechnik“, 1951, H. 1 und H. 2
- [25] *Winckel, F.*: Farbige Spiel auf elektronischen In-strumenten; „Funktechnik“, 1951, H. 4 und H. 5
- [26] *Autorenkollektiv*: Fachkunde für Funkmechaniker, Teile I bis III; VEB Verlag Technik, Berlin
- [27] *Fischer, H.-J.*: Transistortechnik für den Funkama-teur; Deutscher Militärverlag, Berlin 1967
- [28] *Schubert, K.-H.*: Das große Radiobastelbuch; Deut-scher Militärverlag, Berlin 1962
- [29] Prospekt über die Heimorgel „Sonett de Lux“, Firma *Ahlborn*, Heimerdingen bei Stuttgart



- [30] Prospekt und Übersichtsstromlaufplan für das voll-elektronische Musikinstrument *EMP 3* der Firma *F. A. Böhm KG*, Klingenthal (jetzt VEB *Musikelektronik* Klingenthal)
- [31] Prospekte und Serviceunterlagen des VEB *Harmonikawerke* Klingenthal für die Instrumente: *Basset*, *Claviset 200*, *Claviset 300*, *TO 200/5*, *TO 200/53* und *TO/10*

## Bildnachweis

Entnommen aus: Prospektmaterial und Serviceunterlagen des VEB *Weltmeister*, Klingenthal

Bild 9.2, Bild 9.3, Bild 9.4a, Bild 9.4b, Bild 9.4c

Entnommen aus: Prospektmaterial der Firma *F. A. Böhm KG*, Klingenthal (jetzt VEB *Musikelektronik* Klingenthal)

Bild 9.5

Entnommen aus: Serviceunterlagen für das Instrument *TO 200/5* des VEB *Klingenthaler* Harmonikawerke

Bild 9.14, Bild 9.15, Bild 9.16, Bild 9.18 bis Bild 9.26

Entnommen aus: Serviceunterlagen für das Instrument *TO 200/53* des VEB *Weltmeister*, Klingenthal

Bild 9.27 bis Bild 9.36

Entnommen aus: Prospektmaterial der Firma *Ahlborn*, Heimerdingen bei Stuttgart

Bild 9.40, Bild 9.41

1. Auflage, 1975, 1.-15. Tausend

Militärverlag der Deutschen Demokratischen Republik (VEB) - Berlin, 1975

Cheflektorat Militärliteratur

Lizenz-Nr. 5

LSV 3539

Lektor: Dipl.-Phys. Hans-Joachim Mönig

Zeichnungen: Gudrun Maraun

Umschlagzeichnung: Heinz Grothmann

Typografie: Helmut Herrmann

Vorauskorrektor: Gertraut Purfürst

Hersteller: Ingeburg Zoschke

Printed in the German Democratic Republic

Gesamtherstellung: Druckerei Märkische Volksstimme Potsdam

Redaktionsschluß: 20. September 1974

Bestellnummer: 745 696 1

EVP 1,90 Mark



# 133

