

DM 14,80

magazin für elektronik

# eirad

## Special 6



Audio-Spektrum-Analysator  
Drum-Sythesizer  
Musiknetz-System  
AM-Fernsteuerung  
Gitarrenvorumverstärker  
Brumm-Filter  
Schnellader  
OpAmp - Tester  
TB - Testgenerator  
Sustain Fuzz  
IC-Thermometer  
Rauschgenerator  
Drahtschleifenspiel  
Kompakt 81-Verstärker  
Stereo-Leistungsmesser  
Lautsprecherschutz-Schaltung  
Vocoder 1  
Vocoder 2  
FET-Voltmeter  
Impulsgenerator  
CMOS Logik-Tester  
FM-Stereotuner

Elektronisches Stethoskop  
Roulette  
Ölthermometer  
Milli-Ohmmeter  
Tongenerator  
E 90 — Lautsprecherbox  
7,5 MHz — Oszilloskop  
Halb-intelligentes Tresorschloß  
Antennen-Matcher

# Zu diesem Heft sind Platinen-Folien erhältlich!

---

Wie für alle Elrad Hefte (ab 10/81), sowie für das Elrad-Special 5, gibt es auch für dieses Special-Heft den Elrad-Folien-Service. Für den Betrag von 8,— DM erhalten Sie vier Klarsichtfolien, auf denen sämtliche Platinen-Vorlagen aus diesem Heft abgedruckt sind. Die Folien sind zum direkten Kopieren auf Platinen-Basismaterial im Positiv-Verfahren geeignet. Überweisen Sie den Betrag von 8,— DM auf das Postscheckkonto 9305-308 (Postscheckamt Hannover). Auf dem linken Abschnitt der Zahlkarte finden Sie auf der Rückseite ein Feld „Für Mitteilungen an den Empfänger“. Dort tragen Sie bitte Ihren Namen und Ihre vollständige Adresse in Blockbuchstaben ein. Ferner vermerken Sie hier bitte die Bestellnummer z.B.: Folien Special 6 oder: Folien 10/81.

**Übrigens:** Alle Folien, also auch die von den laufenden Heften, sind sofort bei Erscheinen des Heftes erhältlich. Der Preis hierfür beträgt 3,— DM.

Viel Erfolg und noch mehr Spaß an Ihrem Hobby wünscht Ihnen Ihr

Elrad-Team

**Impressum:**

**Eirad**  
Magazin für Elektronik

Verlag Heinz Heise GmbH

Bissendorfer Straße 8, 3000 Hannover 61  
Postanschrift: Postfach 2746  
3000 Hannover 1  
Ruf (0511) 53520

Postscheckamt Hannover,  
Konto-Nr. 9305-308  
Kreissparkasse Hannover, Konto-Nr.  
000-019968 (BLZ 250 502 99)

**Herausgeber:** Christian Heise

**Chefredakteur:** Udo Wittig

**Redaktion:** P. Röbke, M. H. Kalsbach

**Redaktionsassistent:** L. Segner

**Abonnementsverwaltung, Bestellwesen:**  
D. Imken

**Anzeigen:**  
Anzeigenleiter: W. Probst  
Disposition: G. Donner

**Redaktion, Anzeigenverwaltung,**

**Abonnementsverwaltung:**

Verlag Heinz Heise GmbH  
Postfach 2746  
3000 Hannover 1  
Ruf (0511) 53520

**Layout und Herstellung:** Wolfgang Ulber

**Satz und Druck:** Hahn-Druckerei,  
Im Moore 17, 3000 Hannover 1  
Ruf (0511) 717001

**Vertrieb:**

Verlagsunion Zeitschriften-Vertrieb  
Postfach 5707  
D-6200 Wiesbaden  
Ruf (06121) \*2772

**Schweiz:**

Vertretung für Redaktion, Anzeigen und  
Vertrieb:  
Electronic Service  
Tivoli  
Postfach  
CH-8958 Spreitenbach  
Tel. 056/711833

**Österreich:**

Vertrieb:  
Pressegroßvertrieb Salzburg Ges.m.b.H.  
& Co. KG.  
A-5081 Salzburg-Anif  
Niederalm 300, Telefon (06246) 3721  
Telex 06-2759

**Verantwortlich:**

Textteil: Udo Wittig, Chefredakteur  
Anzeigenteil: W. Probst  
beide Hannover

Eine Haftung für die Richtigkeit der Veröffentlichungen kann trotz sorgfältiger Prüfung durch die Redaktion vom Herausgeber nicht übernommen werden. Die geltenden gesetzlichen und postalischen Bestimmungen bei Erwerb, Errichtung und Inbetriebnahme von Sende- und Empfangseinrichtungen sind zu beachten.

Sämtliche Veröffentlichungen in Eirad erfolgen ohne Berücksichtigung eines eventuellen Patentschutzes. Warennamen werden ohne Gewährleistung einer freien Verwendung benutzt.

Printed in Germany  
© Copyright 1982 by Verlag Heinz Heise  
GmbH

**ISSN 0173-7635**

**Titelfoto:** Fotocentrum Hannover, Manfred  
Zimmermann

# Inhalt

	Seite
Audio-Spektrum-Analysator . . . . .	3
Drum-Synthesiser . . . . .	11
Musiknetz-System . . . . .	17
AM-Fernsteuerung. . . . .	22
Gitarrenvorverstärker . . . . .	28
Brumm-Filter . . . . .	32
Schnellader . . . . .	34
OpAmp-Tester. . . . .	39
TB-Testgenerator. . . . .	41
Sustain Fuzz . . . . .	43
IC-Thermometer . . . . .	46
Rauschgenerator . . . . .	50
Drahtschleifenspiel . . . . .	52
Kompakt 81-Verstärker. . . . .	55
Stereo-Leistungsmesser . . . . .	65
Lautsprecherschutz-Schaltung. . . . .	68
Vocoder 1 . . . . .	71
Vocoder 2 . . . . .	79
FET-Voltmeter . . . . .	86
Impulsgenerator . . . . .	88
CMOS Logik-Tester. . . . .	92
FM-Stereotuner. . . . .	94
Elektronisches Stethoskop . . . . .	102
Roulette . . . . .	105
Ölthermometer . . . . .	109
Milli-Ohmmeter. . . . .	114
Tongenerator. . . . .	116
E90-Lautsprecherbox . . . . .	118
7,5 MHz-Oszilloskop . . . . .	122
Halb-intelligentes Tresorschloß . . . . .	134
Antennen-Matcher. . . . .	140

# elrad-Platinen

Elrad-Platinen sind aus Epoxid-Glashartgewebe, bei einem \* hinter der Bestell-Nr. jedoch aus HP-Material. Alle Platinen sind fertig gebohrt und mit Lötstick behandelt bzw. verzinkt. Normalerweise sind die Platinen mit einem Bestückungsaufdruck versehen, lediglich die mit einem „oB“ hinter der Bestell-Nr. gekennzeichneten haben keinen Bestückungsaufdruck. Zum Lieferumfang gehört nur die Platine. Die zugehörige Bauanleitung entnehmen Sie bitte den entsprechenden Elrad-Heften. Anhand der Bestell-Nr. können Sie das zugehörige Heft ermitteln: Die ersten beiden Ziffern geben den Monat an, die dritte Ziffer das Jahr. Die Ziffern hinter dem Bindestrich sind nur eine fortlaufende Nummer. Beispiel 099-91: Monat 09 (September, Jahr 79).

Mit Erscheinen dieser Preisliste verlieren alle früheren ihre Gültigkeit.

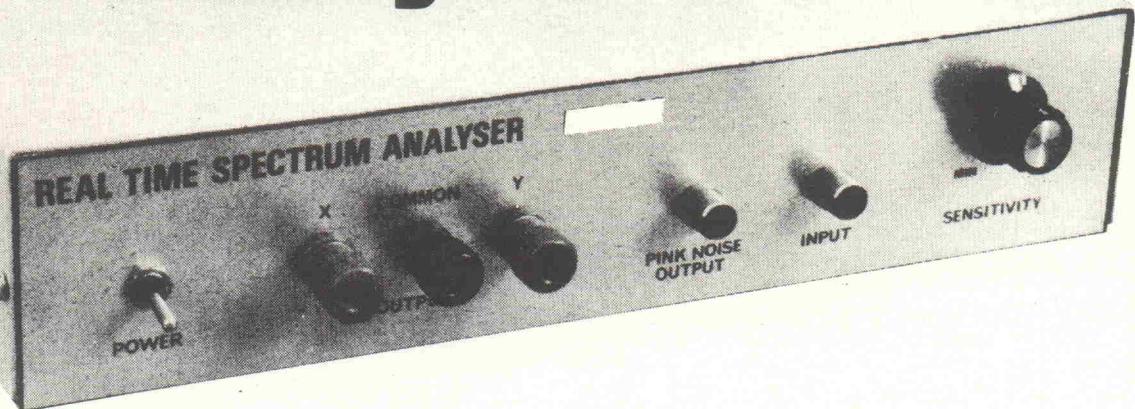
Platine	Best.-Nr.	Preis DM	Platine	Best.-Nr.	Preis DM	Platine	Best.-Nr.	Preis DM
Sound-Generator	019-62*	22,20	NF-Nachbrenner	020-115	4,95	Eier-Uhr	120-170*	4,00
Buzz-Board	128-60*oB	2,30	Digitale Türklingel	020-116*	6,80	Musiknetz-System (Satz)	120-171	18,80
Dia-Tonband Taktgeber	019-63*	7,70	Elbot Logik	030-117	20,50	Weinatemperatur-Meßgerät	120-172*	4,20
Kabel-Tester	019-64*	8,80	VFO	030-118	4,95	Entzerrer Vorverstärker	120-173*	4,60
Elektronische Gießkanne	029-65*	4,60	Rausch- und Rumpelfilter	030-119*	3,90	AM-Fernsteuerung (Satz)	011-174	10,40
NF-Begrenzer-Verstärker	029-66*	4,40	Parkzeit-Timer	030-120*	2,30	Gitarrenvorverstärker	011-175	21,40
Strom-Spannungs-Meßgerät	029-67*	12,85	Fernschreiber Interface	030-121	10,80	Brumm-Filter	011-176*	5,50
500-Sekunden-Timer	128-60*oB	2,30	Signal-Verfolger	030-122*	13,25	Batterie-Ladegerät	011-177	9,70
Drehzahlmesser für Modellflugzeuge	039-68	15,20	Elbot Licht/Schall/Draht	040-123	12,15	Schnellader	021-179	12,00
Folge-Blitz	039-69*	3,90	Kurzzeit-Wecker	040-124	2,60	OpAmp-Tester	021-180*	2,00
UxI Leistungsmeßgerät	039-70	21,20	Windgenerator	040-125	4,10	Spannungs-Prüfstift	021-181*	2,20
Temperatur-Alarm	128-60*oB	2,30	60 W PA Impedanzwandler	040-126	3,70	TB-Testgenerator	021-182*	4,30
C-Meßgerät	049-71*	4,25	Elbot Schleifengenerator	050-127*	5,60	Zweitongenerator	021-183	8,60
2m PA, V-Fet	068-33oB	2,40	Baby-Alarm	050-128*	4,30	Bodentester	021-184*	4,00
Sensor-Orgel	049-72oB	30,70	HF-Clipper	050-129	7,80	Regenalarm	021-185*	2,00
2x200 W PA Endstufe	059-73	20,70	Ton-Burst-Schalter	050-130*	4,60	Lautsprecher-Rotor (Satz)	031-186*	29,90
2x200 W PA Netzteil	059-74	12,20	EPROM-Programmiergerät	050-131	8,90	Sustain-Fuzz	031-187	6,70
2x200 W PA Vorverstärker	059-75*	4,40	AM-Empfänger	050-132*	3,40	Drahtschleifenspiel	031-188*	7,30
Stromversorgungen 2x15 V	059-76	6,80	Digitale Stimmablage	060-133	3,70	Rauschgenerator	031-189*	2,80
723-Spannungsregler	059-77	12,60	LED Drehzahlmesser	060-134*	5,20	IC-Thermometer	031-190*	2,80
DC-DC Power Wandler	059-78	12,40	Auto-Voltmeter	060-135*	3,00	Compact 81-Verstärker	041-191	23,30
Sprachkompressor	059-80*	5,00	Ringmodulator	060-136*	3,95	Blitzauslöser	041-192*	4,60
Licht-Orgel	069-81oB	45,00	Eichspannungs-Quelle	060-137	3,75	Karrierespel	041-193*	5,40
Mischpult-System-Modul	069-82*	7,40	Lin/Log Wandler	060-138	10,50	Lautsprecherschutzschaltung	041-194*	7,80
NF-Rauschgenerator	069-83*	3,70	Glücksrad	060-139*	4,85	Vocoder I (Anregungsplatine)	051-195	17,60
NiCad-Ladegerät	079-84	21,40	Pulsmesser	070-140	6,60	Stereo-Leistungsmesser	051-196*	6,50
Gas-Wächter	079-85*	4,70	EMG	070-141	13,95	FET-Voltmeter	051-197*	2,60
Klick Eliminator	079-86	27,90	Selbstbau-Laser	070-142	12,00	Impulsgenerator	051-198	13,30
Telefon-Zusatz-Wecker	079-87*	4,30	Reflexempfänger	070-143*	2,60	Modellbahn-Signalhupe	051-199*	2,90
Elektronisches Hygrometer	089-88	7,40	Auto-Alarmanlage (Satz)	070-144*	7,80	FM-Tuner (Suchlaufplatine)	061-200	6,60
Aktive Antenne	089-89	5,40	Leitungssuchgerät	070-145*	2,20	FM-Tuner (Pegelanzeige-Satz)	061-201*	9,50
Sensor-Schalter	089-90	5,80	Gitarrenübungs-Verstärker	080-146	19,60	FM-Tuner (Frequenzskala)	061-202*	6,90
SSB-Transceiver	099-91oB	17,20	Wasserstands-Alarm	080-147*	2,60	FM-Tuner (Netzteil)	061-203*	4,00
Gitarrenteileffekt-Gerät	099-92*	4,40	80m SSB Empfänger	080-148	9,40	FM-Tuner (Vorwahl-Platine)	061-204*	4,20
Kopfhörer-Verstärker	099-93*	7,90	Servo-Tester	080-149*	3,20	FM-Tuner (Feldstärke-Platine)	061-205*	4,60
NF-Modul 60 W PA	109-94	11,10	IR 60 Netzteil	090-150	6,20	Logik-Tester	061-206*	4,50
Auto-Akku-Ladegerät	109-95*	5,10	IR 60 Empfänger	090-151	6,50	Stethoskop	061-207*	5,60
NF-Modul Vorverstärker	119-96	33,40	IR 60 Vorverstärker	090-152	6,20	Roulette (Satz)	061-208*	12,90
Universal-Zähler (Satz)	119-97	11,20	Fahrstrom-Regler	090-153	4,10	Schalldruck-Meßgerät	071-209	11,30
EPROM-Programmierer (Satz)	119-98	31,70	Netzsimulator	090-154	3,70	FM-Stereotuner		
Elektr. Zündschlüssel	119-99*	4,20	Passionsmeter	090-155*	12,90	(Ratio-Mitte-Anzeige)	071-210*	3,60
Dual-Hex-Wandler	119-100*	12,20	Antennenrichtungsanzeige	090-156	16,00	Gitarren-Tremolo	071-211*	7,00
Stereo-Verstärker Netzteil	129-101	10,40	(Satz)			Milli-Ohmmeter	071-212	5,90
Zähler-Vorverstärker 10 MHz	129-102	2,70	300 W PA	100-157	16,90	Ölthermometer	071-213*	3,30
Zähler-Vorteiler 500 MHz	129-103	4,10	Aussteuerungs-Meßgerät	100-158*	6,20	Power MOSFET	081-214	14,40
Preselektor SSB Transceiver	129-104	4,10	RC-Wächter (Satz)	100-159	13,50	Tongenerator	081-215*	3,60
Mini-Phasen	129-105*	10,60	Choraliser	100-160	42,70	Oszilloskop (Hauptplatine)	091-217	13,30
Audio Lichtspiel (Satz)	129-106*	47,60	IR 60 Sender (Satz)	100-161	12,30	Oszilloskop		
Moving-Coil VV	010-107	16,50	Lineares Ohmmeter	100-162	3,70	(Spannungsteiler-Platine)	091-218	3,60
Quarz-AFSK	010-108	22,00	Nebelhorn	100-163*	2,60	Oszilloskop		
Licht-Telefon	010-109*	5,80	Metallsuchergerät	110-164*	4,40	(Vorverstärker-Platine)	091-219	2,60
Warmblitzlampe	010-110*	3,70	4-Wege-Box	110-165	25,90	Oszilloskop		
Verbrauchsanzeige (Satz)	020-111	9,30	80m SSB-Sender	110-166	17,40	(Stromversorgungs-Platine)	101-220	6,70
Ereignis-Zähler (Satz)	020-112*	4,70	Regelbares Netzteil	110-167*	5,40	Tresorschloß (Satz)	111-221*	20,10
Elektr. Frequenzweiche	020-113*	10,90	Schienen-Reiniger	110-168*	3,40	pH-Meter	121-222	6,00
Quarz-Thermostat	020-114*	4,60	Drum-Synthesizer	120-169*	9,00	4-Kanal-Mixer	121-223*	4,20

Eine Liste der hier nicht mehr aufgeführten älteren Platinen kann gegen Freiumschlag angefordert werden.

**Elrad Versand Postfach 2746 · 3000 Hannover 1**

Die Platinen sind im Fachhandel erhältlich. Die angegebenen Preise sind unverbindliche Preisempfehlungen. Der Elrad-Versand liefert zu diesen Preisen per Nachnahme (plus 3,— Versandkosten) oder beiliegenden Verrechnungsscheck (plus 1,40 Versandkosten).

# Audio-Spektrum-Analysator



— Mit diesem handlichen Gerät ist ein genauer Abgleich von elektrischen Systemen zur Verbesserung der Raumakustik möglich —

Der Spektrumanalysator kann ein wertvolles Hilfsmittel sein, wenn eine elektroakustische Anlage mit einem Graphic Equaliser an die gegebene Raumakustik angepaßt werden soll. Er kann aber ebenso zur Darstellung des Spektrums fast beliebiger Zeitsignale benutzt werden.

Zur raumakustischen Geräteanpassung wird rosa Rauschen über einen Leistungsverstärker und Lautsprecher in den Raum abgestrahlt.

Mit einem Mikrophon wird das sich im Raum ausbildende Signal aufgenommen, evtl. verstärkt und dann dem Eingang des Analysators zugeführt.

Nun wird der Frequenzgang der elektroakustischen Anlage mit dem Graphic Equaliser so verändert, daß (hoffentlich) der Analysator einen flachen Frequenzgang anzeigt.

Eine spektrale Signalanalyse kann prinzipiell nach zwei Methoden durchgeführt werden.

Zum einen besteht die Möglichkeit, mit durchstimmbaren Filtern den interessierenden Frequenzbereich zu überstreichen. Das Ausgangssignal des Filters ist, dargestellt auf dem Oszilloskop, die Amplitudenverteilung des Eingangssignales über der Frequenz.

Dieses Verfahren funktioniert für statioäre Eingangssignale sehr gut, liefert allerdings keine Realzeitanalyse, da in diesem Fall die Bedingung

$$T_A \leq T_E$$

mit  $T_A$  = Analysierzeit und  $T_E$  = Einschwingzeit des Analysierfilters

nicht erfüllt ist.

Wenn z. B. gerade bei einer anderen als der momentanen Analysierfrequenz des durchstimmbaren Filters kurzzeitig ein Signal auftritt, so wird es bei dieser Art von Analyse nicht festgestellt.

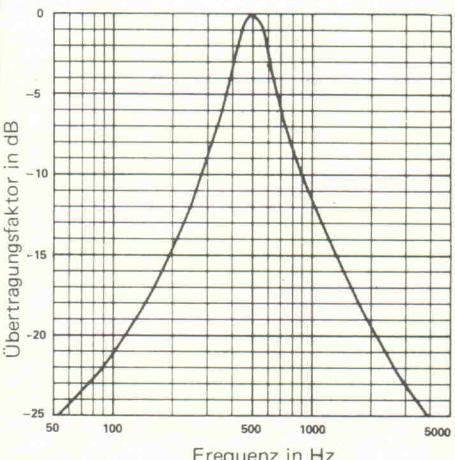
Eine weitere Methode der Frequenzanalyse besteht darin, das Gesamtspektrum in Bänder aufzuteilen. Dazu werden mehrere Bandpaßfilter (10 in dieser Schaltung) parallel geschaltet, und das Signal wird allen Filtern gleichzeitig zugeführt. So wird eine Realzeitanalyse möglich.

Die Ausgangssignale der Filter werden anschließend gleichgerichtet und können dann auf einem Oszilloskop oder in LED-Zeilen dargestellt werden.

Der für den Analysator erforderliche Filtertyp wird durch die Anzahl der zu analysierenden Frequenzbänder und durch den gewünschten Dynamikbereich am Ausgang des Analysators festgelegt.

Für das hier beschriebene Gerät wird ein Dynamikbereich von nur 20 dB angenommen, so daß zum Aufbau der Filter einfache LC-Netzwerke ausreichen.

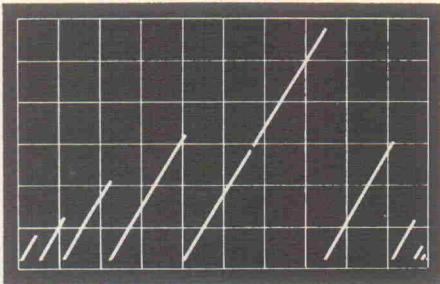
Für eine andere, hier wegen des Aufwandes nicht beschriebene Schaltung wurden die Bandpässe durch 6polige Hochpaßfilter mit darauffolgenden 6poligen Tiefpaßfiltern aufgebaut, die für  $\pm 1/2$  Oktave eine konstante Übertragungsfunktion ( $\pm 1$  dB) aufweisen. Allerdings werden in



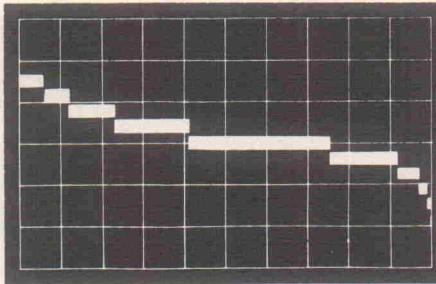
Der Frequenzgang des 500Hz-Filters. Alle anderen Filter haben gleiches Übertragungsverhalten.

## Daten

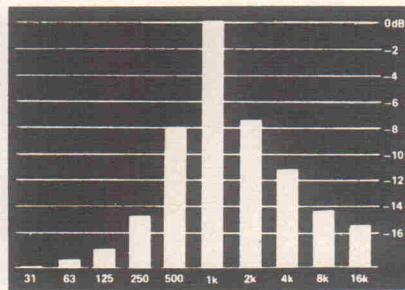
<b>Anzahl der Frequenzbänder</b>	10
<b>Frequenzen</b>	31, 63, 125, 250, 500, 1k, 2k, 4k, 8k, 16k
<b>Filtercharakteristik</b>	-12dB, eine Oktave von der Nominal-Mittenfrequenz
<b>Darstellung</b>	Oszilloskop in XY-Betrieb
<b>Eingangsempfindlichkeit</b>	50mV – 10V
<b>Eingangsimpedanz</b>	200k
<b>Ausgang „Rosa Rauschen“</b>	200mV
<b>X Ausgang</b>	ca. $\pm -4$ V
<b>Y Ausgang</b>	0V bis 10V



(a) Signalform am Y-Ausgang (1 kHz-Eingangs-signal). XY-Darstellung siehe (c). Man beachte, daß die Zeit zwischen den Zyklen von der Höhe des Y-Signals abhängt.



(b) Signalverlauf am X-Ausgang. Da er bei +4 V beginnt, wird die 16 kHz-Oktave zuerst dargestellt. Beachten Sie, daß die Zeiten von einem Spannungssprung zum nächsten mit denen in (a) übereinstimmen.



(c) XY-Darstellung.

## Wie funktioniert's?

Zur Erklärung der Funktionsweise des Analysators ist eine Unterteilung der Gesamtschaltung in acht Sektionen sinnvoll:

1. Eingangsverstärker
2. Zehn Bandfilter mit nachfolgenden Gleichrichtern
3. Analog 10-Wegeschalter mit dekadischem Zähler
4. Treppenspannungsgenerator (X-Ausgang)
5. Logarithmierer
6. Rampengenerator mit Komparator (Y-Ausgang)
7. Rauschgenerator („Rosa“ Rauschen)
8. Netzteil.

### Zu 1.

Der Eingangsverstärker besitzt eine durch  $R_1$  festgelegte Eingangsimpedanz von 220 kOhm und eine Verstärkung von 101 ( $(R_3 + R_2)/R_2$ ).

Das Ausgangssignal steuert alle 10 Filter parallel an. Deswegen wird zur Erhöhung der Belastbarkeit des Ausganges eine aus Q1 und Q2 gebildete Transistorendstufe verwendet.

### Zu 2.

Die zehn Filter/Gleichrichter sind bis auf die Werte der frequenzbestimmenden Bauteile und einen zusätzlichen Widerstand in den 3 unteren Frequenzbändern zur Erzeugung einer Vorspannung für die dort verwendeten Tantalkondensatoren völlig identisch.

Die Filter bestehen aus einem parallelen LC-Netzwerk, dem ein Widerstand in Reihe geschaltet ist. Auf diese Weise ergibt sich eine Bandpaßcharakteristik.

Da als Luftspulen ausgeführte Induktivitäten mit hohen Werten sehr kostspielig sind, haben wir sie elektronisch mit Hilfe eines Operationsverstärkers, eines Kondensators und zweier Widerstände erzeugt. Die entsprechende Schaltung und die Formel zur Bestimmung der resultierenden Induktivität ist im folgenden angegeben.

Der Frequenzgang der Bandpässe ist in Fig. 1 dargestellt. Zur Gleichrichtung des gefilterten Signals wird eine Einweg-Gleichrichterschaltung verwendet, deren Verstärkung zwischen 4 und 12 einstellbar ist.

Um während der negativen Halbwellen den Operationsverstärker im linearen Übertragungsbereich halten zu können, wird er über eine Diode zwischen dem

Ausgang und Anschluß 2 gegengekoppelt. Das ermöglicht den Betrieb der Gleichrichterschaltung bis zum höchsten Frequenzband mit einer Mittelfrequenz von 16 kHz.

### Zu 3.

Die Analogschalter IC23/1 – IC25/2 werden durch IC22 gesteuert.

IC22 ist ein Dekadenzähler mit 10 dekodierten Ausgängen, von denen jeweils nur einer für die Dauer eines Taktes auf hohem Potential (H) liegt. Da der Analogschalter ein „H“ benötigt, um durchzuschalten, wird stets nur einer zur gleichen Zeit angesteuert.

### Zu 4.

Der Ausgang des Dekadenzählers steuert auch den Treppenspannungsgenerator IC28. Dieser besitzt ein aus den Widerständen  $R_{58}$ – $R_{72}$  gebildetes Bewertungsnetzwerk zur Erzeugung gleichmäßiger Spannungsstufen von ca. 0,9 V.

Der Widerstand  $R_{89}$  legt den Vorstrom so fest, daß der Ausgang des IC28 bei einem Spannungsniveau von +4 V beginnt, dann in 0,9 V-Stufen bis auf ungefähr -4,2 V herunterschaltet und anschließend wieder bei +4 V mit einem neuen Zyklus beginnt. Die Ausgangsspannung des IC28 wird zur Steuerung der X-Ablenkung des Oszilloskopographen benutzt.

Um den vertikalen Linien eine gewisse Breite zu geben, wird der Eingang des IC28 zusätzlich mit einem 300 kHz Signal angesteuert, das in dem aus IC29/1 und IC29/2 gebildeten Oszillator erzeugt wird.

Bevor das Signal über  $R_{91}$  auf den Eingang des IC28 gelangt, wird es durch  $R_{90}$  und  $C_{69}$  gefiltert.

### Zu 5.

Die Ausgänge der Analogschalter sind mit einem Widerstands-Diodennetzwerk (D21–D26,  $R_{73}$ – $R_{77}$ ) verbunden, das eine Logarithmierung der gleichgerichteten Bandpaßsignale durchführt. Die hier verwendete Methode ist einfach, benötigt keinen Abgleich und reicht für die an diese Schaltung gestellten Anforderungen völlig aus. Die im Netzwerk auftretenden Verluste werden durch einen nachfolgenden Verstärker (IC26) mit einer Verstärkung von 3 wieder ausgeglichen.

### Zu 6.

Der Rampengenerator wird aus einer Konstantstromquelle ( $12\mu A$ ) und dem Kondensator  $C_{71}$  gebildet.

IC25/3 steuert die Stromquelle, und der Kondensator  $C_{71}$  wird durch IC25/4 entladen.

Die Ausgangsspannung des Logarithmierers liegt im Bereich von 0 V bis +10 V und wird an IC30 mit der Rampenspannung verglichen. Der Ausgang des Komparators steuert den aus IC29/3 und IC29/4 aufgebauten Oszillator.

Wenn die Rampenspannung die Höhe der Spannung am Ausgang des IC26 erreicht, springt der Ausgang des IC30 auf „H“, und der Oszillator schwingt an. In diesem Moment wird  $C_{71}$  entladen und die Stromquelle abgeschaltet, so daß der Ausgang von IC 30 nach ca.  $2\mu s$  wieder auf „L“ springt.

Die Diode D27 ermöglicht einen monostabilen Betrieb des Oszillators mit einer Einschaltzeit von ungefähr  $6\mu s$ , so daß  $C_{71}$  vollständig entladen werden kann.

IC29/4 steuert außerdem IC22, der wiederum den nächstfolgenden Analogschalter und damit das nächste Frequenzband ansteuert.

Bleibt der Ausgang des IC26 immer negativ, so daß  $C_{71}$  nicht unter diese Spannung entladen werden kann, arbeiten IC29/3 und IC29/4 als freilaufender Oszillator mit einer Frequenz von ungefähr 100 kHz. Dadurch wird IC22 solange weitergeschaltet, bis ein Eingang mit einer höheren Eingangsspannung gefunden wird. Das verhindert ein Sperren der Schaltung, wenn alle Offsetspannungen der OPs sich in die falsche Richtung bewegen.

### Zu 7.

Der Transistor Q3 erhält eine verpolte Vorspannung, so daß er als Zenerdiode arbeitet und weißes Rauschen erzeugt. Am Kollektor von Q4, der das Rauschen verstärkt, tritt ein Signal von ungefähr 200 mV auf.

Nun besitzt weißes Rauschen pro konstanter Bandbreite gleichen Energieinhalt. Was wir benötigen, ist aber ein Rauschen mit gleichem Energieinhalt pro Oktave (Oktaven besitzen relativ konstante Bandbreiten). Dazu muß das weiße Rauschen in einem Filter mit 3dB Abfall/Oktave in rosa Rauschen verwandelt werden. Das wird mit IC27 und seinem RC-Netzwerk erreicht.

### Zu 8.

Das Netzteil enthält integrierte Spannungsregler, um konstante Versorgungsspannungen zur Verfügung stellen zu können.

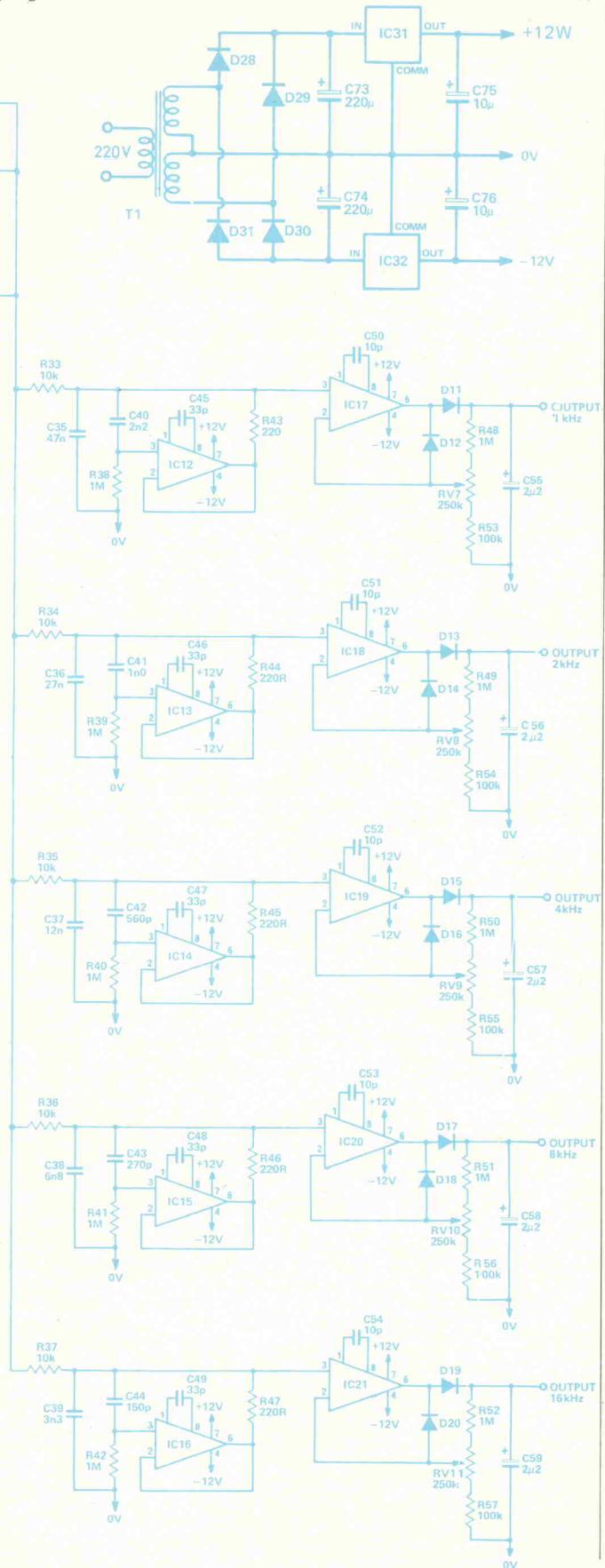
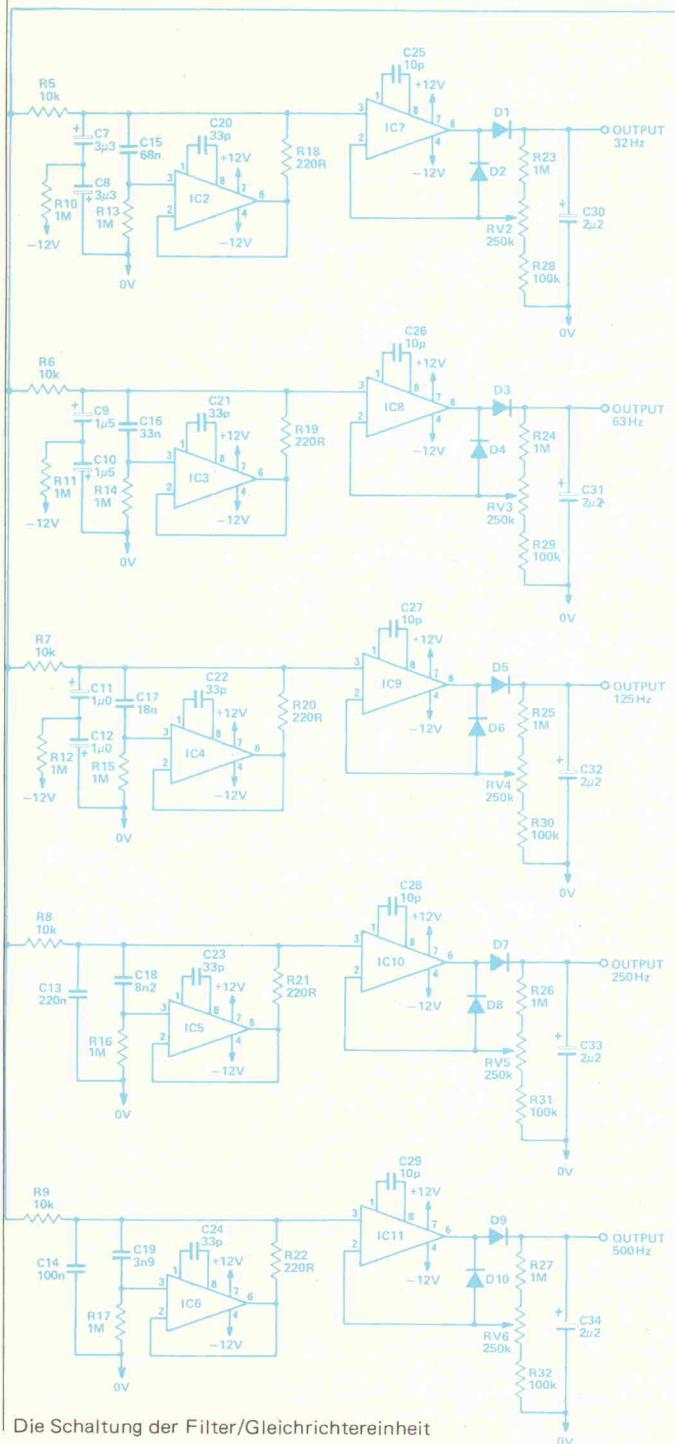
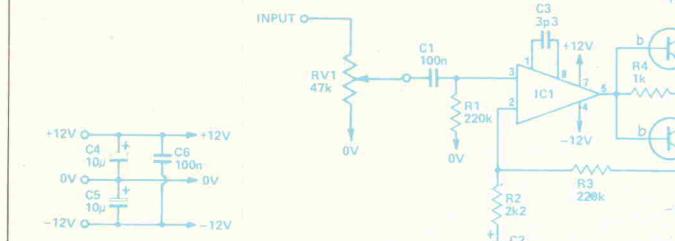
dieser Bauart 6 Operationsverstärker und zweiprozentige Kondensatoren für jedes Filter benötigt!

Wenn eine ausreichende Nachfrage hierfür auftreten sollte, werden wir eine LED-Version dieser Schaltung veröffentlicht.

## Aufbau

Da die Gesamtschaltung des Gerätes recht umfangreich ist, haben wir zum Aufbau gedruckte Platten verwendet. Die Be-stückung der Platten geht aus den Bildern zur Bauteilebelegung hervor.

Achten Sie darauf, daß alle ICs, Dioden, Kondensatoren usw. richtig herum eingelötet werden. Wenn die Platinen nicht durchkontaktiert ist (beidseitige Leiterbahnführung), müssen die entsprechenden Leiterbahnen auf der Oberseite der Pla-



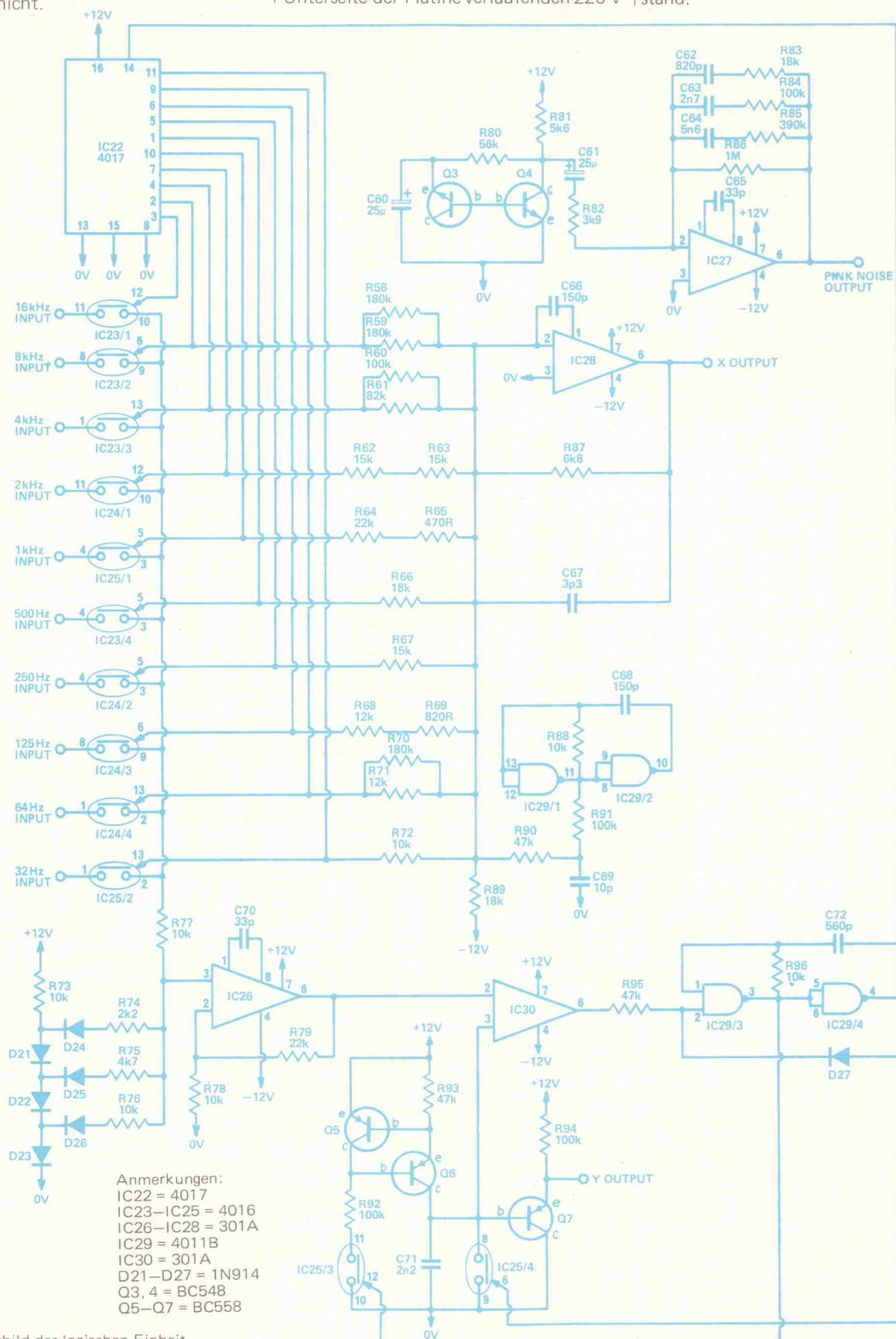
Die Schaltung der Filter/Gleichrichtereinheit

tine ebenfalls mit den Bauelementen verlötet werden.

Deshalb können in dieser Schaltung auch keine IC-Fassungen verwendet werden. Ihre Verwendung lohnt sich angesichts der niedrigen Preise der hier verwendeten ICs auch nicht.

Gehen Sie bitte mit der Netzteil/Logik-Platine (487A) sehr vorsichtig um, da sie an die Netzspannung angeschlossen wird. Es ist empfehlenswert, diese Verbindungen ohne Platinenstifte direkt mit den Leiterbahnen zu verlöten. Die auf der Unterseite der Platine verlaufenden 220 V-

Leiterbahnen sollten vorsichtshalber mit einem Epoxidkleber bedeckt werden, um Berührungen von vornherein zu vermeiden. Wir haben für die ganze Einheit ein selbstgebautes Gehäuse verwendet, da uns gerade kein kommerzielles zur Verfügung stand.



Das Schaltbild der logischen Einheit.

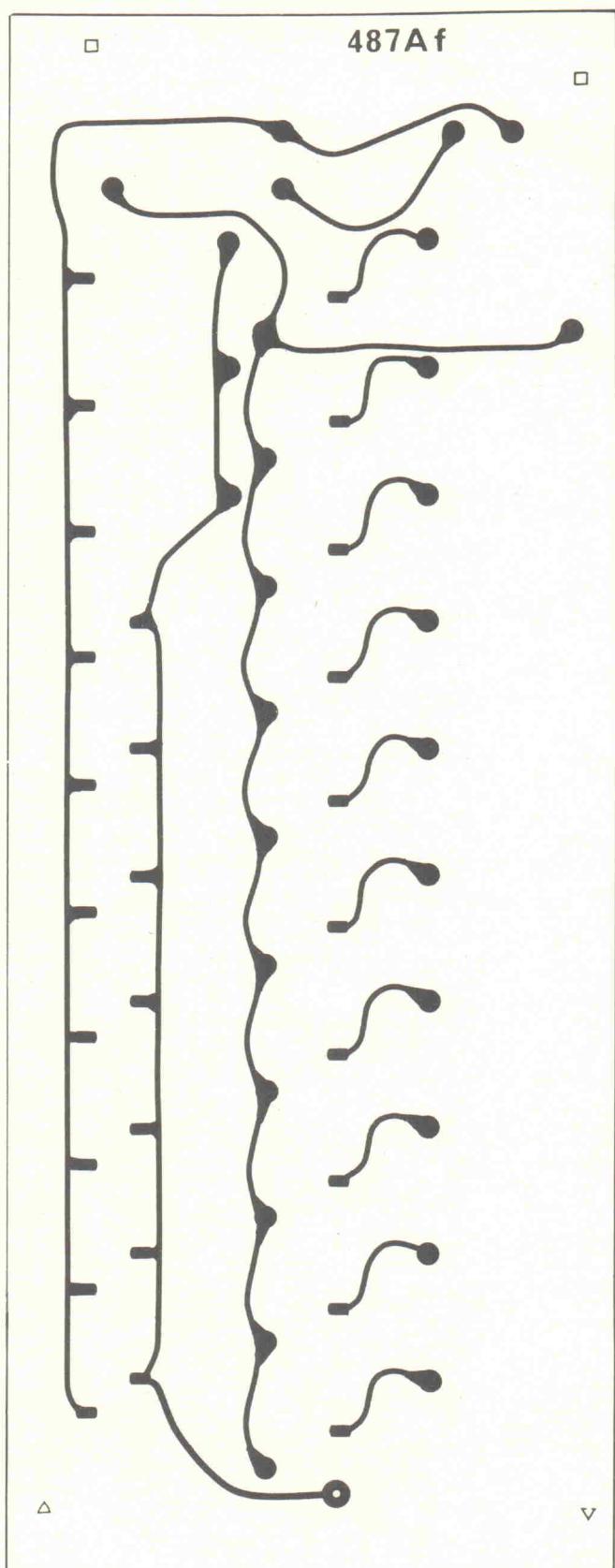
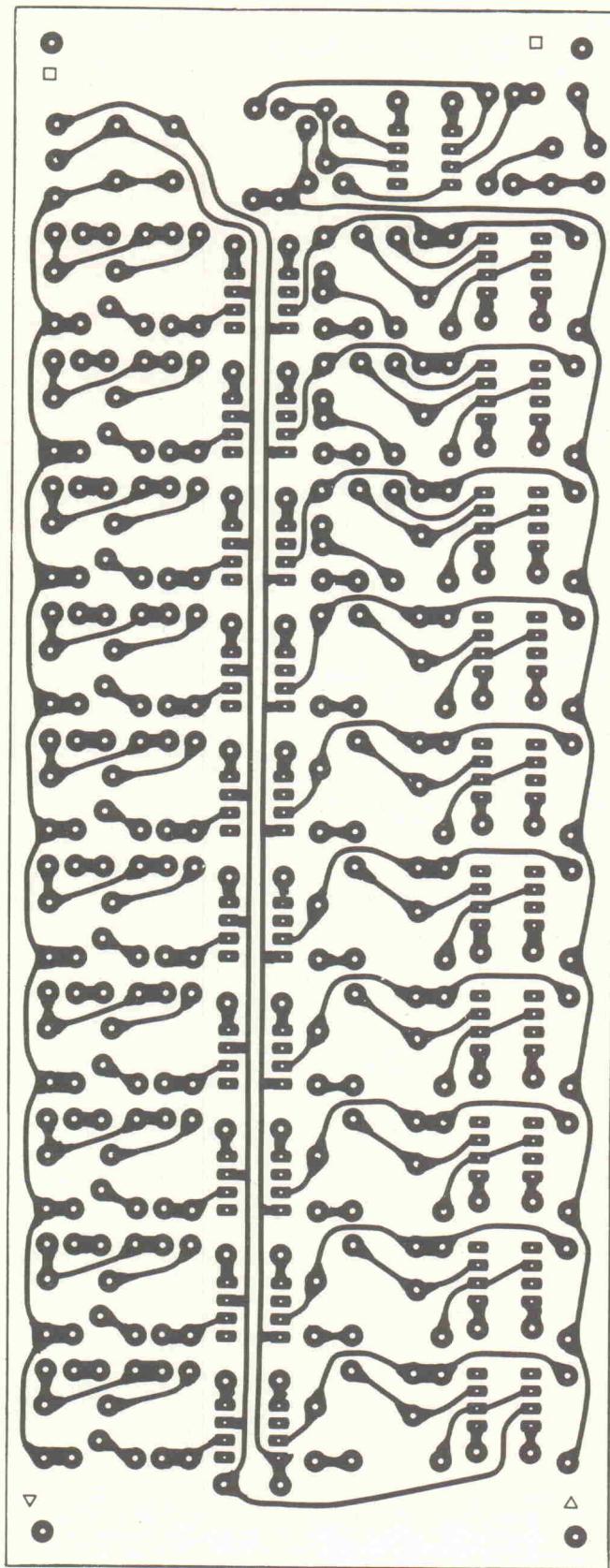
## Abgleich

Der Abgleich kann entweder mit dem eingebauten Rauschgenerator oder besser mit einem Sinusgenerator durchgeführt werden.

Dazu wird der Analysator mit einem Oszilloskop verbunden, der auf XY-Betrieb eingestellt ist.

Dem eingeschalteten Gerät wird ein Eingangssignal zugeführt und die X-Verstär-

kung und Position so eingestellt, daß auf dem Schirm eine Folge von 10 vertikalen Balken zu sehen ist. Nun wird die Eingangsspannung vergrößert, bis die Höhe der Balken nicht mehr zunimmt. Dabei werden Y-Verstärkung



Hier sind beide Seiten der Filter/Gleichrichter-Platine in voller Größe dargestellt.

und Position am Oszilloskop so eingestellt, daß die ganze Höhe des Schirmes ausgefüllt ist. Achten Sie darauf, daß der Oszilloskop gleichspannungsgekoppelt ist.

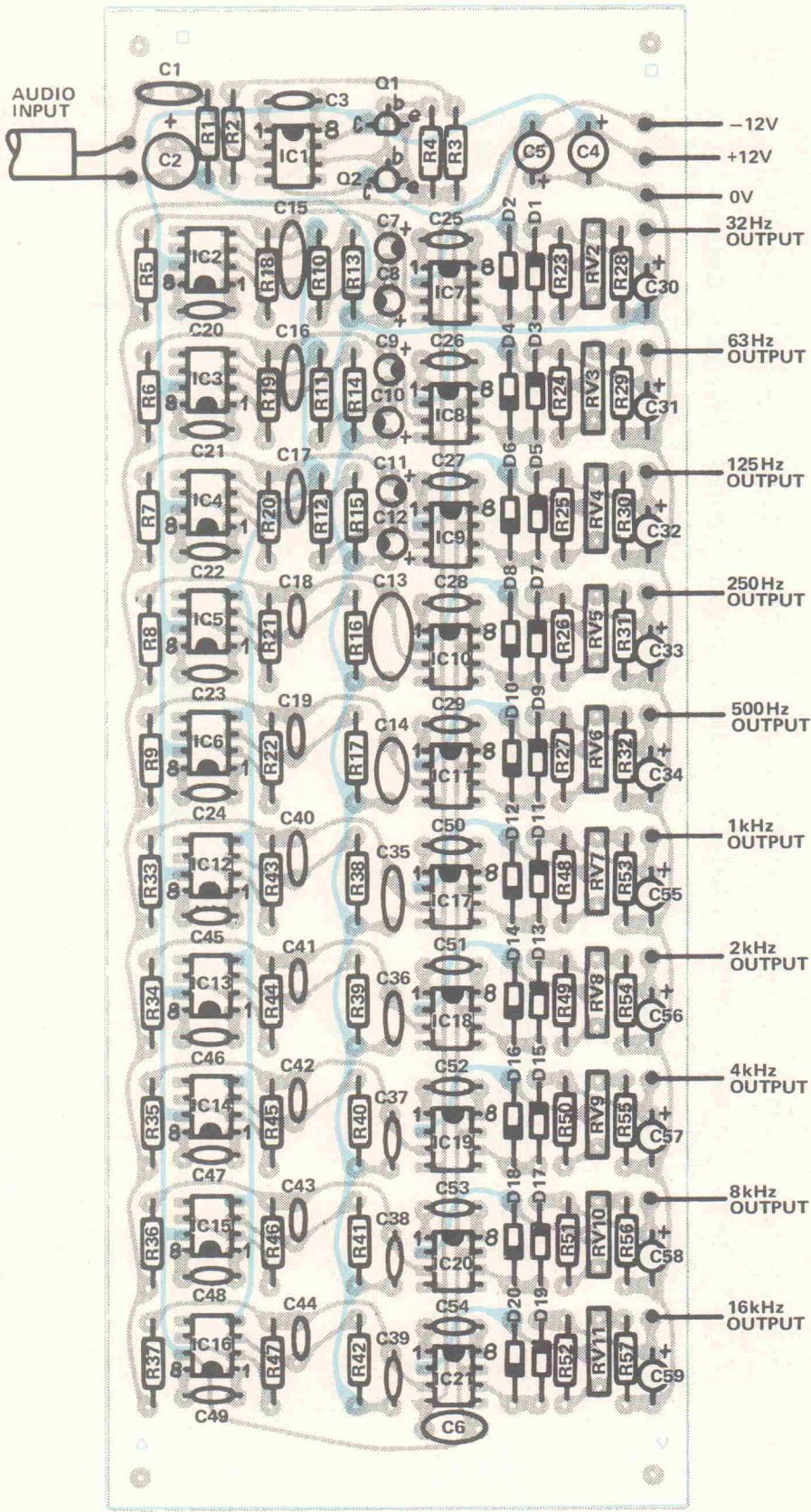
Wird nun der Signalgenerator über den Analysierfrequenzbereich durchgestimmt,

wächst jeder Balken nacheinander einmal stark an.

Jetzt stellen Sie den Generator so ein, daß der Balken der 16 kHz-Oktave maximale Höhe erreicht. Dann wird RV 11 auf ca. 3/4 seiner Endstellung (Schleifer in Rich-

tung RV 10) gebracht und der Summenempfindlichkeitsregler so eingestellt, daß die Balkenhöhe das 0,8fache der Schirmhöhe beträgt.

Bei gleicher Ausgangsamplitude des Signalgenerators wird dessen Frequenz so eingestellt, daß der 8 kHz-Balken maximale



Die Bauteilebelegung der Filter/Gleichrichterplatine.

### Stückliste

Widerstände  
(alle 1/2 W, 5%)

R1	220k
R2	2k2
R3	220k
R4	1k
R5—R9	10k
R10—R17	1M
R18—R22	220R
R23—R27	1M
R28—R32	100k
R33—R37	10k
R38—R42	1M
R43—R47	220R
R48—R52	1M
R53—R57	100k
R58, 59	180k
R60	100k
R61	82k
R62, 63	15k
R64	22k
R65	470R
R66	18k
R67	15k
R68	12k
R69	820R
R70	180k
R71	12k
R72, 73	10k
R74	2k2
R75	4k7
R76—R78	10k
R79	22k
R80	56k
R81	5k6
R82	3k9
R83	18k
R84	100k
R85	390k
R86	1M
R87	6k8
R88	10k
R89	18k
R90	47k
R91, 92	100k
R93	47k
R94	100k
R95	47k
R96	10k

Potentiometer

RV1	47k log
RV2—RV11	250k Trimm-Pot.

Kondensatoren

C1	100n Polyester
C2	10μ/25V Elko
C3	3p3 ker.
C4, 5	10μ/25V Elko

Höhe erreicht. Anschließend wird er mit RV 10 auf die gleiche Höhe gebracht wie in der 16 kHz-Oktave.

Jedes der Filter wird nun auf die gleiche Weise abgeglichen.

C6	100n Polyester
C7, 8	3μ3/16V Tantal
C9, 10	1μ5/16V Tantal
C11, 12	1μ0/16V Tantal
C13	220n Polyester
C14	100n Polyester
C15	68n Polyester
C16	33n Polyester
C17	18n Polyester
C18	8n2 Polyester
C19	3n9 Polyester
C20–C24	33p ker.
C25–C29	10p ker.
C30–C34	2μ2/25V Elko
C35	47n Polyester
C36	27n Polyester
C37	12n Polyester
C38	6n8 Polyester
C39	3n3 Polyester
C40	2n2 Polyester
C41	1n0 Polyester
C42	560p ker.
C43	270p ker.
C44	150p ker.
C45–C49	33p ker.
C50–C54	10p ker.
C55–C59	2μ2/16V Elko
C60, 61	25μ/16V Elko
C62	820p ker.
C63	2n7 Polyester
C64	5n6 Polyester
C65	33p ker.
C66	150p ker.
C67	3p3 ker.
C68	150p ker.
C69	10p ker.
C70	33p ker.
C71	2n2 Polyester
C72	560p ker.
C73, 74	220μ/25V Elko
C75, 76	10μ/25V Elko

Halbleiter	
IC1–IC21	LM301A
IC22	4017 (CMOS)
IC23–IC25	4016 (CMOS)
IC26–IC28	LM301A
IC29	4011B (CMOS)
IC30	LM301A
IC31	7812
IC32	7912
Q1	BC548
Q2	BC558
Q3, 4	BC548
Q5–Q7	BC558
D1–D27	1N914
D28–D31	1N4001

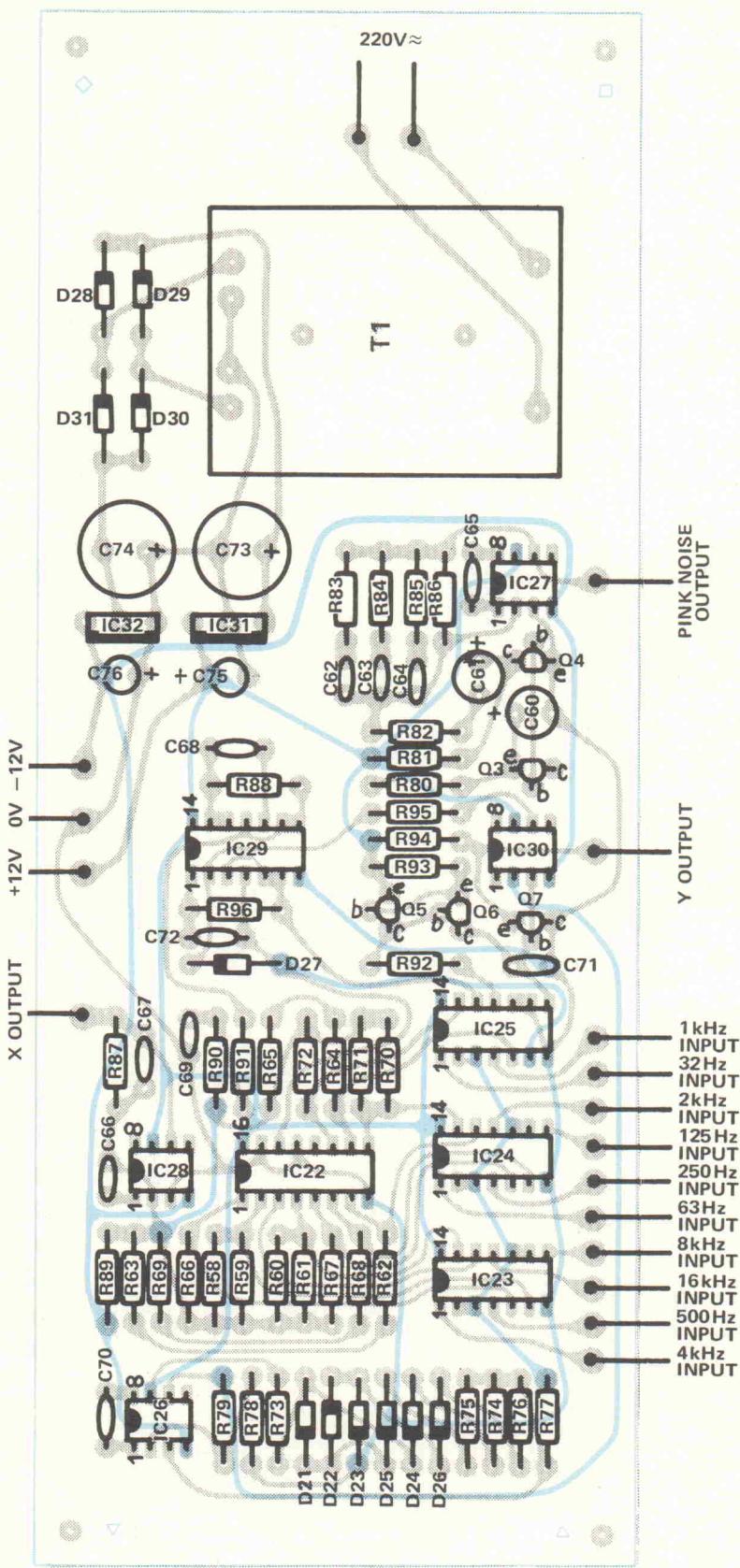
Trafo 12-0-12V, 5VA

Beachten Sie, daß die auftretenden Mittenfrequenzen aufgrund von Bauteiletoleranzen nicht immer ganz genau mit den Nominalfrequenzen übereinstimmen.

Da das 16 kHz-Filter die größten Verluste

aufweist, wurde es auf nahezu maximale Verstärkung abgeglichen.

Wird das „Rosa-Rauschen“ an den Eingang des Analysators gelegt, sollten nach dem Abgleich alle Balken ungefähr gleiche

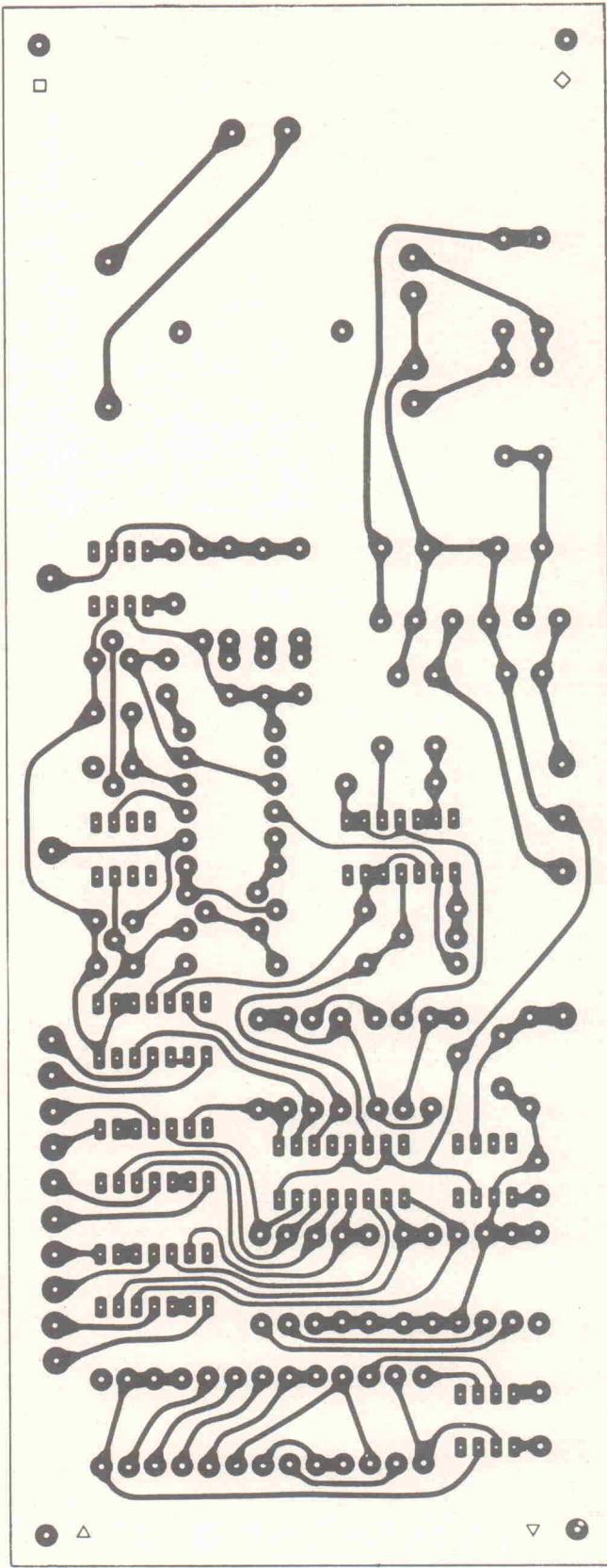
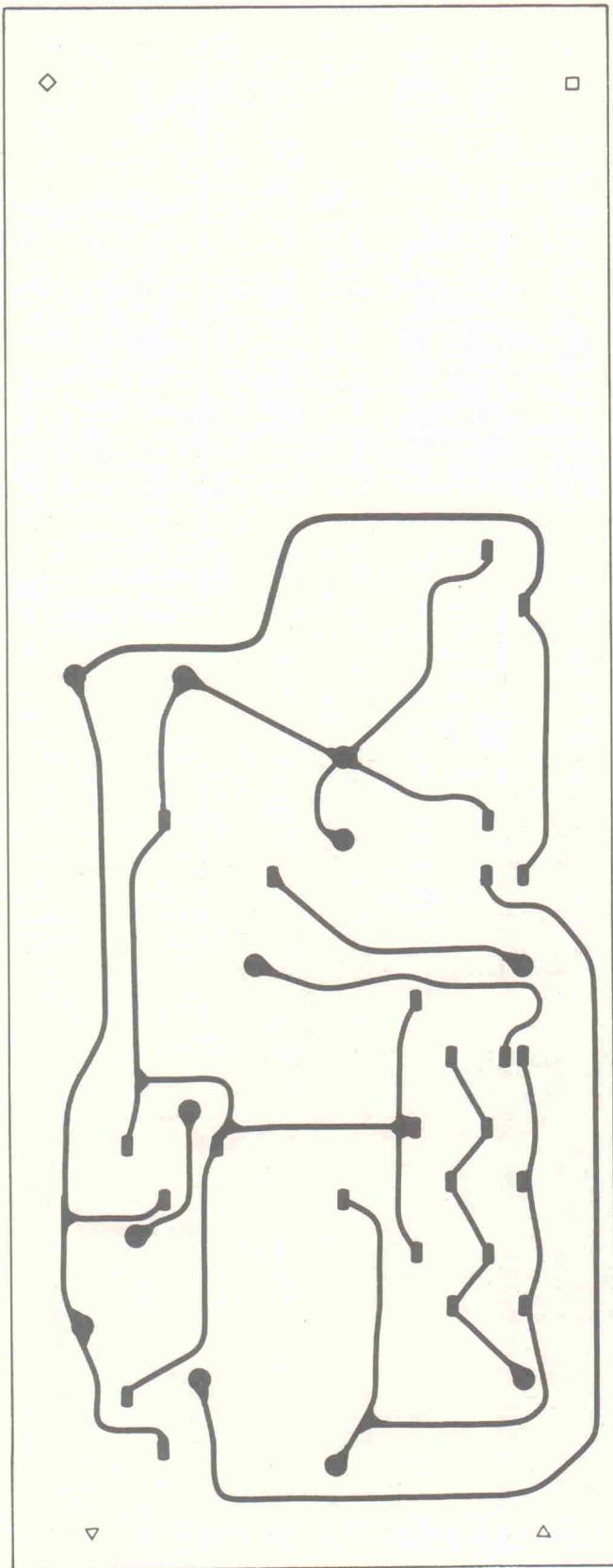


Die Bauteilebelegung der Netzteil/Logikplatine.

Höhe aufweisen. Bedingt durch die Natur des Rauschens (statistische Amplitudengleichverteilung), schwankt die Höhe der Balken etwas und sollte mit dem Auge gemittelt werden.

Wenn kein Signalgenerator zur Verfügung steht, kann der Abgleich auch ausschließlich mit dem Rauschgenerator durchgeführt werden. Dazu werden alle den Oktaven entsprechenden Balken mit den

Potentiometern auf gleiche Höhe abgeglichen. Nach Bedarf kann zusätzlich auf dem Oszilloskopenschirm in vertikaler Richtung eine Skalierung in Dezibel (dB) angebracht werden.



Beide Seiten der Netzteil/Logikplatine in voller Größe.

# DRUM-SYNTHESISER

Nun bringt Elrad eine eigene Maschine mit 'Peng' und 'Bim-bam' und 'Zisch' und 'Bong' und allem Drum und Dran. Hier ist die Bauanleitung für den Elrad-Drum-Synthesizer von Roger Shore.

Sie alle kennen den Effekt auf Disco- oder Pop-Schallplatten. Vor etwa einem Jahr war er zum ersten Mal zu hören, und seitdem ist der Sound so populär geworden, daß kein Schlagzeuger, der etwas auf sich hält, ohne Drum-Synthesizer auskommen könnte. Im Handel sind fertige Geräte zu einem Preis von ca. 700,- bis 1200,- DM zu kaufen. 'Ein fairer Preis' wird der Musiker sagen, 'um up to date zu sein und mit dem modernen Trend in der Musikszene mithalten zu können'. Tatsächlich, ein fairer Preis, bis der etwas weiter forschende, technisch begabte Musiker den Deckel aufschraubt und einen Blick auf die elektronische Schaltung wirft. Das genau haben wir getan! Wir merkten, daß dieser neue Sound es wert ist, für ein zukünftiges Projekt näher betrachtet zu werden, und sahen uns daraufhin einige der im Handel befindlichen Geräte genauer an. Als erstes mußten wir feststellen, daß irgendwo zwischen Herstellern, Händlern und Musikern irgend jemand kräftig verdient – und, wie üblich, beißen den letzten in der Reihe die Hunde, und er muß mehr zahlen, als vom Bauteile-Aufwand eigentlich angebracht wäre.

Als nächstes kamen wir zu dem Schluß, daß wir imstande wären, Besseres zu vollbringen – nämlich diese Bauanleitung für einen Drum-Synthesizer, der sowohl aufwendiger als auch erheblich preiswerter ist.

Eine vernünftige Kalkulation aller Bauenteile und des Zubehörs für diesen 2-Kanal-Synthesizer mit Stereo-Ausgang beläuft sich auf 200,- bis 300,- DM. Dieser ungefähre Preis versteht sich inklusive eines hübschen Gehäuses. Ein vergleichbares Gerät kostet im Handel über 1000,- DM – uff!

Die Modulbauweise erlaubt es, bei Bedarf 'anzubauen', und einige unter Ihnen schaffen es sicher, den kompletten elek-

tronischen Bausatz für Bass, Snare, Tomtom, Highhat und Cymbals aufzubauen. Der Elrad Drum-Synthesizer hat ein eigenes Netzteil und arbeitet nicht mit solch unangenehmen Batterien, die immer während des Auftritts ihren Geist aufgeben. Ein einfaches Mikrofon oder ein Miniatur-Lautsprecher fungiert als Trigger-sensor und kann in der vorhandenen Trommel, an der Unterseite des Trommelfells oder in der Nähe des Dämpfers angebracht werden. Der Dämpfer ist wohl die optimale Lösung, weil der Sensor sich gut und dauerhaft befestigen läßt und außerdem von außen nicht sichtbar ist.

Am Gerät gibt es einen Empfindlichkeitssteller, der den Triggersensor über einen weiten Bereich regelt, so daß man mit jeder erdenklichen Kombination von Mikros und Lautsprechern den Synthesizer ansteuern kann.

## Aufbau

Beginnen Sie mit dem Aufbau des Netzteils für die ±15 V Spannungsversorgung. Sehr gut geeignet dafür ist unser Schaltungsvorschlag aus Heft 5/79. Vorsichtshalber drucken wir das Platinen-Layout und den Bestückungsplan noch einmal ab. Kontrollieren Sie die Ausgangsspannungen mit einem Vielfach-Meßgerät.

Als nächstes bestücken Sie die Generatorplatine. Fangen Sie dabei mit den Drahtbrücken und den Widerständen an. Dann folgen die Dioden und die Kondensatoren – achten Sie auf die richtige Polarität beim Einbau. Es folgen die Halbleiter, die IC-Sockel und die Potis. Nachdem die Generator-Platine fertiggestellt ist, begeben Sie sich in die mechanische Abteilung Ihrer Bastelwerkstatt und fertigen die Frontplatte für die Bedienelemente an. Halten Sie sich möglichst an unseren

Gestaltungsvorschlag – dadurch wird die Bedienung vereinfacht. Nachdem Sie die Frontplatte beschriftet haben, können Sie die Potis und Schalter einbauen und über Flachbandkabel mit der Generatorplatine verbinden. Achten Sie dabei peinlichst genau auf die richtige Verdrahtung der 42 Leitungen.

Nun wird das Netzteil mit der Generatorplatine verbunden, die drei Trimmer (RV5, 6, 7) auf Mittelstellung gebracht, ein Verstärker angeschlossen und – eingeschaltet.

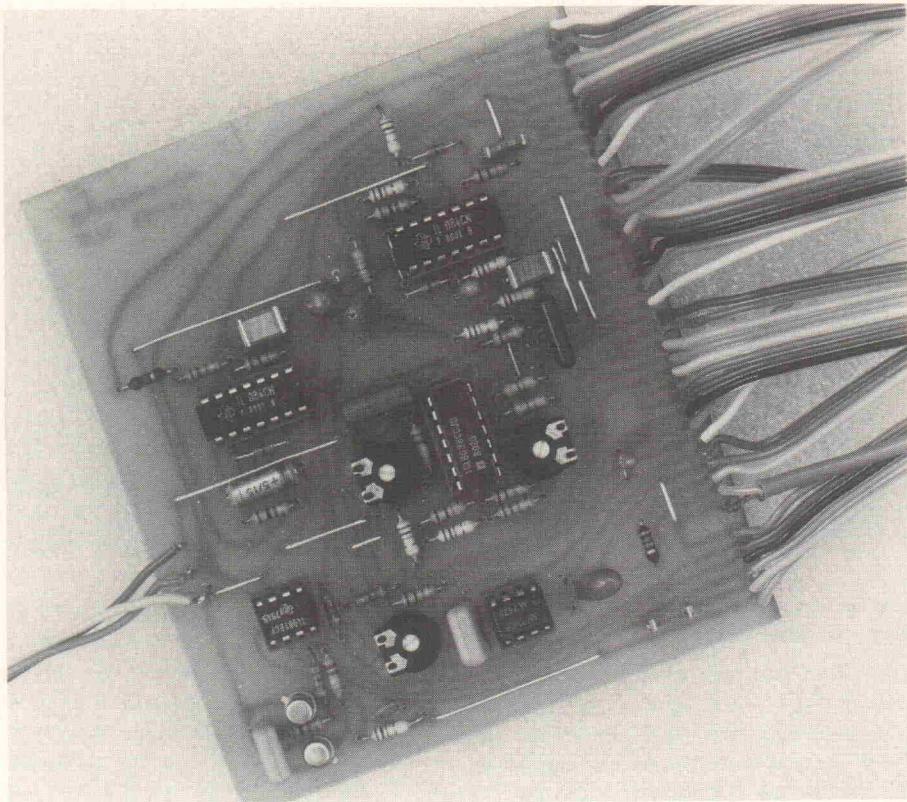
## Der 'Führerschein'

Wie bei jedem Synthesizer müssen Sie sich auch hier mit der Bedienung der 9 Regler und 6 Schalter vertraut machen, d. h. Sie müssen 'spielen'. Dazu drehen Sie erst einmal alle Regler auf geringste Lautstärke (gegen den Uhrzeigersinn), und alle Schalter werden in die 'Aus'-Position gebracht. Den VCO-Wahlschalter schalten Sie auf Sinus. Die weitere Reihenfolge ist:

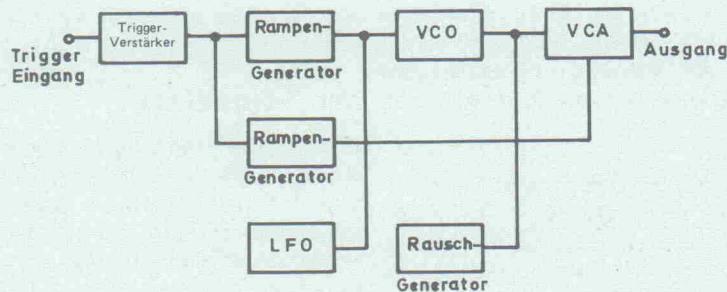
1. VCO Ein/Aus auf Ein
2. Level auf Mitte
3. Pitch auf Mitte

Nun sollten Sie einen Sinuston hören. Andernfalls drehen Sie an RV7, bis er da ist. RV6 und RV5 gleichen Sie auf minimalen Klirrfaktor des Sinustones ab. Jetzt drehen Sie RV7 wieder zurück, bis der Sinuston gerade verschwindet. Als nächstes schließen Sie das Trigger-Mikrofon an und stellen mit dem Regler Sens (Sensitivity) die Triggerempfindlichkeit so ein, daß bei Antippen des Mikros mit dem Finger ein kurzer Sinus-Impuls zu hören ist. Mit dem VCA Decay Regler können Sie die Abklingzeit des Tones einstellen, mit dem Pitch-Regler die Tonhöhe und mit dem Level-Regler die Lautstärke.

Der Sweep-Regler bestimmt das Ausmaß der Tonhöhen-Veränderung nach dem



Eine bestückte Generatorplatine.



Block-Diagramm für den Drum-Synthesizer (ein Kanal).

'Anschlag' und der Attack-Regler die Geschwindigkeit, mit der diese Tonhöhen-Veränderung abläuft.

Drehen Sie jetzt Attack und Sweep wieder auf Minimum und schalten dafür den LFO-Schalter auf 'Ein' sowie 'Tiefe' und 'Speed' auf einen mittleren Wert. Die Tonhöhe hat jetzt ein Frequenz-Vibrato, dessen Tiefe und Geschwindigkeit mit den entsprechenden Reglern einstellbar ist. Zusätzlich können Sie den Verlauf des Tonhöhen-Vibratos entweder sinus- oder dreieckförmig steuern (Schalter Sinus/Dreieck).

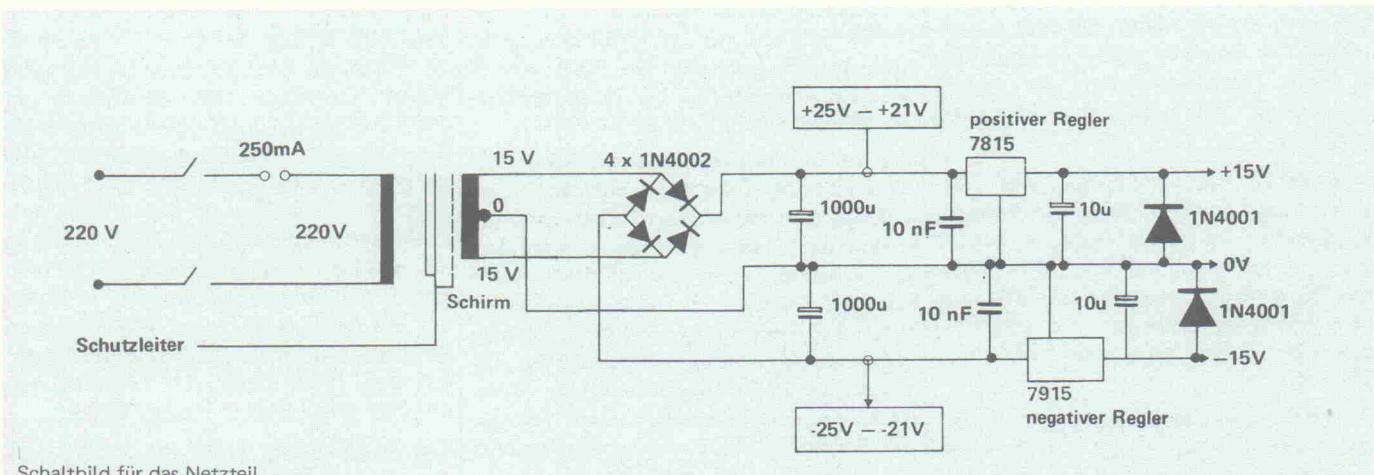
Die letzten Bedienelemente sind für das Rauschen zuständig. Mit Noise Ein/Aus wird der Rauschgenerator eingeschaltet; die Lautstärke wird mit dem Noise-Regler eingestellt. Die Klangfarbe des Rauschens kann von rosa auf weiß umgeschaltet werden.

Mit dem VCO-Wahlschalter kann die Klangfarbe des Grundtons variiert werden (Sinus, Dreieck, Rechteck).

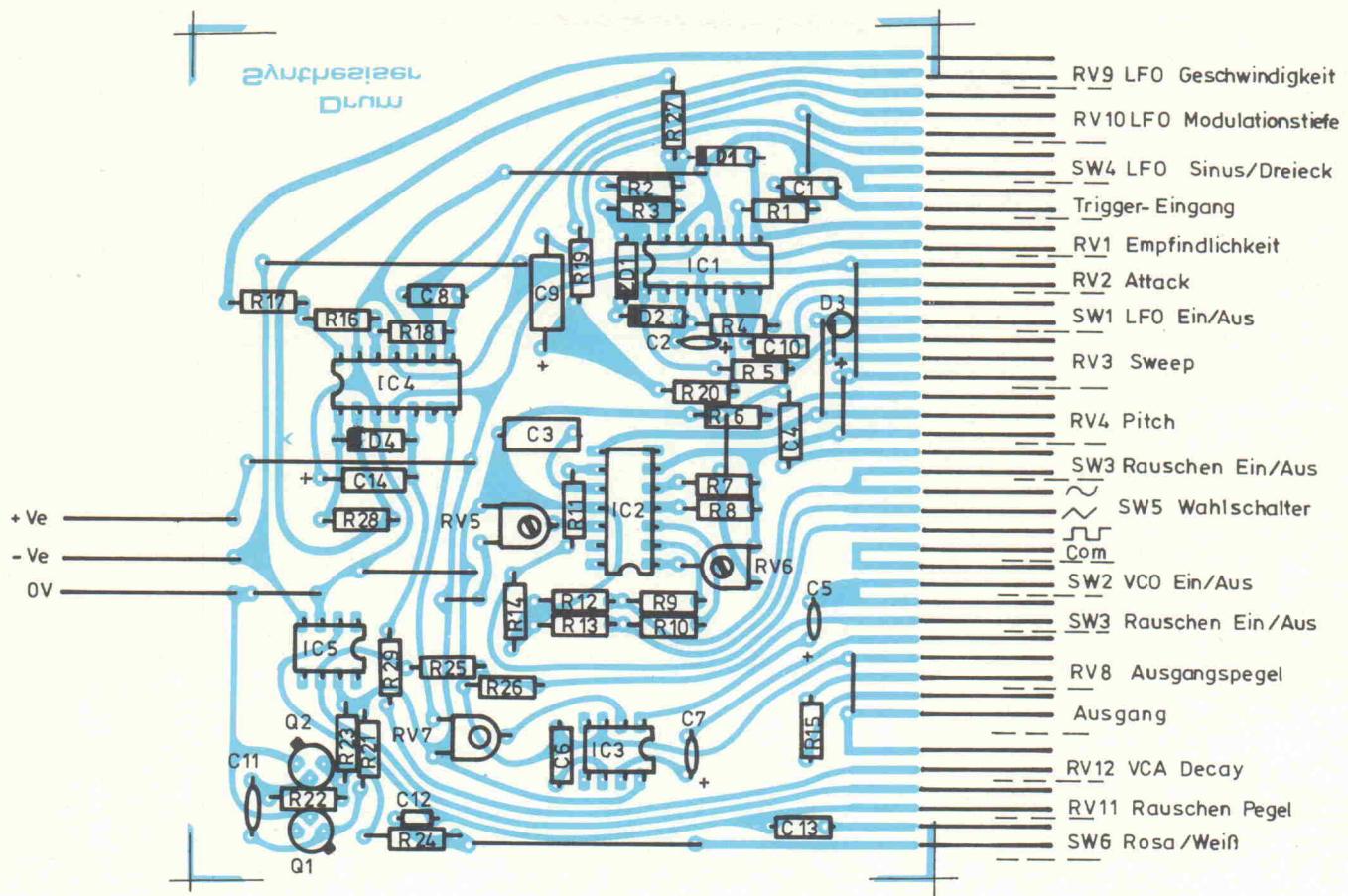
Nachdem Sie sich von der einwandfreien Funktion jedes Bedienungsknopfes überzeugt haben, werden Platine und Frontplatte in das Gehäuse eingebaut.

Jetzt heißt es üben, üben bis jeder Handgriff 'sitzt'!

Abgesehen von den allgemein bekannten Klängen kann der Drum-Synthesizer noch eine ganze Reihe anderer fremdartiger und wunderbarer Sounds hervorzaubern, insbesondere mit dem LFO und/oder dem Rauschgenerator. Vibrato, Wobbeln, Glockenläuten und Gongs werden mit dem LFO produziert, der Rauschgenerator ist für Wind, Applaus, Brandung, Snare Drums und Becken zuständig.



Schaltbild für das Netzteil.



Bestückungsplan für die Generatorplatine. Der Widerstand R30 wird von Pin 6 nach Pin 9 am IC2 auf der Lötseite angebracht.

### Stückliste für einen Kanal

#### Widerstände, 1/4 W, 5%

R1, 2, 4, 5  
12, 13, 14,  
18, 20, 24,  
26, 27 10k  
R3, 22, 28 1MΩ  
R6 270k  
R7, 8, 19,  
23, 25, 29 4k7  
R9, 10, 16 22k  
R11, 21 220k  
R15 47k  
R17 1k0  
R30 15k

Potentiometer  
RV1, 2 1MΩ lin  
RV3 250k lin

RV4	500k log
RV5, 6	100k Trimmer
RV7	10k Trimmer
RV8	10k log
RV9, 12	500 k lin
RV10	100k lin
RV11	2MΩ log

Kondensatoren

C1	4n7 Folie
C2, 5	1μ0 Tantal 35 V
C3	100n MKH
C4	47n MKH
C6, 11, 12	1n0 Folie
C7	10μ Tantal 35 V
C8	470n Folie
C9	10μ 25 V Elko
C10	100n Folie

C13	22n Folie
C14	4μ7 16 V Elko

Halbleiter

IC1, 4	TL084 (Texas)
IC2	ICL8038 (Intersil)
IC3	MC3340 (Motorola)
IC5	TL081 Texas
D1–D4	1N4148
ZD1	15 V 400 mW
Q1, 2	BC109

Verschiedenes

5 Kippschalter 2polig, Um  
1 Schiebeschalter 2polig/3 Schalt-  
stellungen, Knöpfe, Buchsen,  
Trigger-Mikrofon, Gehäuse  
(z. B. Typ GSA7003), Lötnägel,  
Flachbandkabel.

## Wie funktioniert's?

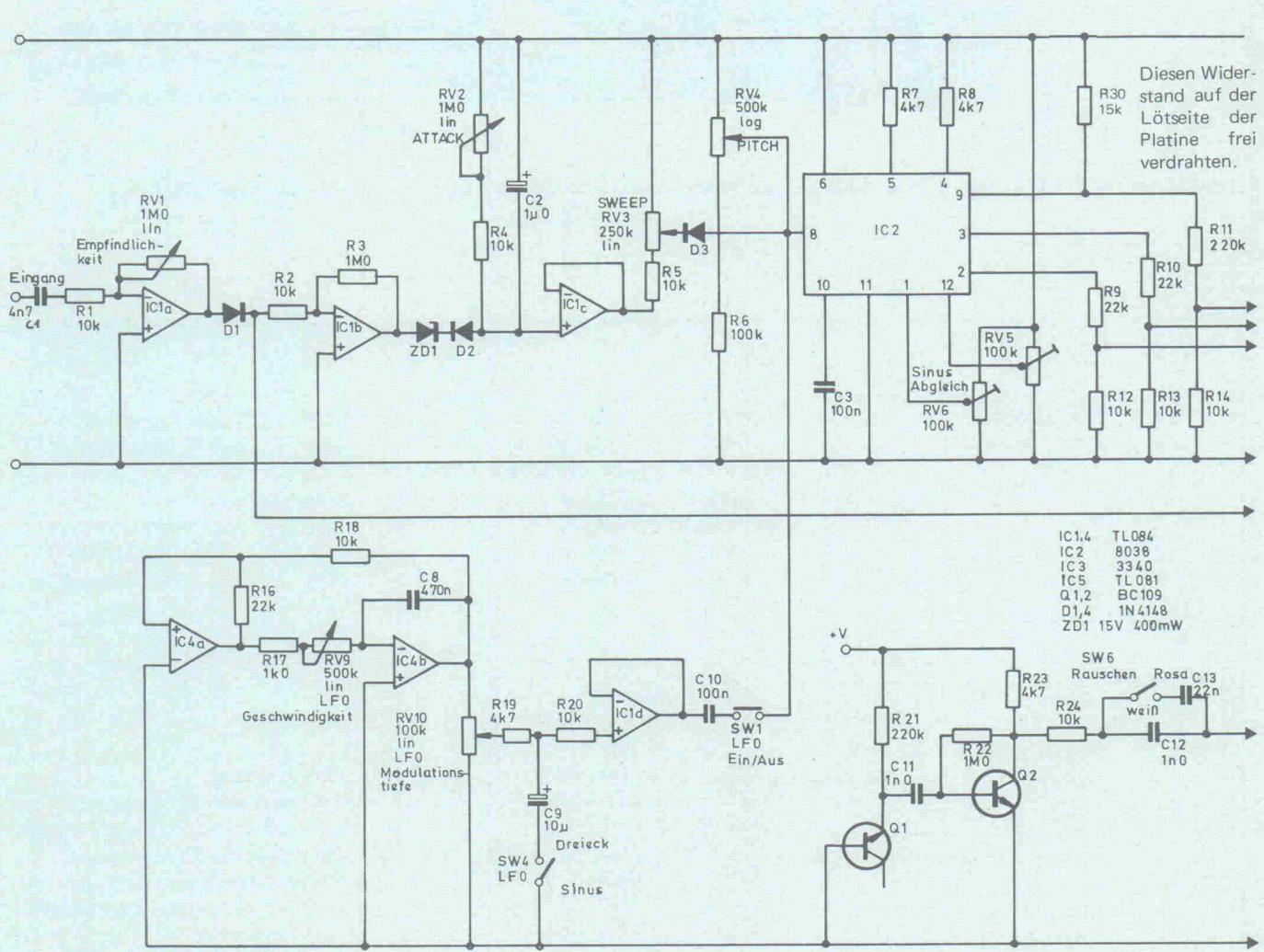
Das Blockschaltbild zeigt die prinzipielle Arbeitsweise des Synthesisers. Man kann ihn einfach als spannungsgesteuerten Oszillator betrachten, kombiniert mit einem spannungsgesteuerten Verstärker. Das bedeutet, daß die Frequenz des Ausgangssignals und seine Amplitude (also Tonhöhe und die Lautstärke) durch eine Gleichspannung gesteuert werden, die vom Trigger-Impuls abgeleitet wird. Zwei separate Sägezahn-generator-Schaltungen erzeugen diese Gleichspannung, und alle nötigen Parameter dieser Kurven sind von außen einstellbar. Bei Bedarf kann zur Modulation des VCO ein niedrigerfrequenter Oszillator und für Geräusche wie Highhat, Snare Drum etc. ein Rauschgenerator benutzt werden.

Der spannungsgesteuerte Oszillator basiert auf dem 8038, einem Generator-Chip (IC2). Die Frequenz läßt sich mit RV4 regeln, womit die Start-Frequenz auf den benötigten Wert eingestellt werden kann. Alternativ kann die Frequenz durch eine variable Gleichspannung über D3 gesteuert werden; vom VCO-Sägezahn soll später die Rede sein.

Der Oszillator arbeitet in einem Bereich von 10 Hz bis 1,5 kHz. Es werden alle drei Wellenformen benutzt, die der 8038 produzieren kann (Sinus, Dreieck und Rechteck). Der Start-Impuls für den Synthesizer wird von einem Mikrofon geliefert (das kann im Grunde genommen irgendein beliebiges Mikro sein), das in einer Pauke oder in einem anderen Rhythmus-Instru-

ment eingepaßt ist – sogar mit einer Blechdose funktioniert es! Das Signal vom Mikrofon wird durch C1/R1 differenziert, so daß Störgeräusche keine falsche Triggerung verursachen. Der Impuls, der durch das Schlagen der Pauke erzeugt wird, wird dann in dem IC1a verstärkt; den Verstärkungsfaktor bestimmt RV1. Das Ausgangssignal dieser Stufe wird nun an D1 'gleichgerichtet', so daß nur positive Impulse die folgenden Stufen IC1b und IC4c ansteuern. Diese beiden Operationsverstärker sind als invertierende OpAmps geschaltet. Sie geben negative Impulse ab, um VCO und VCA korrekt anzusteuern.

Die Anode von ZD1 liegt normalerweise auf 0 Volt und die Kathode auf +15V. Wenn der Ausgang



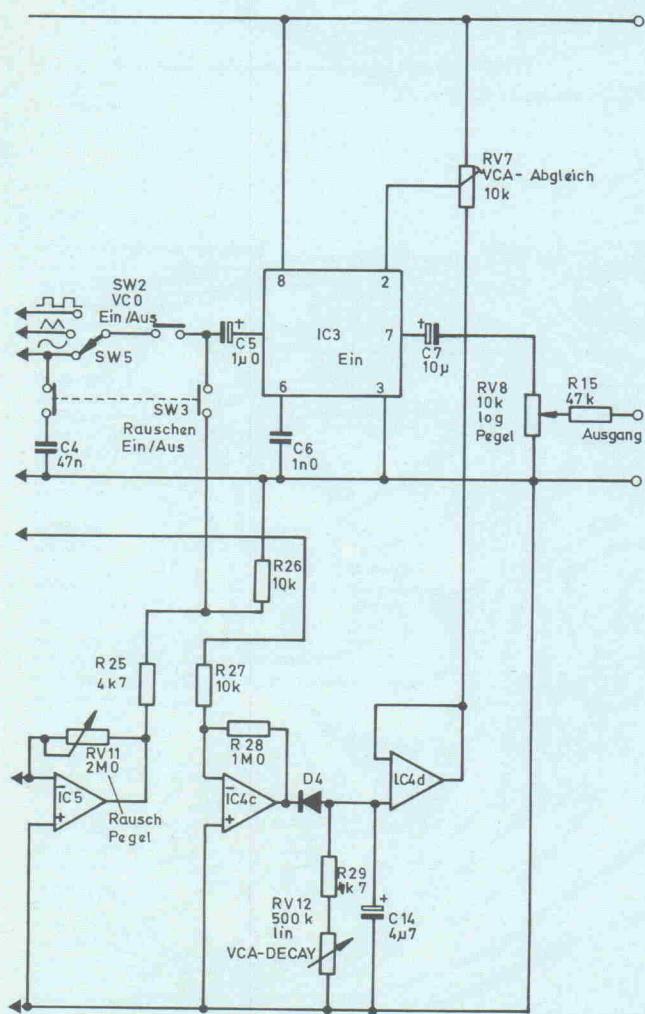
Das Schaltbild für den Drum-Synthesizer.

von IC1b durch einen Triggerimpuls negativ wird, nähert sich die Kathodenspannung von D2 0V. Dieser negative Impuls lädt über D2 den Kondensator C2 sofort auf. C2 entlädt sich danach über RV2 und R4; der Wert von RV2 bestimmt die Entlade-Geschwindigkeit. Diese liegt zwischen einigen Millisekunden und mehreren Sekunden. Dieser Sägezahngenerator wird durch IC1c gepuffert, der als Spannungsfolger geschaltet ist. Das IC verhindert, daß die Einstellung von RV3 die Entladzeit von C2/RV2 beeinflußt. An beiden Seiten von RV3 liegen normalerweise +15V an, D3 ist gesperrt. Wenn der Ausgang von IC1c durch einen Trigger-Impuls negativ wird, schaltet D3 durch, dadurch kann die Sägezahnspannung den Wobbeleingang des VCO ansteuern. RV4 bestimmt die niedrig-

ste Frequenz des Oszillators, und wenn Pin 8 negativer wird, steigt die Frequenz. Die Stärke dieses Frequenz-Vibratos wird von RV3 bestimmt, dessen Einstellung die maximal mögliche negative Spannung an der Kathode von D3 begrenzt. Der charakteristische Sinus-Klang des Drum-Synthesisers entsteht am Ausgang des VCO. Durch die vielen Einstellmöglichkeiten von RV4, 3 und 2 sind eine ganze Menge von Möglichkeiten des Wobbelns gegeben.

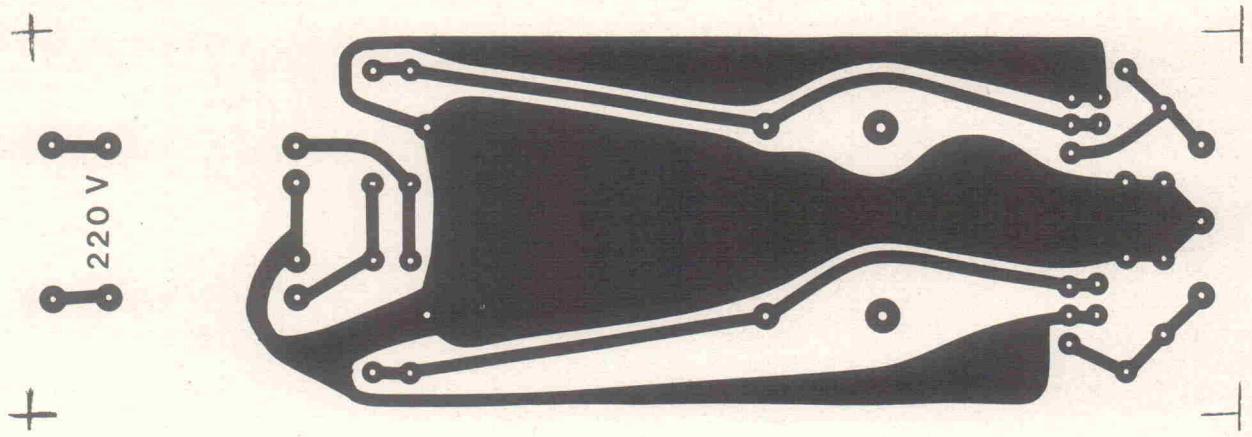
Der spannungsgesteuerte Verstärker (VCA) basiert auf dem Spannungssteiler-IC MC3044 von Motorola. Das Signal des VCOs wird an das IC geschaltet und dessen Ausgang an den Lautstärkesteller RV8. Der spannungssteuernde Eingang liegt an Pin 2. Dort wird mit RV7 eine

Vorspannung erzeugt, so daß ohne Triggerimpuls kein Signal an den Ausgang gelangt. Der Sägezahn-Generator für den VCA funktioniert ähnlich wie der für den VCO.

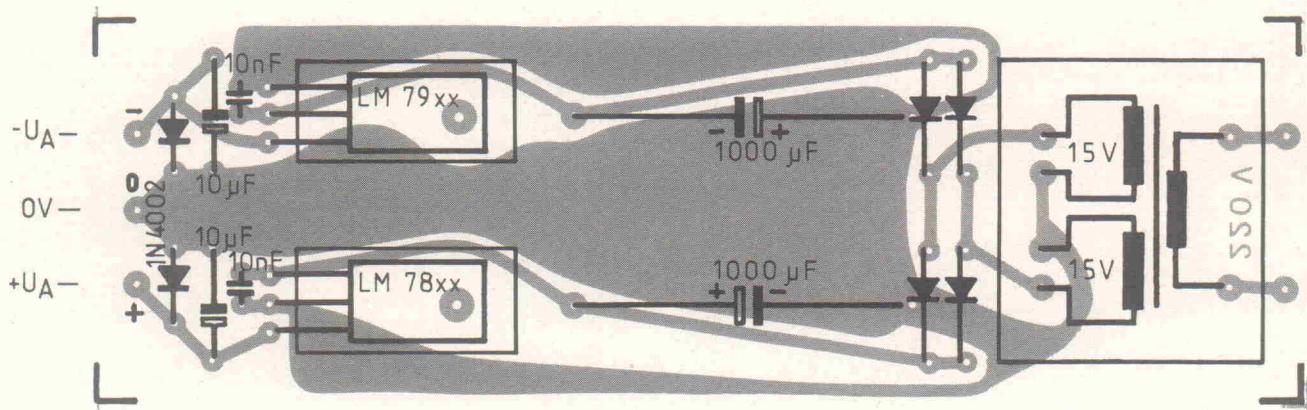


Attack	Sweep	Pitch
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sens	VCA-Decay	Level
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Speed	Tiefe	Noise
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
LFO-Ein	VCO-Ein	Noise-Ein
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
LFO	VCO	Noise
~ <input type="radio"/>  <input type="radio"/> ~	<input type="radio"/>	<input type="radio"/> rosa <input type="radio"/> weiß

Frontplatten-Vorschlag für den Drum-Synthesizer.



Platinen-Layout für die Netzteilplatine

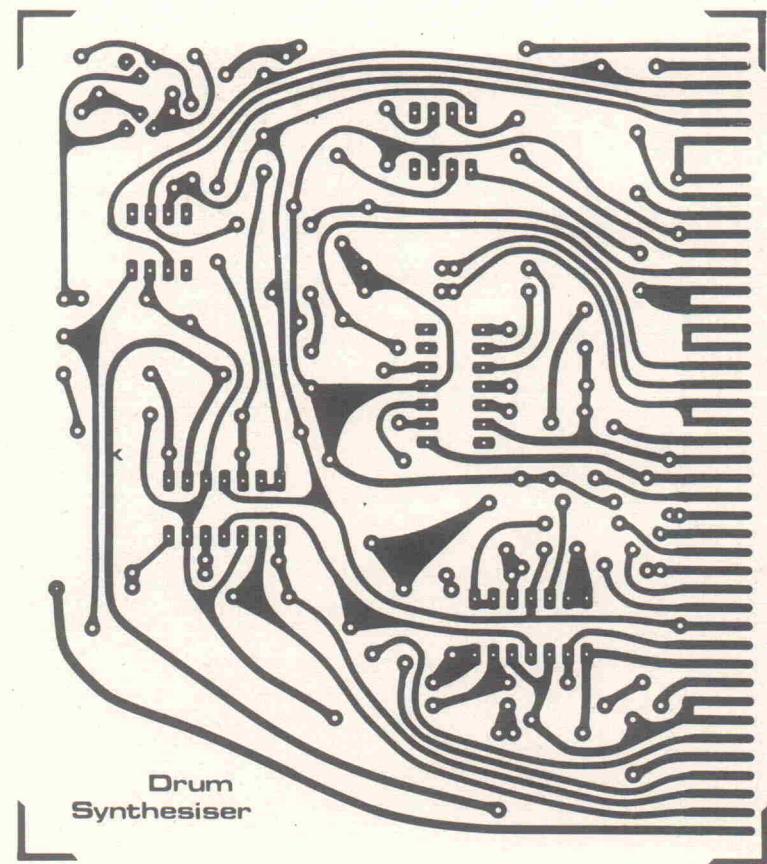


Bestückungsplan für das Netzteil.

### Stückliste für das Netzteil

Kondensatoren  
 1000 $\mu$  25 V Elko  
 1000 $\mu$  25 V Elko  
 10n ker  
 10n ker  
 10 $\mu$  16 V Tantal  
 10 $\mu$  16 V Tantal

Halbleiter  
 LM7815  
 LM7915  
 4 x 1N4002  
 2 x 1N4001  
 Trafo 15 V–0–15 V/500 mA  
 Netzschalter, Netzkabel,  
 Einbau-Sicherung, Platine,  
 Befestigungsmaterial.



Platinen-Layout für die Generatorplatine.

# Musiknetz-System

**Ein System zur Übertragung von Hi-Fi- oder anderen NF-Signalen auf beliebig viele Lautsprecher unter Verwendung der Stromversorgungsleitungen.**

Das hier beschriebene Gerät ist etwas unüblich: Es dient der Übertragung von NF-Signalen auf beliebig viele, verstreut aufgestellte Lautsprecher innerhalb einer Wohnung oder eines Einfamilienhauses.

Der übertragene NF-Frequenzbereich erstreckt sich bei einem Klirrfaktor von typisch weniger als 0,5% bis über 20 kHz. Die Auslegung des Gerätes erlaubt eine maximale Ausgangsleistung von 2 Watt pro Lautsprecher.

Die dafür notwendige HF-Eingangsspannung der Schaltung beträgt ungefähr 10 mV. Das System hat einen Sender und beliebig viele vom Hauptgerät getrennt aufgestellte Empfänger/Verstärker-Einheiten.

Im Sender wird ein 200 kHz-Träger erzeugt, der mit dem NF-Signal frequenzmoduliert und auf dem Nulleiter der Netzzinstallation übertragen wird.

In jeder Empfänger-Einheit wird das FM-Signal von der Netzleitung abgenommen, verstärkt, demoduliert und auf einen 2 Watt-IC-Leistungsverstärker gegeben. An den Verstärker wird jeweils ein Lautsprecher angeschlossen.

Sowohl Sender als auch jede Empfängerstufe besitzen eine Lautstärkeinstellung. Außerdem ist eine Stummschaltung vorgesehen, die den NF-Verstärker sperrt, wenn der Sender abgeschaltet ist. Alle zum Verteilungssystem gehörenden Schaltungen werden aus dem Netz versorgt. Der einzige Geräteanschluß ist der Netzanschluß; andere Verbindungen sind nicht nötig. Der Netzanschluß wird mit einer 1 A-Sicherung abgesichert.

Alle Teilgeräte müssen, da sie am Netz betrieben werden, bestimmten Sicherheitsanforderungen genügen. Die 'beste Sicherung' ist jedoch der aufmerksame und richtige Anschluß der Netzstecker (siehe auch 'Betriebshinweise').

Das hier vorgestellte Signalverteilungssystem ist in der Lage, ein ganzes Einfamilienhaus zu versorgen. Es gibt eine Reihe praktischer Verwendungsmöglichkeiten:

In Wohnhäusern kann, ausgehend von einer Audioanlage, jedes Zimmer mit Musik oder Sprache versorgt werden.

Ergänzt um Mikrofon und Vorverstärker kann die Anlage auch als 'Baby-Alarm' verwendet werden. Das Kleinkind kann dann an jeder Stelle des Hauses gehört werden.

Mit Einschränkungen könnte man in Geschäftsbauten unter Zwischenschaltung eines Mischpultes Musik und Ansagen ohne teure zusätzliche Verkabelung in die Verkaufsräume übertragen.

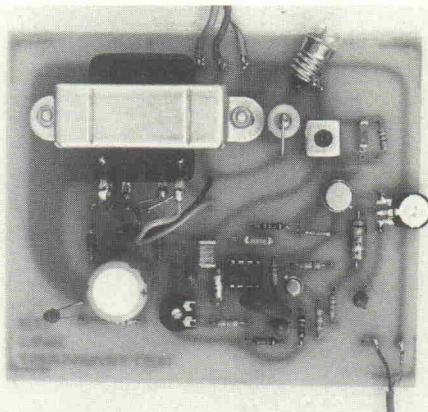
## Betriebshinweise

Diese Bauanleitung befaßt sich damit, elektrische Signale von einem Ort zum anderen zu transportieren. Da die Empfangsstelle variabel ist (das soll sie ja sein) und da außerdem ein Signalträger mit mehr als 10 kHz Frequenz verwendet wird, könnte man bei enger Auslegung des Rundfunkgesetzes dieses System als trägerfrequenten Rundfunk bezeichnen. Damit hätten Sie die Post auf dem Hals – Betrieb von nichtgenehmigten Rundfunksendern!

Als zweites speisen Sie ein Signal in eine Leitung ein, die zum öffentlichen Stromversorgungsnetz gehört. Damit hätten Sie Ihr örtliches Energieversorgungs-Unternehmen auf dem Hals – Verseuchung des öffentlichen Netzes mit störender Hochfrequenz. Die Lösung dieser rechtlichen Probleme ist recht einfach: Sie müssen lediglich dafür sorgen, daß Ihr Trägersignal nicht aus der Wohnung bzw. aus Ihrem Haus heraus in die Umwelt gelangen kann. In Ihrer Wohnung nämlich können Sie 'schalten und walten', und keine Behörde kann Ihnen drehen.

Nun haben wir durch entsprechende Schaltungsauslegung dafür gesorgt, daß die maximal erreichbare Entfernung zwischen Sender und Empfänger etwa um 50 m Leitungslänge liegen dürfte. Das ist einerseits genug für die Wohnung und andererseits zu wenig für 'Weitverkehrs'-Verbindungen von Haus zu Haus (*Wir weisen ausdrücklich noch einmal darauf hin, daß solche Anwendungen illegal sind*).

In extremen Fällen ist es möglich, daß Sie durch den Einbau von Netzfilttern in Ihrer Wohnung dafür sorgen müssen, daß der 200 kHz-Träger nicht über den Zäh-



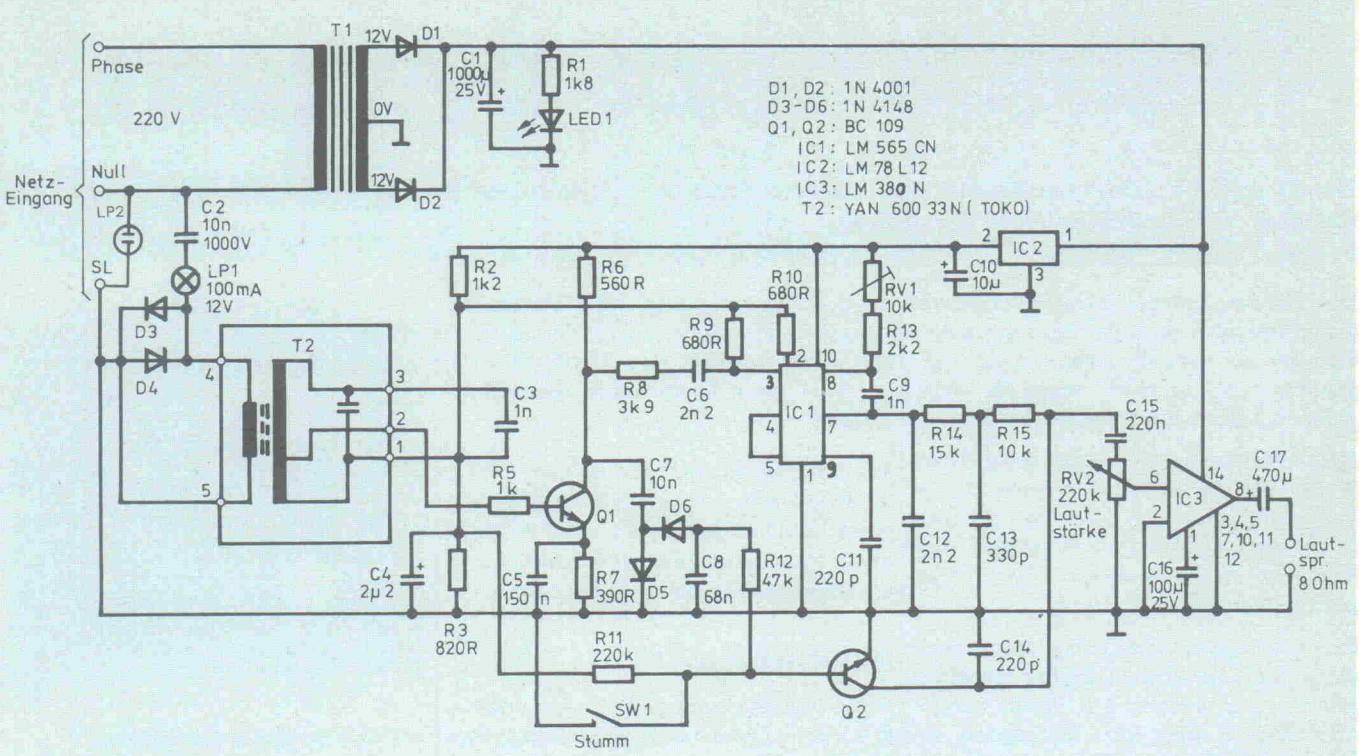
Die fertig aufgebauten Sender-Platine

ler hinaus in das öffentliche Netz gelangen kann. Aber auch hier gilt die Devise: Solange Sie niemanden stören oder belästigen, ist auch niemand da, der Einwendungen gegen den Betrieb des Musiknetz-Systems erheben könnte.

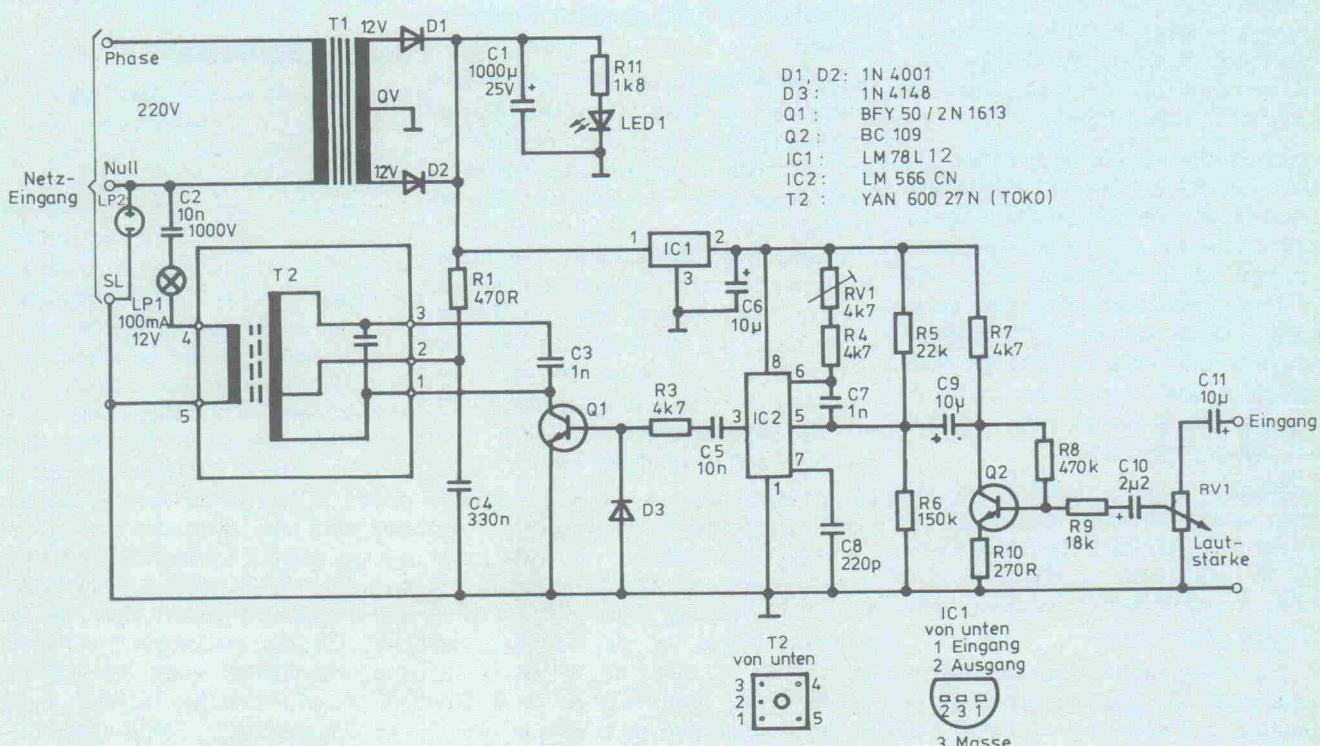
## Betriebs-Sicherheit

Nun noch ein Wort zu Ihrer persönlichen Sicherheit. Die Trägerfrequenz wird normalerweise auf dem Nulleiter des Netzes übertragen. Zwischen Nulleiter und Schutzleiter liegt auch 'normalerweise' keine Spannung, so daß keine Gefahr besteht, daß Netzspannung in die Schaltung gelangen kann. Doch leider sind die Dinge nicht immer so normal, wie sie sein sollten. Deswegen müssen Sie an jeder Steckdose, die als 'Zapfstelle' in Betracht kommen könnte, Schutzleiter und Nulleiter überprüfen. Messen Sie die Netzspannung zwischen den Steckerkontakte mit einem dafür geeigneten Wechselspannungs-Meßgerät (also nicht mit einem Phasenprüfer). Danach messen Sie die Spannung zwischen jeweils einem Steckerkontakt und dem Schutzkontakt. Zeigt das Instrument 220 V an, messen Sie zwischen Phase und Schutzleiter; zeigt das Instrument 0 V an, so messen Sie zwischen Nulleiter und Schutzkontakt. Damit haben Sie die entsprechenden Anschlüsse ermittelt, und Sie können das System an das Netz anschließen.

Zur späteren Betriebsvereinfachung haben wir die Glimmlampen LP2 vorgesehen.



Die Schaltung für den Empfänger des Musiknetz-Systems.



Die Schaltung für den Sender des Musiknetz-Systems.

Sie dienen dazu, schnell zu ermitteln, ob der Netzstecker richtig herum eingesteckt wurde: Wenn die Glimmlampe leuchtet, liegen zwischen Nulleiter-Anschluß und Schutzleiter 220V – der Netzstecker ist also falsch gepolt. Drehen Sie ihn herum, bleibt die Glimmlampe dunkel, und das System ist einsatzbereit. Diese Stecker-Prüfung ist natürlich sinngemäß mit Sender und Empfänger durchzuführen. Falls durch spielende Kinder einmal der Stecker verkehrt herum eingesteckt werden sollte, brauchen Sie aber auch keine Angst zu haben, daß ein Schaden auftritt! Wir haben für weitere Sicherungen gesorgt. C2 sorgt für eine kapazitive Teilung der Netzzspannung auf ungefährliche Werte. Falls C2 einmal durchschlagen sollte, würde durch LP1 ein so großer Strom fließen, daß diese sofort durchbrennen und den Stromkreis unterbrechen würde. Außerdem ist die Sekundärspule von der Schaltung galvanisch getrennt, so daß dadurch ein zusätzlicher Sicherheitsfaktor 'eingebaut' ist.

### Der Aufbau des Senders

Die ganze Senderschaltung einschließlich Netzteil und Trafo wird auf einer Platine untergebracht. Der Aufbau ist problemlos, wenn die Bestückung aufmerksam erfolgt, d. h., die polarisierten Bauelemente richtig herum eingelötet werden.

Wenn der Aufbau beendet ist, wird der Kern von T2 und RV1 auf Mittelstellung gebracht.

Wenn Sie einen Oszillographen besitzen, überprüfen Sie, ob an den Ausgangsanschlüssen von T2 ein Signal mit einer Amplitude im Bereich einiger hundert Millivolt und mit einer Frequenz von ungefähr 200 kHz auftritt.

Dann stellen Sie die Frequenz mit RV1 auf genau 200 kHz ein und gleichen T2 mit seinem Kern auf maximales Ausgangssignal ab.

Je nach Anwendungsfall können Sie den Sender in ein eigenes Gehäuse einbauen oder ihn in einen bereits existierenden NF-Verstärker integrieren.

### Der Aufbau der Empfänger

Der größte Teil der Empfängerschaltung (ausgenommen Netztrafo und Lautstärke-regler) wird ebenfalls auf einer Platine aufgebaut. Der Aufbau geht ohne Probleme vor sich, wenn der Bestückungsplan sorgfältig beachtet wird.

Nachdem die Platine fertig bestückt ist, wird sie in ein passendes Gehäuse einge-baut und laut Schaltplan mit den Bauteilen T1, RV2, SW1 und LED1 verbunden.

Nun folgt der Abgleich des Empfängers: RV1 und der Kern von T2 werden auf Mit-telstellung gebracht, ein 8 Ohm-Lautsprecher mit dem Ausgang der Schaltung ver-bunden und das Gerät eingeschaltet.

Mit eingeschaltetem Stummschalter sollte ein leichtes Rauschen im Lautsprecher feststellbar sein. Wird SW1 ausgeschaltet, muß bei richtiger Funktion der Schaltung ein starkes breitbandiges Rauschen zu vernehmen sein.

Wenn Sie einen Oszillographen besitzen, schließen Sie ihn an die Anschlüsse 4 und 5 von IC1 an und gleichen RV1 so ab, daß ein Signal von ungefähr 200 kHz auf-tritt.

### Der Abgleich des gesamten Systems

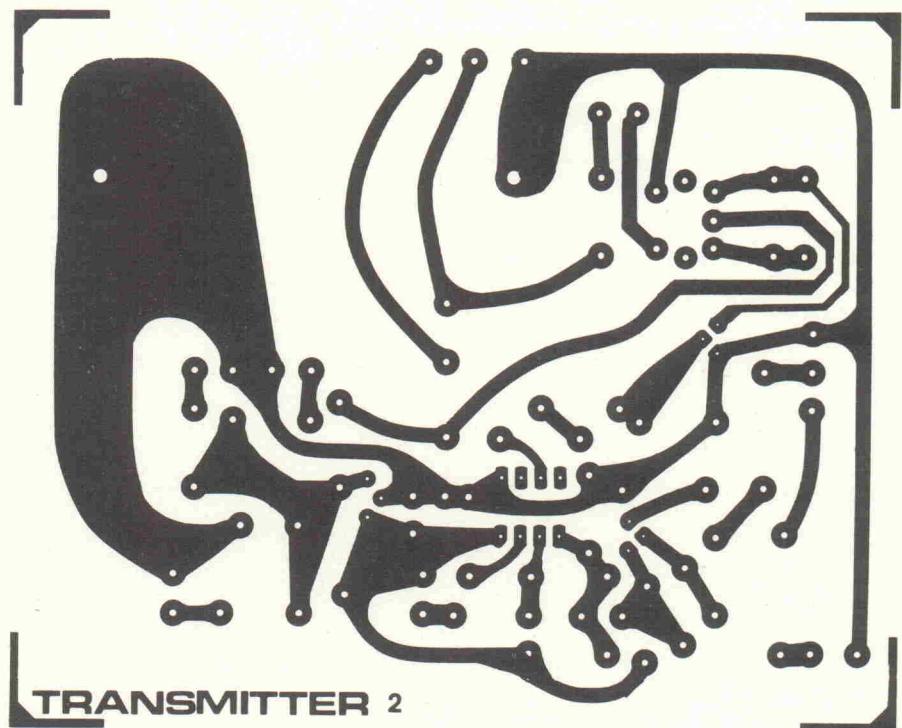
Zum vollständigen Abgleich ist ein Oszillo-graph notwendig. Schalten Sie beide Ein-heiten (Sender und Empfänger) ein und

steuern Sie den Sender mit einem NF-Si-gnal (z. B. Musik) an. Dann wird das Laut-stärkepotentiometer des Senders auf Null gedreht und das empfängerseitige Signal an Anschluß 2 von T2 auf dem Oszillo-graphen dargestellt. Der Kern von T2 wird auf maximale Signalamplitude einge-stellt.

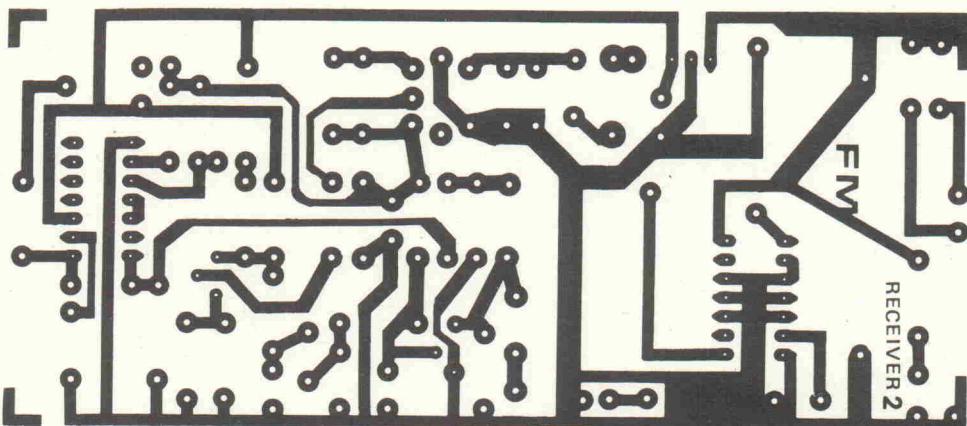
Anschließend erfolgt die Darstellung des an den Anschlüssen 4 und 5 von IC1 im Empfänger anliegenden Signals. Wird RV1 ungefähr auf Mittenposition ge-bracht, tritt an IC1 das Trägerfrequenz-signal mit 200 kHz auf.

Abschließend wird die Lautstärkeeinstel-lung des Empfängers auf Mittelstellung gebracht und die Senderlautstärke so ab-geglichen, daß keine Übersteuerung des Empfängers auftritt.

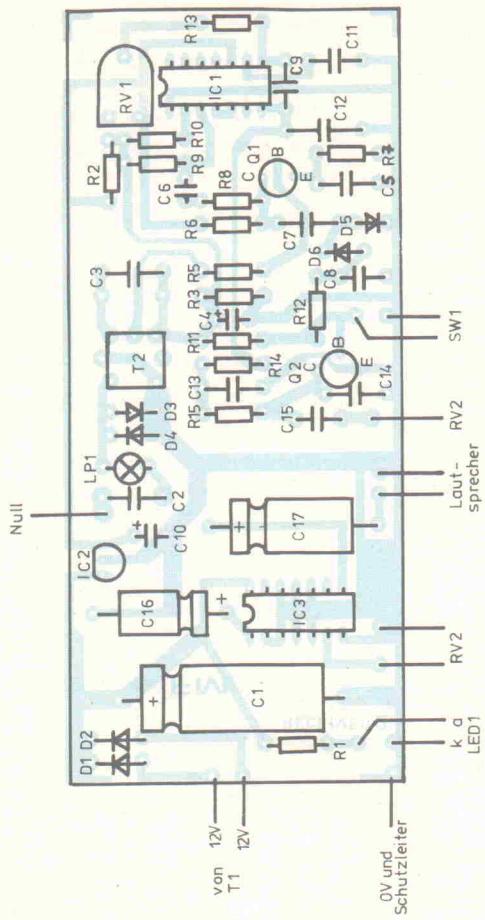
Nun ist das System betriebsbereit und kann überall im Haus installiert werden.



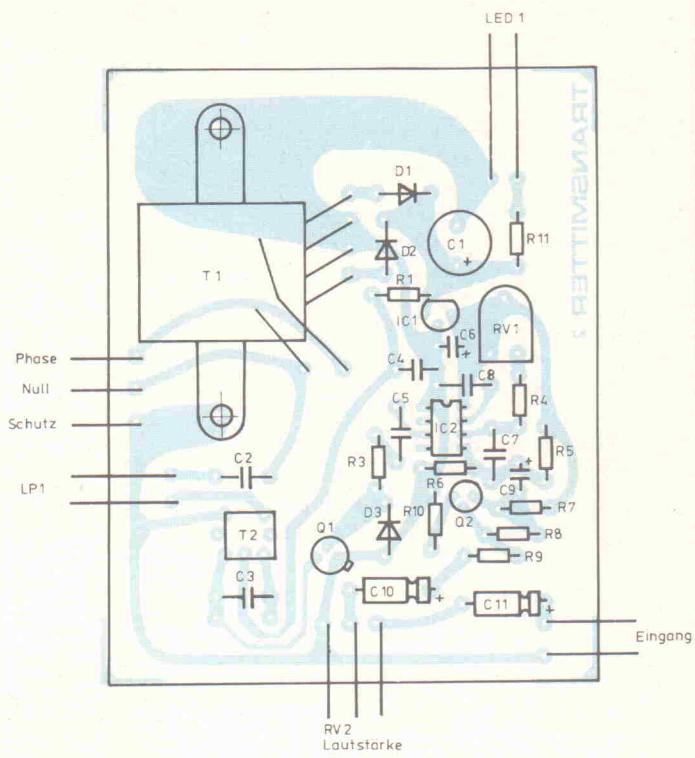
Platinen-Layout für den Sender (Musiknetz-System).



Platinen-Layout für den Empfänger (Musiknetz-System).



Bestückungsplan für den Empfänger



Bestückungsplan für den Sender

## Stückliste

### Sender

Widerstände 1/4 W, 5%

R1	470R
R2	2k2
R3, 7	4k7
R5	22k
R6	150k
R8	470k
R9	18k
R10	270R
R11	1k8

Potentiometer

RV1	4k7 min. Trimmer
RV2	10k log

Kondensatoren

C1	1000 $\mu$ 25 V Elko
C2	10n 1000 V
C3	1n0 MKH
C4	330n Folie
C5	10n MKH
C6, 9	10 $\mu$ 16 V Tantal
C7	1n0 ker
C8	220p Styroflex
C10	2 $\mu$ 2 16 V Elko
C11	10 $\mu$ 16 V Elko

Halbleiter

IC1	78L12
IC2	LM566CN (National)

### Empfänger

Widerstände 1/4 W, 5%

R1	1k8
R3	820R
R4	3k3
R5	1k0
R6	560R
R7	390R
R8	3k9
R9, 10	680R
R11	220k
R12	47k
R13	2k2
R14	15k
R15	10k

Potentiometer

RV1	10k min. Trimmer
RV2	220k

### Kondensatoren

C1	1000 $\mu$ 25 V Elko
C2	10n 1000 V
C3	1n0 MKH
C4	2 $\mu$ 2 16 V Tantal
C5	150n Folie
C6	2n2 ker
C7	10n Folie
C8	68n MKH
C9	1n0 MKH
C10	10 $\mu$ 16 V Tantal
C11, 14	220p Styroflex
C12	2n2 MKH
C13	330p
C15	220n Folie
C16	100 $\mu$ 25 V Elko
C17	470 $\mu$ 25 V Elko

### Halbleiter

IC1	LM565CN (National)
IC2	LM78L12
IC3	LM380N
Q1, 2	BC109
D1, 2	1N4001
D3, 4,	1N4148
5, 6	1N4148
LED1	LED

### Verschiedenes

T1	12V-0-12V, 6 VA
T2	Toko-Filter, YAN 60033N
LP1	Glühlampe 12 V, 100 mA
LP2	Glimmlampe 220 V
Lautsprecher	8 Ohm, 3 W

## Wie funktioniert's?

Das System wurde entwickelt, um NF-Signale über die Netzeleitungen auf beliebig viele in der Wohnung aufgestellte Lautsprecher zu übertragen.

Der Sender erzeugt ein 200 kHz-Trägersignal mit niedrigem Pegel. Der Träger wird mit dem NF-Signal frequenzmoduliert und an den Nullleiter des Versorgungsnetzes geschaltet.

In jeder Empfängereinheit wird das modulierte Signal selektiv verstärkt, demoduliert und über einen 2 Watt-Verstärker auf einen Lautsprecher übertragen.

Die Verwendung der Frequenzmodulation ermöglicht eine Übertragung mit großer NF-Bandbreite und gute Störsignalunterdrückung.

Das Funktionsprinzip der Schaltung basiert darauf, daß die Netzinstallation für Signale mit Frequenzen von mehr als 200 kHz stark induktiv wirkt und eine hohe Impedanz besitzt. Bei der angegebenen Frequenz weist das Netz die Funktion eines Spannungsteilers auf, wobei sich die Signalleistungsquelle am unteren Ende befindet. Dieser Teiler erzeugt in der Regel recht geringe Abschwächungen auch zwischen weit entfernten Abgriffpunkten, so daß die Netzinstallation ein ausgezeichnetes Signalübertragungsmedium darstellt.

## Der Sender

IC2 ist ein spannungsgesteuerter Oszillator (VCO). Seine Betriebsfrequenz wird durch die Bauteile RV1, R4, C8 und die Spannung an Anschluß 5 bestimmt. Mit den angegebenen Bauteilwerten arbeitet die Schaltung auf einer Frequenz von ca. 200 kHz. An Anschluß 3 tritt das rechteckförmige Ausgangssignal auf. Mit dem Ausgangssignal wird der in Emitterschaltung betriebene Transistor Q1 angesteuert. In seiner Kollektorleitung liegt ein normaler ZF-Übertrager (T2). Die Mittenfrequenz von T2 wird mit C3 auf 200 kHz verändert. Die Amplitude des Ausgangssignals von T2 (Anschlüsse 4 und 5) ist nur wenige hundert Millivolt groß.

Das NF-Signal gelangt über C11 auf das Lautstärkepotentiometer RV2 und wird anschließend mit Q2 um ca. 20 dB verstärkt. Das am Kollek-

tor von Q2 auftretende Signal gelangt über C9 auf Anschluß 5 des VCOs und moduliert dessen 200 kHz-Träger. Das modulierte Ausgangssignal wird über einen Kondensator geringer Kapazität C2 und eine strombegrenzende 'Sicherung' LP1 in den Nulleiter der Netzinstallation eingespeist. Beachten Sie, daß eine Seite der Ausgangswicklung von T2 auf dem Schutzleiter des Netzes liegt, so daß nur eine geringe Gleichspannung von wenigen Volt zwischen der Primär- und Sekundärseite des Übertragers T2 auftreten kann.

C2 und LP1 sichern die Schaltung gegen Zerstörung, wenn ihr Ausgangssignal irrtümlich auf die Phase der Netzinstallation und nicht auf den Nulleiter gegeben wird (siehe auch 'Betriebshinweise').

Q2 und IC2 erhalten über den 12V-Spannungsregler IC1 eine stabilisierte Versorgungsspannung.

## Der Empfänger

Das frequenzmodulierte, von den Netzeleitungen übertragene Signal wird im Empfänger über C2 und eine strombegrenzende 'Sicherung' LP1 in den Übertrager T2 eingespeist. Die Dioden D3 und D4 begrenzen die Signalamplituden am Eingang von T2 auf wenige hundert Millivolt. T2 wird mit C3 auf 200 kHz abgestimmt. Das galvanisch vom Netz getrennte Ausgangssignal von T2 gelangt über den strombegrenzenden Widerstand R5 auf die Basis des in Emitterschaltung betriebenen Transistors Q1. Die Basisvorspannung wird mit dem Teiler R2, R3 auf 4,5 Volt festgelegt. Q1 wird übersteuert und erzeugt an seinem Kollektor ein rechteckförmiges Signal von 6 V<sub>SS</sub>. Über R8 und C6 gelangt dieses Signal auf den Eingangsanschluß 3 von IC1. IC1 ist ein phase-lock-loop-Baustein und wird zur Demodulation des modulierten Trägersignals verwendet.

Der Baustein enthält einen Referenzoszillator, der mit RV1, R13 und C11 auf die gleiche Frequenz eingestellt wird wie der Träger des Senders (200 kHz).

Das demodulierte NF-Signal erscheint am Anschluß 7 von IC1. C12, R14, C13, R15 und C14 filtern die letzten Trägerreste heraus und leiten das Signal über C15 auf

den Lautstärkeeinsteller RV2. Der Abgriff des Lautstärkepotentiometers liegt am Eingang des nachfolgenden 2 Watt-Verstärkers IC3. Das Ausgangssignal des Verstärkers gelangt über C17 auf einen externen 8 Ohm Lautsprecher. Bis auf IC3 wird die gesamte Empfängerschaltung aus einer stabilisierten Stromversorgung betrieben. IC2 ist ein 12V-Spannungsregler.

Der Empfänger besitzt eine automatische Stummschaltung, die das NF-Signal unterdrückt, wenn kein Träger empfangen wird. Das geschieht mit Hilfe von Q2 und seiner Beschaltung. Q2 liegt parallel zum Lautstärkepotentiometer und schließt dieses kurz, wenn er durchgesteuert wird. Q2 erhält seine Vorspannung von zwei unabhängigen Quellen. Er wird positiv vorgespannt über R11 und den Teiler R2, R3, kann aber auch eine negative Vorspannung erhalten, die mit dem Diennetzwerk C7, D5, D6, C8 und R12 aus der Ausgangsspannung von Q1 abgeleitet wird. Die Werte von R11 und R12 sind so gewählt, daß Q2 negativ vorgespannt ist und sperrt, wenn ein Trägersignal genügender Stärke (größer 1,5 V<sub>SS</sub>) am Kollektor auftritt. Fällt der Träger weg oder ist zu gering, wird die negative Vorspannung sehr klein, Q2 schaltet durch und schließt RV2 kurz.

Die automatische Stummschaltung kann durch Schließen von SW1 außer Betrieb gesetzt werden. In diesem Fall versucht die phase-lock-loop-Schaltung, sich bei Abwesenheit des Trägers auf zufällige Signale einzurasten und erzeugt dabei sehr starkes Rauschen am Ausgang von IC3.

## Einkaufshinweise

Die beiden IC1 (Sender und Empfänger) sind von der Firma National Semiconductor. Vom Hauptsitz in 2000 Hamburg, Jessenstraße 4, können Sie erfahren, welche Einzelhändler die Typen LM566CN und LM565CN am Lager haben.

Die Toko-Spulen sind von der Fa. Componex, Liebigstraße 25, 4000 Düsseldorf 30, erhältlich, oder bei Fa. J. P. Güls, Aachen, Postfach 1801.

# AM-Fernsteuerung

In dieser Jahreszeit der langen Bastel-Abende werden die Modellbauer unter uns darüber nachsinnen, welche Projekte für die nächste Saison in Angriff genommen werden sollten. Einer der meistgehörten Stoßseufzer wird beim Umbau der Fernsteuerung von einem Modell ins andere geäußert: Hätte ich doch nur eine Zweit-anlage, um mehrere Modelle ständig einsatzbereit zu haben. Dauernd diese Umbauerei!

Diesem Mangel kann jetzt abgeholfen werden mit unserer AM-Fernsteuerung auf 27 MHz, die über zwei Prop- und zwei Schalt-Kanäle verfügt.

Bevor Sie jedoch euphorisch zum Lötkolben greifen, müssen wir Ihnen aber zwei 'dämpfende' Mitteilungen machen: Erstens ist diese Fernsteuerung nicht für Flugmodelle geeignet, da die Reichweite dafür nicht ausreicht, und zweitens sollten Anfänger auf dem Gebiet der Hobby-Elektronik dieses Projekt so lange zurückstellen, bis sie einige andere Bauanleitungen zufriedenstellend zum 'Spielen' gebracht haben.

Das hier vorgestellte AM-System ist also nur für Land- und Wasserfahrzeuge geeignet, da die Reichweite auf etwa 100 m begrenzt ist. Sie ist aber völlig ausreichend für Boote und Autos.

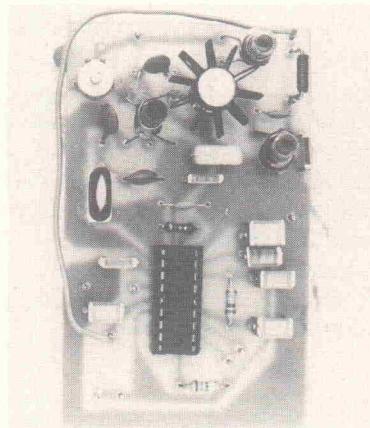
Dafür ist der Aufwand an Bauteilen minimal, und vom Preis her kann unsere selbstgebaute Anlage jedes Fertigerät unterbieten. An Steuermöglichkeiten bietet sie zwei digitalproportionale Kanäle und zwei Schalt-Kanäle. Die Prop-Kanäle werden über Steuerknüppel bedient und die Schalt-Kanäle über Schalter oder Taster.

Unser System ist voll kompatibel mit den üblichen industriell gefertigten Anlagen, da die normale Puls-Weiten-Modulation mit positiven Steuerimpulsen angewendet wird. (Einige Ausnahme: Grundig-Graupner, weil diese Firma negative Steuerimpulse verwendet.)

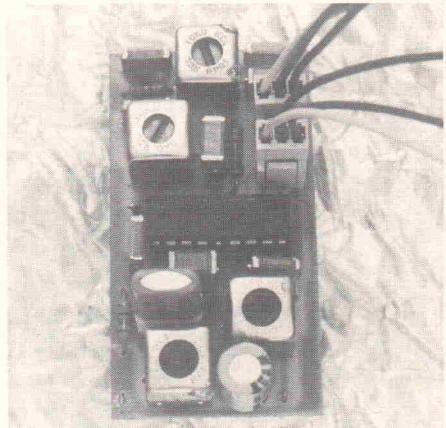
Das Herz von Sender und Empfänger ist jeweils ein IC von National Semiconductor (LM 1871, LM 1872). Diese ICs sorgen für die korrekte Übertragung der Steuerknüppelbewegungen mit Codierung (Sender) und Decodierung (Empfänger) bis zum Servo. Auch Hilfsfunktionen wie die Erzeugung des Oszillatorsignals sind mit in die ICs integriert. Dadurch gelang es, den Empfänger mit nur einem IC und den Sender mit einem IC und einem Transistor aufzubauen.

## Aufbau

Der Aufbau und Abgleich der Fernsteuerung ist eigentlich nicht schwieriger als bei einem Musik-Verstärker, aber da dies



Die Senderplatine



Die Empfängerplatine

eine Hochfrequenz-Schaltung ist, sollten doch einige grundsätzliche Regeln beachtet werden. Halten Sie sich sklavisch genau an das von uns vorgeschlagene Platinen-Layout! Schon geringste Abweichungen davon können die Funktion der Schaltung in Frage stellen.

Wenn Sie noch ein Neuling auf dem Gebiet der Elektronik sind, hören Sie sich im Bekanntenkreis um, ob Sie jemanden finden, der Ihnen bei Schwierigkeiten mit seinem Wissen und seinen Meßgeräten helfen kann. Tun Sie das, *bevor* Sie mit dem Bau beginnen.

Wir verwendeten Steckfassungen für die ICs und die Quarze. Die vorgeschlagenen Stecker für die Servos haben sich gut bewährt. Wenn Sie jedoch unsere Fernsteuerung mit anderen Systemen zusammen verwenden wollen, sollten Sie sich auf *ein* Steckersystem festlegen, um alle Komponenten beliebig verwenden zu können. Dann müßten Sie eventuell die Empfängerplatine an Ihr Steckersystem anpassen (mit Adapterkabel).

Bei unseren Musteraufbauten waren die bei weitem teuersten Bauteile die – Steuerknüppel (ca. 20,- DM). Hier zu sparen, ist absolut falsch, denn dies sind die am meisten belasteten Teile der Fernsteuerung und billige Ausführungen führen über kurz oder lang (meistens kurz!) zum Ausfall der Anlage. Auch das Sendergehäuse ist stark 'überdimensioniert', denn

im praktischen Betrieb muß es manchen harten Knuff ohne Beschädigung überstehen können.

Das Empfängergehäuse dagegen wurde aus weißen Polystyrolplatten maßgeschneidert, um Platz und Gewicht zu sparen. Gegen Stoßeinwirkungen muß es im Modell sowieso in Schaumgummi gelagert werden, so daß man hier auf ein Metallgehäuse verzichten kann.

Den Aufbau der Fernsteuerung beginnen Sie am besten mit dem Feldstärke-Meßgerät. Eine freie Verdrahtung an den Meßinstrument-Anschlüssen ist vollkommen ausreichend. Achten Sie dabei aber auf kurze Drahtverbindungen.

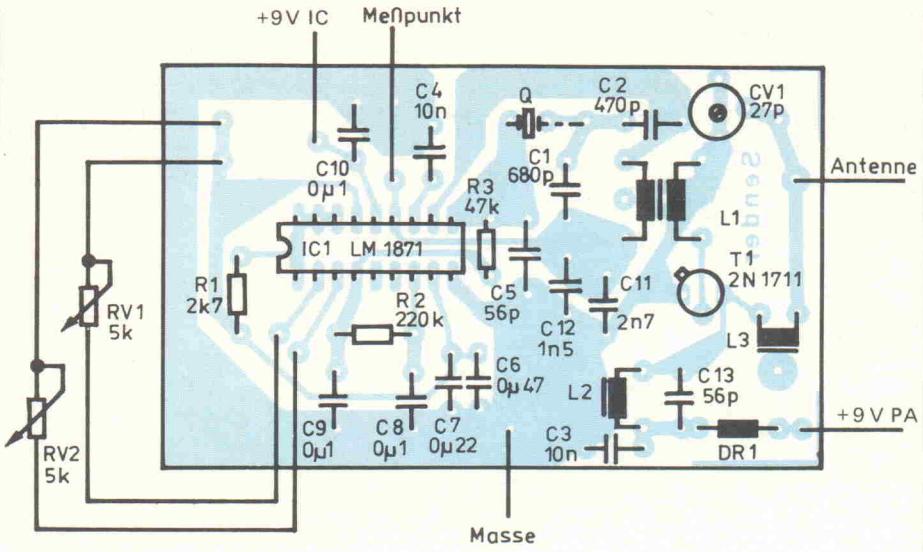
Als nächstes bestücken Sie die Sender- und Empfängerplatine. Halten Sie dabei folgende Reihenfolge ein: Widerstände, Dioden, Kondensatoren, Stecksockel für die ICs und die Quarze. Zum Schluß werden in die Empfänger-Platine die Toko-Filter eingelötet und für die Sender-Platine die Spulen gewickelt, mit Klebstoff befestigt und die Drahtenden angelötet.

Nachdem die Quarze und die ICs eingeckt sind, kann mit dem Abgleich begonnen werden. Der Empfänger-Quarz muß eine um 455 kHz niedrigere Frequenz haben als der Sender-Quarz.

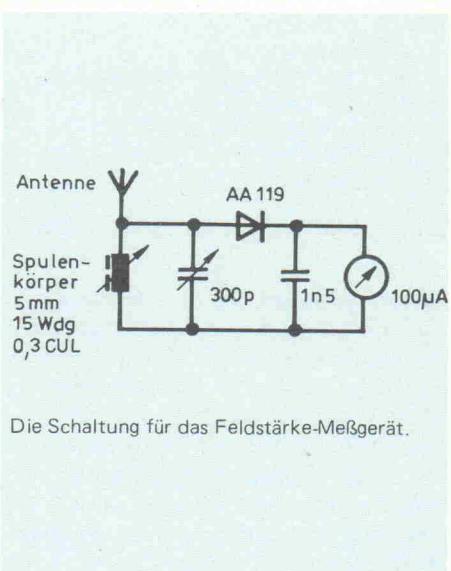
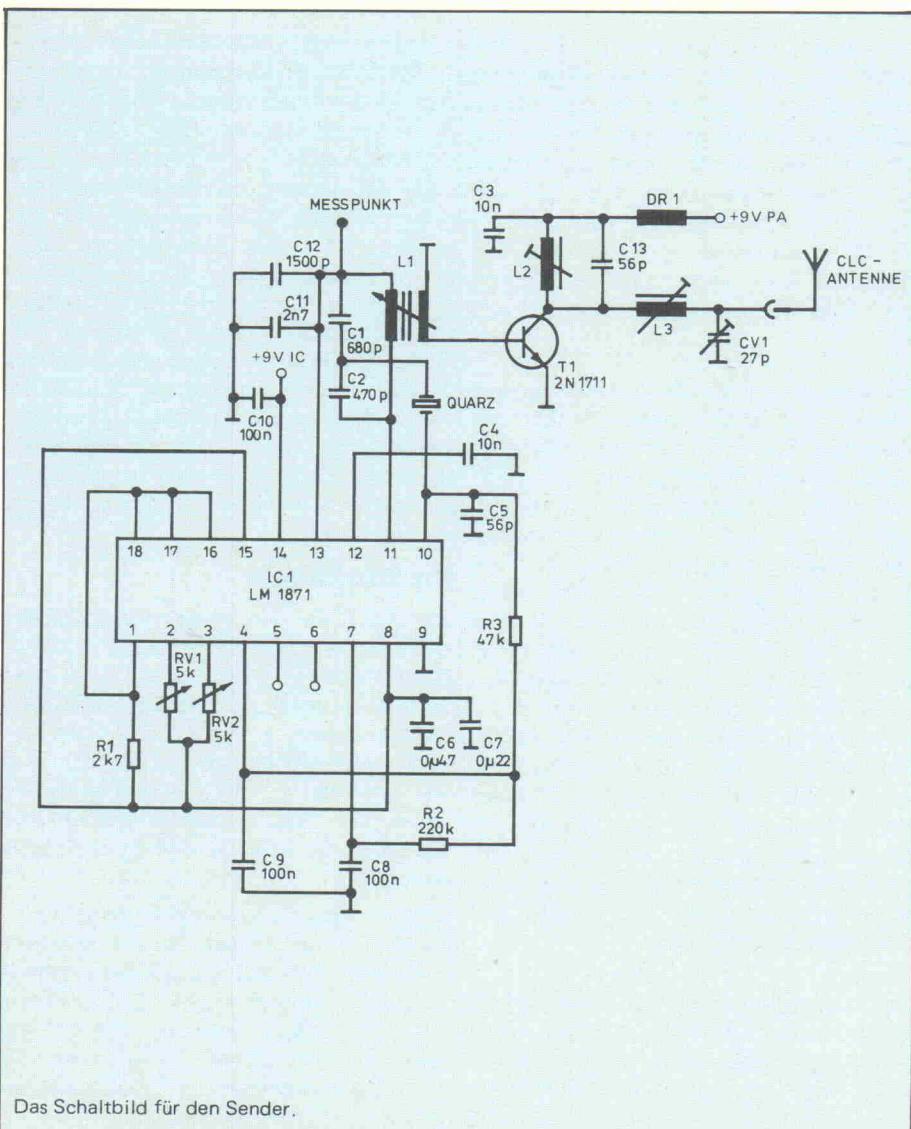
## Der Abgleich

Dazu benötigen Sie einen (Meß-)Sender für 27 MHz, ein Vielfach-Meßinstrument, einen Kristall-Ohrhörer und, wenn irgend möglich, ein Oszilloskop. Doch nur keine Panik – der Meßsender kann ein schon vorhandener Fernsteuersender sein oder auch ein CB-Gerät. Sie brauchen den Meßsender nur kurzzeitig zum Einstellen des Feldstärke-Meßgeräts (also eventuell leihen!).

**Feldstärke-Meßgerät.** Den Spulenkern stellen Sie so ein, daß er halb in die Drahtwicklung eintaucht und den Drehkondensator auf Mittelstellung. Nun schalten Sie den Meßsender ein und halten die Sender-Antenne in die direkte Nähe des Feldstärke-Messers. Beim Durchstimmen des Drehkos sollten Sie jetzt einen Ausschlag (Dip) am Meßwerk sehen. Stellen Sie den Drehko grob ein, und machen Sie den Feinabgleich mit dem Spulenkern, so daß das Meßwerk Maximalausschlag zeigt. Damit ist dieser Abgleichpunkt erledigt.



Der Bestückungsplan für den Sender.



Die Schaltung für das Feldstärke-Meßgerät.

## Wickeldaten

	Wdg	Draht Ø	Spulen-körper Ø	Kern
L1	3+3	0,4 mm CUL	5 mm	grün
L2	7	0,8 mm CUL	5 mm	grün
L3	20	0,4 mm CUL	5 mm	grün
Dr1	33μH			

Das Schaltbild für den Sender.

## Stückliste

### Sender

Widerstände 1/4 W, 5%

R1	2k7	
R2	220k	
R3	47k	
RV1	5k lin	Steuerknüppel
RV2	5k lin	} mit mechanischer Trimmung

Kondensatoren

C1	680p ker
C2	470p ker
C3	10n MKH
C4	10n MKH
C5	56p ker
C6	0μ 47 MKH
C7	0μ 22 MKH
C8	100n MKH
C9	100n MKH
C10	100n MKH
C11	2n7 Folie
C12	1500p MKH
C13	56p ker
CV1	27p Valvo Folientrimmer (rot)

Halbleiter

IC1	LM 1871 N (National)
T1	2N1711 oder BSY54

Verschiedenes

Dr1, L1, L2, L3: siehe Wickeltabelle  
CLC-Antenne für 27 MHz,  
Quarz, Gehäuse: GSA Nr. 1050,  
8 NiCad-Zellen 0,5 Ah, Schalter  
oder Taster, Ladebuchse.

gerät erfolgt und die Stromaufnahme schlagartig steigt.

Der Oszillator arbeitet damit! Drehen Sie nun den Kern weiter, bis die Schwingung wieder abreißt. Von diesem Punkt aus gehen Sie ca. eine Umdrehung zurück. Danach schalten Sie die Stromversorgung noch einmal 'Aus' und wieder 'Ein'. Der Sender muß dann sofort wieder anschwingen. Ist das nicht der Fall, dann muß der Kern noch etwas weiter zurückgedreht und der Vorgang wiederholt werden.

Nach dem erfolgreichen Oszillatorkontakt folgt nun die Verstärkerstufe in der Reihenfolge L2, L3/CV1. Alle Kreise müssen wechselseitig auf maximale Feldstärke abgeglichen werden. Der beste Abgleichspunkt ist nicht bei größter Stromaufnahme, sondern bei größtem Ausschlag am Feldstärkeinstrument. Es kann dabei durchaus sein, daß die Feldstärke steigt, obwohl die Stromaufnahme sinkt.

Die Stromaufnahme sollte im Bereich 60–100 mA liegen. **Achtung**, wesentlich höhere Ströme weisen auf wilde Schwingungen hin!

**Empfänger.** Verbinden Sie die Empfängerbatterie über ein Strommeßgerät im 25 mA-Bereich mit der Platine. Dabei darf weder ein Servo noch die Antenne angeschlossen werden, und der Sender muß ausgeschaltet sein. Wenn Sie den Kern von L1 durchdrehen, sehen Sie, wie die Stromaufnahme um etwa 1 mA ansteigt und dann wieder abfällt. Gleichen Sie diesen Kern auf Strom-Maximum ab.

Schließen Sie jetzt die Antenne an und schalten den abgeglichenen Sender ein. Zwischen Pin 16 und Masse schließen Sie das Vielfach-Meßinstrument im 5 V-Bereich an. Es sollte etwa 1,0 V anzeigen. Gleichen Sie nun T1 und T2 auf maximalen Zeigerausschlag ab. Wenn sich am Zeigerausschlag beim Drehen der Kerne nur sehr wenig ändert, ist das ein Zeichen dafür, daß der ZF-Verstärker schon begrenzt. Schieben Sie dann die Sende-Antenne ein oder stellen Sie den Sender etwas weiter weg, so daß der Zeigerausschlag zwischen 0,7 V und 1,3 V liegt. Nun drehen Sie auch noch den Kern von T3 auf maximalen Zeigerausschlag. Dabei müssen Sie dann eventuell den Sender noch weiter entfernt aufstellen. Nun ist der Grob-abgleich beendet, und Sie können den Feinabgleich vornehmen.

Dazu schließen Sie statt eines Servos einen Kristall-Ohrhörer zwischen dem Punkt 12 und Masse des ICs an. Sie sollten einen Knarr-Ton mit einer Frequenz von etwa 50 Hz hören. Wenn Sie sich jetzt

mit dem Empfänger in der Hand vom Sender entfernen, wird irgendwann der Knarr-Ton abreißen. Drehen Sie jetzt **vorsichtig** den Kern von T3 millimeterweise nach rechts oder links, bis der Ton wieder da ist. Sinngemäß verfahren Sie ebenso mit den Spulen T1 und T2, indem Sie sich immer weiter vom Sender entfernen. Dabei werden Sie feststellen, daß der 'Drehbereich' der Kerne zwischen den Abreißpunkten des Knarr-Tons immer schmäler wird. Den optimalen Abgleich und damit die optimale Reichweite haben Sie dann erreicht, wenn Sie die Spulenkerne mit dem Abgleichbesteck nur noch anzutippen brauchen, um den Ton abreißen zu lassen. Diesen Optimal-Abgleich sollten Sie immer wieder erneuern, wenn Sie einen anderen Quarz einsetzen oder an der Antennenlänge des Empfängers etwas verändert haben. Legen Sie jetzt die Kerne von L1 und T3 mit einem Tropfen flüssigen Kerzenwachs fest. Empfänger und Sender sind nun betriebsbereit und können in die entsprechenden Gehäuse eingebaut werden.

### Das Wort zum ...

Übrigens noch ein Wort an die Sendeleistungsfanatiker: Der Sender ist von uns auf eine minimale Oberwellenabstrahlung dimensioniert worden. Jede Änderung an der Ausgangsstufe und der Antenne, die nach der Anzeige des Feldstärke-Meßgerätes scheinbar die Ausgangsleistung vergrößert, führt mit Sicherheit zu einer schlechteren Oberwellendämpfung. Damit gibt es Ärger mit den Modellbau-Kollegen (Störungen) und – was schlimmer sein kann – Ärger mit der Post. Das Fernmeldegesetz besagt nämlich, daß der Betrieb von selbstgebauten Fernsteuerungen nur solange legal ist und von der Post ohne besondere Prüfung geduldet wird, wie die selbstgebaute Anlage keine anderen Funkdienste stört.

### Die Schaltkanäle

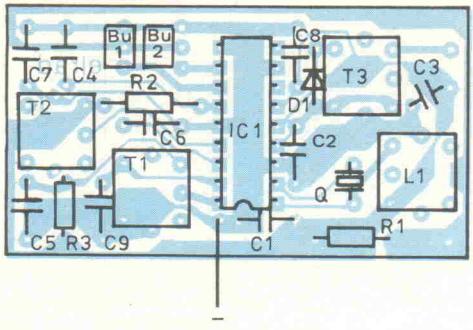
Zusätzlich zu den Proportional-Kanälen können Sie zwei Schaltkanäle steuern. Dazu werden im Sender zwei Taster oder Schalter montiert. Schalter sollten Sie verwenden, wenn z. B. das Fahrlicht am Auto eingeschaltet werden soll. Ein Taster empfiehlt sich für die Betätigung der Hupe. Die Schaltkontakte werden mit Pin 5 oder Pin 6 des Sender-ICs und Masse verbunden.

Am Empfänger werden die 'Verbraucher' – also Lämpchen, Hupen etc. – zwischen Pin 7 oder 9 und dem Pluspol der Empfängerbatterie angeschlossen. Bitte achten Sie aber darauf, daß die Verbraucher nicht mehr als 80 mA Strom ziehen, da sonst die entsprechenden Schalttransistoren im IC zerstört werden.

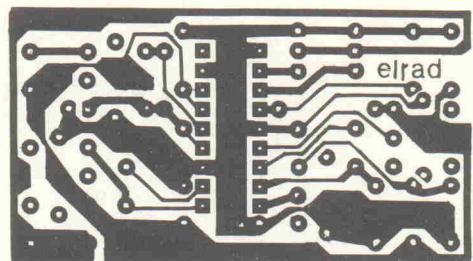
**Sender.** Schließen Sie die Steuerknüppel und die Stromversorgung (8 Zellen 0,5 Ah) an den Punkt +9V IC und ziehen Sie den Quarz heraus. An den Meßpunkt (Pin 13 des ICs) klemmen Sie nun das Oszilloskop und betrachten das Impulsdiagramm. Die ersten beiden Impulse sollten bei Neutralstellung der Knüppel exakt 1,5 msec lang sein und sich durch Betätigen der Knüppel von 1 msec bis 2 msec (Endausschlag) verändern lassen. Die Neutralstellung können Sie durch Vergrößern oder Verkleinern von C7 abgleichen.

Der Quarz wird nun wieder in die vorgesehene Fassung gesteckt. Die Lötpunkte +9V IC und +9V PA werden miteinander verbunden. Zwischen der 9 V-Versorgung und der Platine wird noch ein Ampermeter (100 mA oder größer) eingeschleift. Die Antennen vom Sender und Feldstärkemeßgerät werden dicht nebeneinander angeordnet und auf volle Länge ausgezogen.

Der erste Abgleichspunkt ist die Spule L1. Indikatoren sind das Feldstärkemeßgerät und das Ampermeter. Der Spulenkerne wird jetzt mit einem Abgleichstift gedreht, bis ein Ausschlag auf dem Feldstärkemeß-



Der Bestückungsplan für den Empfänger.



Das Platinen-Layout für den Empfänger.

### Stückliste

#### Empfänger

Widerstände 1/4 W, 5%

R1 22R  
R2 100k  
R3 220R

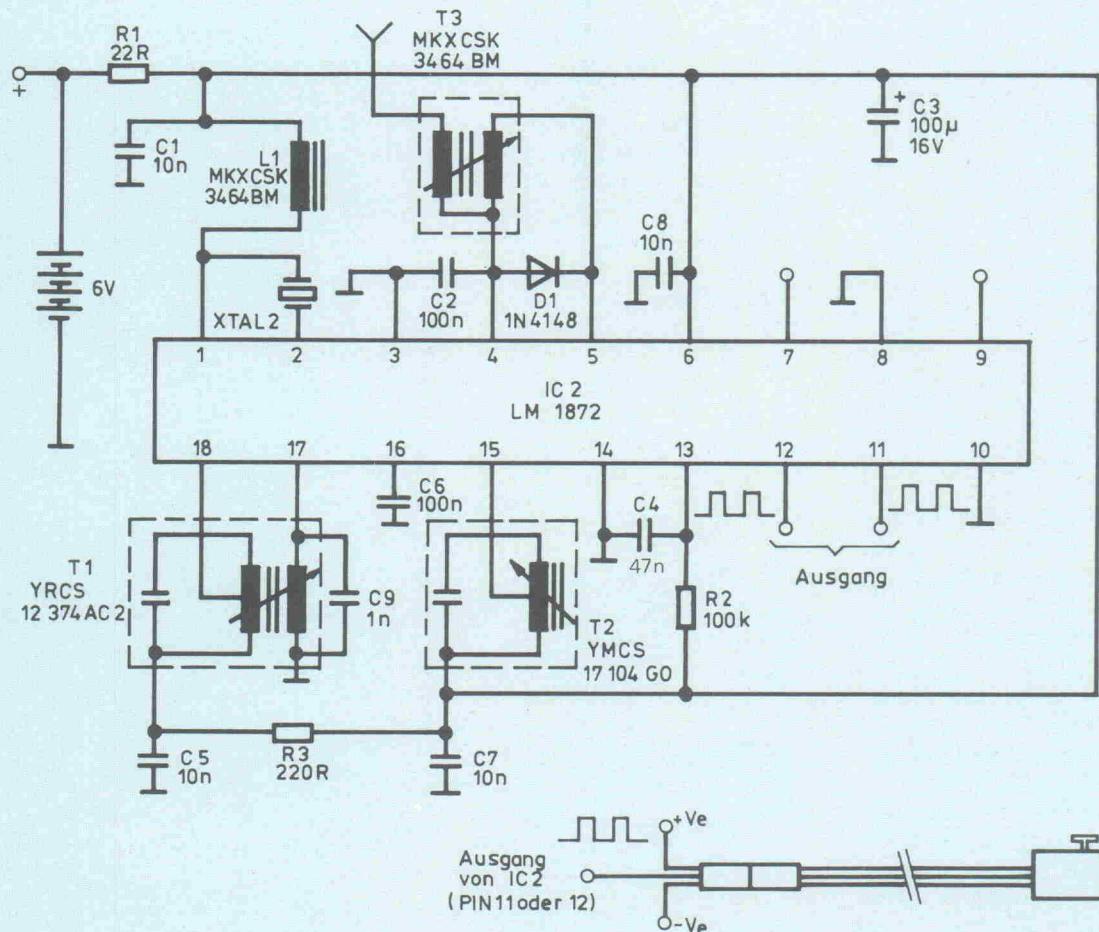
Kondensatoren  
C1,5,7,8 10n MKH

C2,6 100n MKH  
C3 100 $\mu$  Tantal 16 V  
C4 47n MKH  
C9 1n MKH

Spulen (alle von Toko)  
L1, T3 MKXC SK3464BM  
T1 YRCS 12374AC2  
T2 YMCS 17104GO

Halbleiter  
IC2 LM1872N  
D1 IN4148

Verschiedenes  
Quarz (Empfänger-Quarz liegt um 455 kHz niedriger als Sender-Quarz)  
Servo-Sockel  
Servo-Stecker



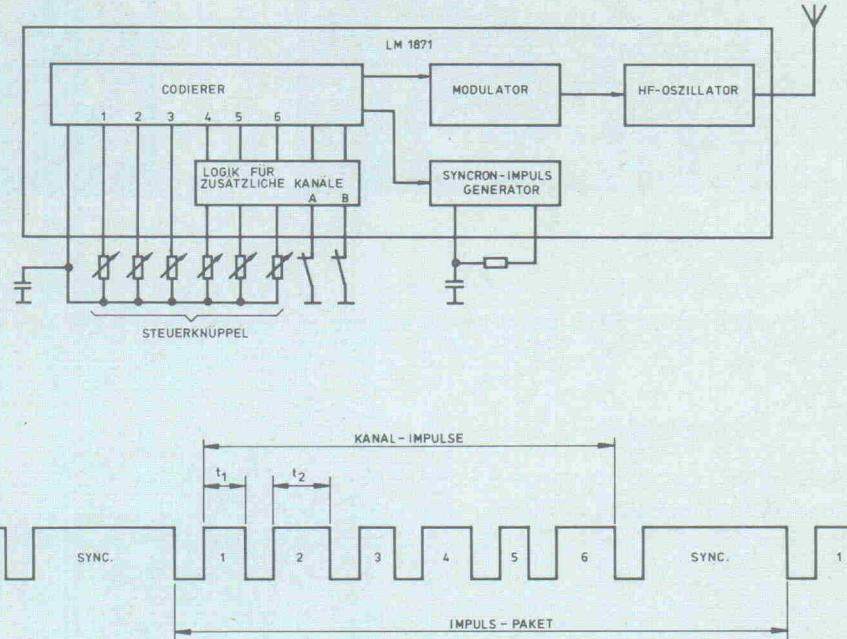
Das Schaltbild für den Empfänger.

## Wie funktioniert's?

### Sender

Im Laufe der letzten Jahre hat sich ein Impulsübertragungsverfahren für Fernsteuerungen durchgesetzt, dem sich bis auf eine Firma (Grundig-Graupner) alle Hersteller weltweit angeschlossen haben. Das hat den Vorteil, daß man einen 'Kraft-Sender' (Amerika) mit einem 'Remcon'-Empfänger (England) und einem Becker-Servo (BRD) problemlos zusammenschalten kann. Das zu diesem Verfahren gehörende Impulsdiagramm sehen Sie unten. Auf einen Synchron-Impuls folgt eine Anzahl von Kanal-Impulsen, gefolgt von einem weiteren Synchron-Impuls. Die Anzahl der Kanal-Pulse hängt von der Anzahl der zu übertragenden Kanäle ab. Bei einer 2-Kanal-Anlage folgt also nach dem zweiten Kanalimpuls sofort der Synchronimpuls. Die Länge eines Kanalimpulses ( $t_1$ ) ist abhängig von der Stellung des Steuerknüppels. In der Mittelstellung des Knüppels soll  $t_1$  genau 1,5 msec lang sein. In den beiden Endstellungen des Knüppels beträgt  $t_1 = 1,5$  msec bzw. 2 msec. Ein Impulspaket – jeweils vom Ende eines Synchronimpulses bis zum Ende des nächstfolgenden – soll etwa 20 msec lang sein.

In der vorliegenden Bauanleitung haben wir uns natürlich an dieses Übertragungsverfahren gehalten. Wie Sie im Blockschaubild für das LM 1871 sehen, tastet der Codierer alle 20 msec die Stellung der einzelnen Steuerknüppel ab und bildet daraus das Impulsdiagramm. Nachdem der sechste Kanal abgetastet ist, bekommt der Synchron-Generator ein Signal und gibt einen Synchronimpuls definierter Länge ab. Dieses Impulspaket wird im Modulator zusammengefaßt und auf den HF-Oszillatoren gegeben. Im einfachsten Fall besteht der Modulator aus einem simplen elektronischen Schalter, der den Oszillatoren im Takte der Impulse ein- oder ausschaltet. Die Frequenz dieses Oszillators wird durch den Quarz stabilisiert. Mit dem kapazitiven Spannungsteiler C1 und C2 greifen wir die Rückkopplungsspannung ab und mit dem Kern der Spule wird der Schwingkreis – bestehend aus L1 und den Parallelkapazitäten C1, C2 – auf Resonanz gebracht. Über die Auskoppelwicklung wird der



Blockschaubild des Sender-ICs mit Impulsdiagramm.

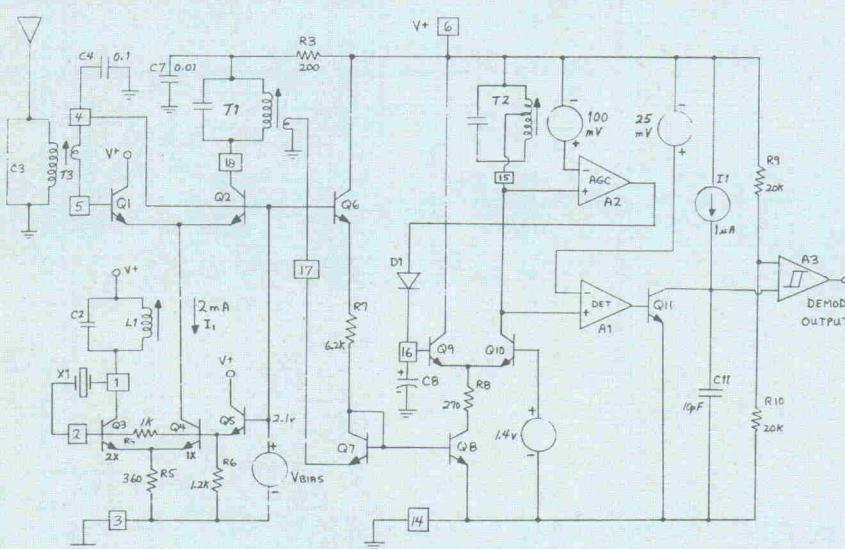
Transistor T1 angesteuert, der im C-Betrieb arbeitet. Der Schwingkreis L2/C13 stellt den Arbeitswiderstand dieser Stufe dar. Die Spule L3 in Verbindung mit CV1 und der CLC-Antenne bilden ein Pi-Filter, das für eine gute Oberwellen-Unterdrückung sorgt.

tet nach dem Superhet-Prinzip. Dadurch erreicht man eine hohe Empfindlichkeit verbunden mit guter Frequenzkonstanz.

Bei einem 'Super' wird die Empfangsfrequenz mit einer getrennt erzeugten Oszillatorkreis Frequenz gemischt. Die dabei erzeugte Mischfrequenz (die sogenannte Zwischenfrequenz)

### Empfänger

Unser Fernsteuer-Empfänger arbei-



Die Innenschaltung des Empfänger ICs (dargestellt ist nur der HF-Teil).

wird in einer oder in mehreren Verstärkerstufen verstärkt und gefiltert und dem Detektor oder Demodulator zugeführt, der aus dieser Hochfrequenz das ursprüngliche Steuersignal wieder ableitet.

Wie Sie aus dem Innenschaltbild des Empfänger-ICs ersehen, wird das Empfangssignal (27 MHz) mit T3/C3 gefiltert und der Mischstufe zugeführt. Diese besteht aus Q1 und Q2. Das Oszillatorsignal (27 MHz minus 455 kHz) wird mit den

Transistoren Q3/4/5 erzeugt und ebenfalls auf den Mischer gegeben. Am Kollektor von Q2 steht schon die ZF (Zwischenfrequenz) von 455 kHz, die mit dem ZF-Verstärker Q7/Q8/Q10 und T2 verstärkt und gefiltert wird. Der Detektor A1 erzeugt aus der Zwischenfrequenz das ursprüngliche Impulspaket. Dieses steht am Demodulator-Ausgang A3 zur weiteren Verarbeitung bereit. In den nachfolgenden Logik-Stufen wird das Impuls-

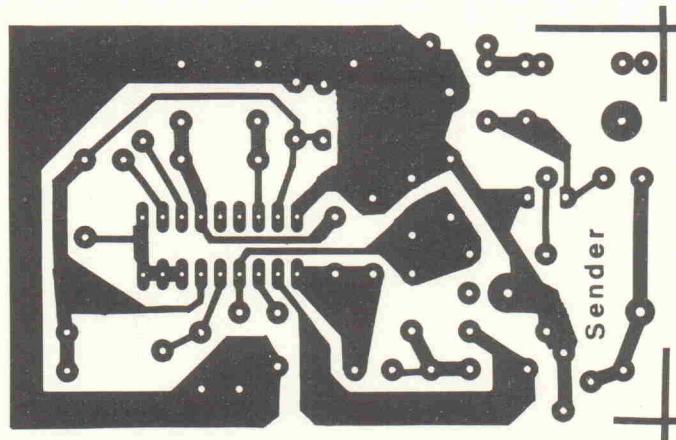
paket fein säuberlich auf die einzelnen Servo-Ausgänge des ICs verteilt, so daß dort jeweils ein Impuls ansteht, dessen Länge exakt der Stellung des Steuerknüppels am Sender entspricht. Die AGC (Automatic-Gain-Control), bestehend aus A2 und Q9, sorgt dafür, daß die Verstärkung der ZF-Stufen in Abhängigkeit von der Größe der Antennenspannung nachgeregelt wird.

### Einkaufshinweise

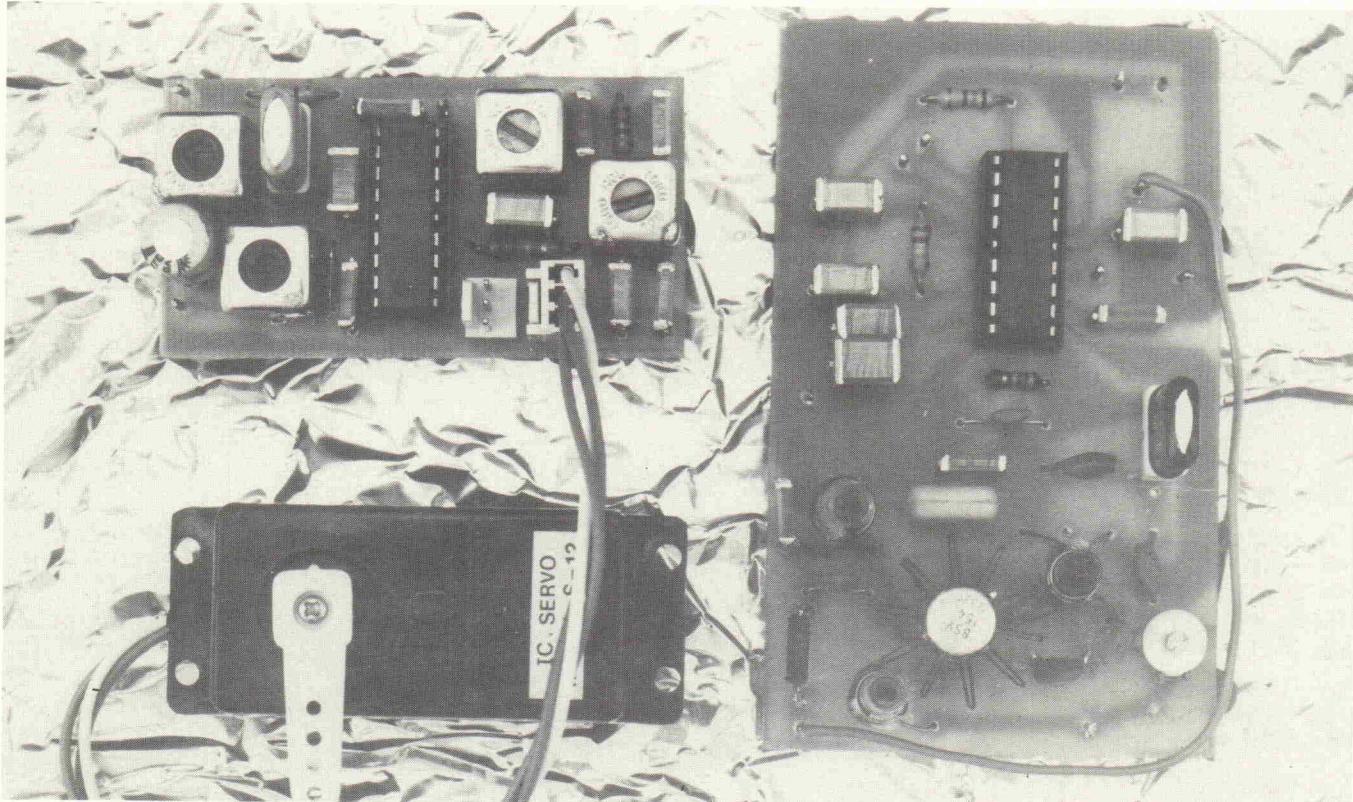
Alle Toko-Spulen gibt es bei Componex, Liebigstr. 25, 4000 Düsseldorf 30, {Mindestbestellwert 25,- DM}.

Die CLC-Sende-Antenne (Bestellbezeichnung CLC, 11 M) und die beiden Steuerknüppel (SSM 2/4) haben wir bei Völkner, Postfach 5320, 3300 Braunschweig erstanden und die Servostecker und -sockel (Bestellnummer: 230685) bei Conrad, Postfach 1180, 8452 Hirschau.

Die ICs LM 1872N, LM 1871N können unter anderem bezogen werden von: Jürgen P. Güls Elektronik, Postfach 1801, 5100 Aachen.



Das Platinen-Layout für den Sender.



Hier sehen Sie die Sender- und Empfängerplatine vor dem Einbau in die entsprechenden Gehäuse.

# Gitarrenvorverstärker

Dieser Vorverstärker ist in der Lage, eine Hochleistungsstufe auszusteuren. Das Gerät ist einfach aufgebaut und bietet vielfältige Einsatzmöglichkeiten.

Die Stromversorgung des Vorverstärkers erfolgt sinnvoll aus einem bereits vorhandenen Endverstärkernetzteil, wenn die Einheit fest in das Verstärkergehäuse eingebaut werden soll. Der Vorverstärker kann aber auch als separates Gerät mit eigenem Netzteil betrieben werden. Dazu wird ein kleiner Netztransformator mit einer 12 V-0 V-12 V-Wicklung benötigt. Alle anderen Bauelemente des Netzteils einschließlich der Spannungsregler befinden sich auf der Leiterplatine.

## Die Schaltung

Die Schaltung besteht aus vier Eingangsstufen, gefolgt von einer Mischstufe, der Klangregelung und dem Ausgangsverstärker. In der Schaltung wird der Operationsverstärker RC 4136 verwendet. Dieser Baustein erscheint insbesondere deswegen geeignet, weil er 4 OpAmps enthält.

Ein IC wird für die 4 Eingangsstufen verwendet, ein weiteres für die Mischstufe, die Klangbeeinflussung und den Ausgangsverstärker.

Jeder Signaleingang führt auf je eine Verstärkerstufe des ersten 4136. Hier werden die Eingangssignale vorverstärkt, bevor sie auf die Pegeleinsteller gelangen.

Die Eingangsstufen besitzen eine Verstärkung von jeweils 20 dB, so daß bei einer Eingangsspannung von 50 mV 500 mV an der Pegeleinstellung zur Verfügung stehen.

Werden die Eingangspotentiometer auf Mittelstellung gebracht, verringert sich die verfügbare Spannung auf wiederum 50 mV. Ohne Eingangsverstärker würde die Signalspannung an den Potentiometern aber nur noch 5 mV betragen. Das würde eine erhebliche Verringerung des Signal-Störabstandes bedeuten.

Die Eingangsverstärker besitzen einen Eingangswiderstand von 100 kOhm, so daß die allermeisten Gitarren und Mikrofone angeschlossen werden können.

Die Ausgänge der vier Eingangspegeleinsteller werden zusammengeführt und gelangen auf eine weitere Verstärkerstufe. In dieser Mischstufe addieren sich die Signale der vier Eingangskanäle ohne gegenseitige Beeinflussung. Diese Art der Signalüberlagerung wird in den meisten NF-Mischstufen verwendet.

Bild 1 zeigt die Schaltung eines idealen Operationsverstärkers mit negativer Rückkopplung über den Widerstand  $R_f$ .

Wenn ein Strom in den invertierenden Eingang hineinfließt, wird der Ausgang des OpAmps negativ. Das hat einen Strom durch den Widerstand  $R_f$  zur Folge, der so groß wird, bis die Spannung am invertierenden Eingang wieder 0 Volt erreicht.

Der Ausgang des Operationsverstärkers versucht also stets, den invertierenden Eingang virtuell auf Null zu halten. Das gilt, solange der Verstärker nicht übersteuert wird.

Die Ausgangsspannung des OpAmps errechnet sich folgendermaßen:

$$U_a = -I_{in} \cdot R_f$$

mit  $U_a$  = Ausgangsspannung

$I_{in}$  = Signaleingangsstrom

$R_f$  = Rückkopplungswiderstand

Wenn dem Verstärkerereingang über Widerstände mehrere Eingangsströme zugeführt werden, bestimmen sich diese aus der Eingangsspannung und dem betreffenden Eingangswiderstand. Da der invertierende Eingang einen virtuellen Nullpunkt darstellt, erfolgt keine Beeinflussung der Eingangsströme untereinander.

Der gesamte Eingangstrom ergibt sich demnach als Summe der einzelnen Eingangsströme.

$$I_{in} = I_1 + I_2 + I_3 + I_4$$

Mit

$$U_a = -I_{in} \cdot R_f$$

gilt weiterhin:

$$U_a = -R_f \cdot (I_1 + I_2 + I_3 + I_4) \\ = -(U_1 + U_2 + U_3 + U_4)$$

Die Ausgangsspannung ist also gleich der Summe der einzelnen Eingangsspannungen – genau das, was von einer Mischstufe gefordert wird. Auf die Mischstufe folgt die Schaltung zur Klangeinstellung.

## Technische Daten

Fremdspannungsabstand . . . . . 69 dB

(bezogen auf 50 mV)

Eingangssignal und 1 V

Ausgangsspannung)

Frequenzgang

30 Hz . . . . . 20 kHz . . . . . ±1 dB

Klangregelung

Baß . . . . . ±17 dB (50 Hz)

Mitten . . . . . ±22 dB (1,5 kHz)

Höhen . . . . . ±22 dB (10 kHz)

maximale

Ausgangsspannung . . . . . 7 V

Die Einstellung der Höhen, Tiefen und des Mitteltonbereiches erfolgt mit Potentiometern, die zusammen mit geeigneten RC-Kombinationen im Rückkopplungszweig eines weiteren Operationsverstärkers liegen. Mit den Potentiometern kann der Anteil des auf den Eingang des OpAmps zurückgekoppelten Ausgangssignals verändert werden. Dadurch wird der Frequenzgang dieses Schaltungsteils beeinflußt.

Wir nehmen an, daß die meisten Gitarristen eine stärkere Klanganhebung und Absenkung wünschen, als in normalen HiFi-Verstärkern möglich ist. Daher hat die Tiefeneinstellung hier eine Anhebung und Absenkung von 16 dB, und die Höhen und der Mitteltonbereich können sogar um etwa 20 dB beeinflußt werden.

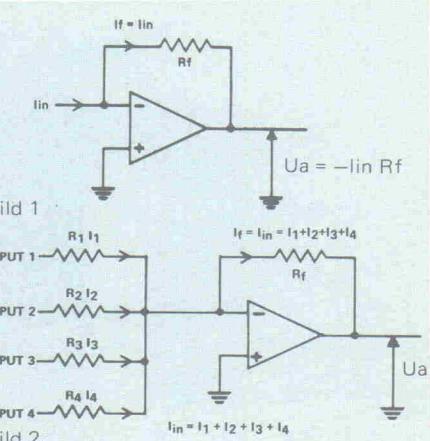
Das Ausgangssignal der Klangeinstellung gelangt auf das Volumen-Potentiometer und von dort auf den Ausgangsverstärker. Seine Ausgangsimpedanz beträgt 100 Ohm, und die maximale Ausgangsspannung liegt bei 20 V Spitze-Spitze. Das ist mehr, als zur Vollaussteuerung der meisten Leistungsverstärker benötigt wird.

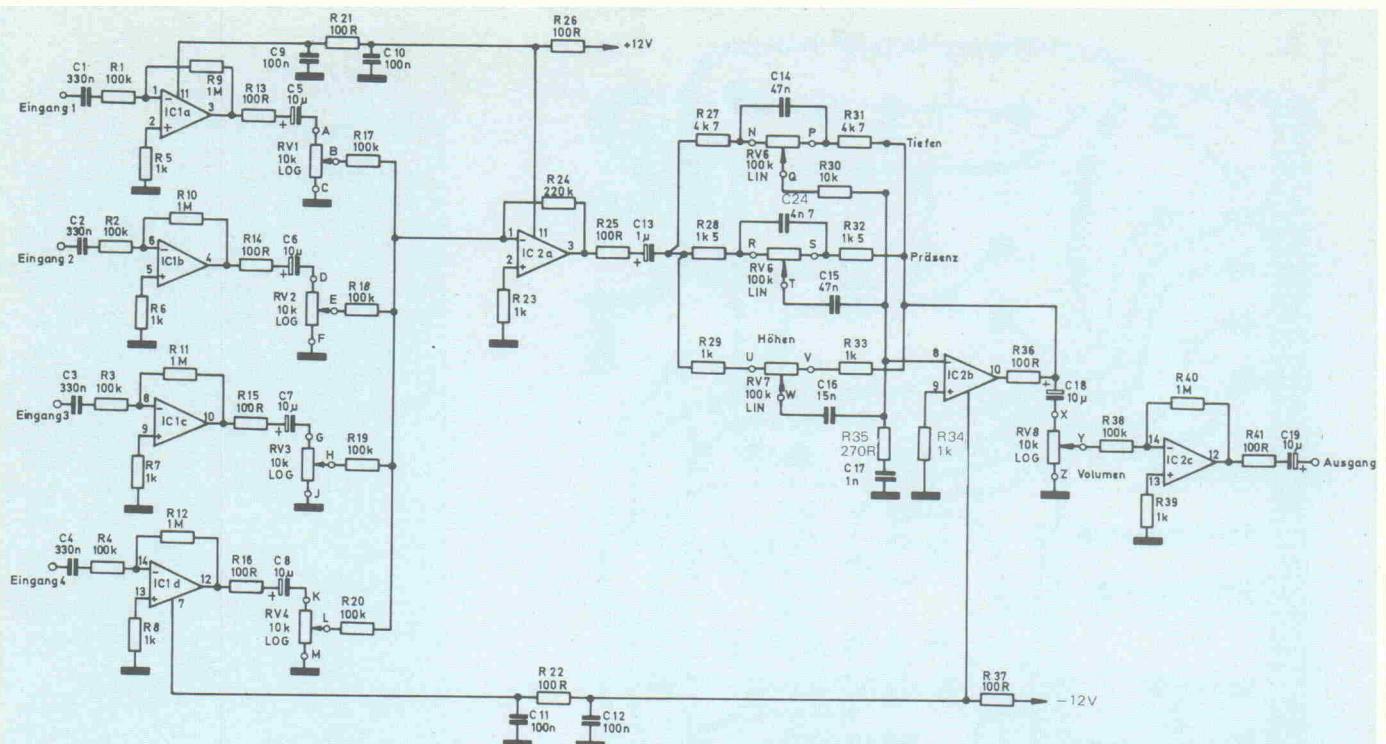
## Der Aufbau

Die gesamte Schaltung wird auf der Leiterplatine aufgebaut. Wir empfehlen Ihnen, unser Platinen-Layout zu verwenden, da anderenfalls Brummschleifen und Stabilitätsprobleme auftreten könnten.

Zuerst werden die Widerstände und nicht-polarisierten Kondensatoren eingelötet. Darauf folgen Elektrolyt- und Tantal-kondensatoren. Achten Sie dabei auf die richtige Polung.

An den meisten Elektrolytkondensatoren ist die negative Elektrode durch einen





Schaltbild für den Gitarrenvorverstärker. Bei hochohmigen Tonabnehmern kann R1 auf 470k und R9 auf 4M7 vergrößert werden.

schwarzen Pfeil gekennzeichnet. Die Polarität von Tantalkondensatoren wird durch die Position eines Punktes festgelegt.

Nun werden die Dioden des Netzteils und die ICs eingebaut. Achten Sie wiederum auf die richtige Polung.

Wenn der Vorverstärker in ein separates Metallgehäuse eingebaut werden soll, benötigen Sie einen Netztransformator. Er wird soweit wie möglich von der Leiterplatine entfernt befestigt. Da die Eingangsbuchsen höchstwahrscheinlich in die Frontplatte des Gehäuses eingebaut werden, wird das Gehäuse zwangsläufig an dieser Stelle auf die Schaltungsmasse gelegt.

Wenn beim Einsatz des Gerätes Brummstörungen auftreten sollten, liegt das mit großer Sicherheit an diesem Massepunkt. Das Problem kann durch Verwendung isolierter Eingangsbuchsen behoben werden. Wir konnten bei Verwendung solcher Buchsen keine nennenswerte Brummempfindlichkeit der Schaltung mehr feststellen. Ein- und Ausgangsbuchsen werden über abgeschirmtes Kabel mit der Platine verbunden.

In unserem Prototyp haben wir die Potentiometer mit verzinktem Kupferdraht angeschlossen. Sollten die Verbindungsleitungen jedoch länger werden, müssen auch hier abgeschirmte Leitungen verwendet werden.

Abgleicharbeiten sind nicht notwendig. Überprüfen Sie aber vor dem Einschalten

des Gerätes noch einmal die Leiterplatine auf richtige Bestückung.

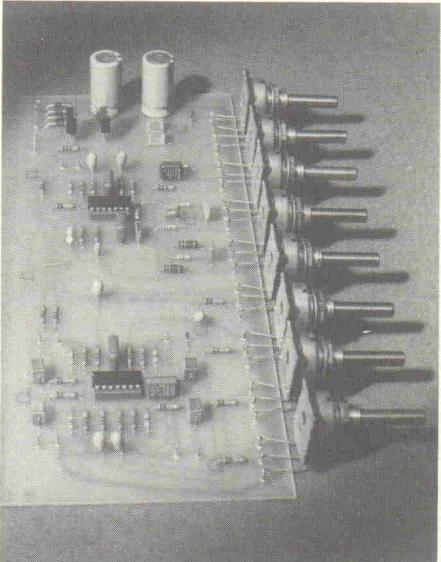
### Wer einschaltet, bezahlt auch ...

Drehen Sie alle Eingangspotis und das Ausgangslautstärkepotentiometer auf 'leise'. Dann werden die Potis der Klangeinstellung auf Mittenposition gebracht. Nun wird an den Ausgang ein passender Leistungsverstärker angeschlossen. Dieser wird aber erst dann eingeschaltet, wenn die Kabel-Verbindung hergestellt ist.

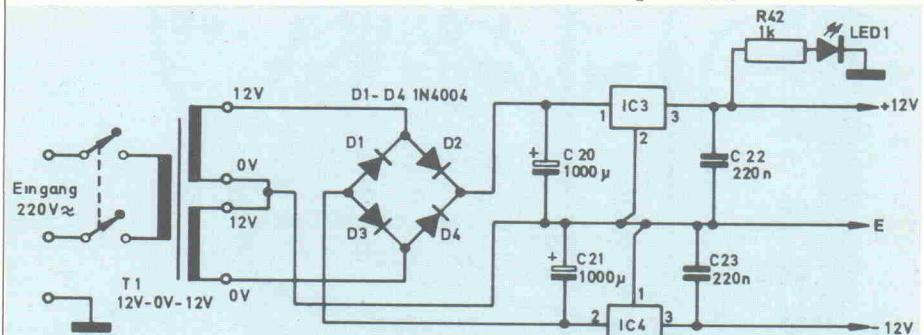
Dadurch wird vermieden, daß plötzlich Brummen oder Knacken in den Leistungsverstärkereingang gelangt und eventuell die Lautsprecher überlastet werden.

Jetzt können Sie eine Gitarre anschließen und den Eingangspegelsteller des entsprechenden Kanals aufdrehen. Anschließend wird das Ausgangspoti vorsichtig aufgedreht, bis die gewünschte Lautstärke erreicht ist. Die Klangeinstellung kann ganz nach Wunsch verändert werden.

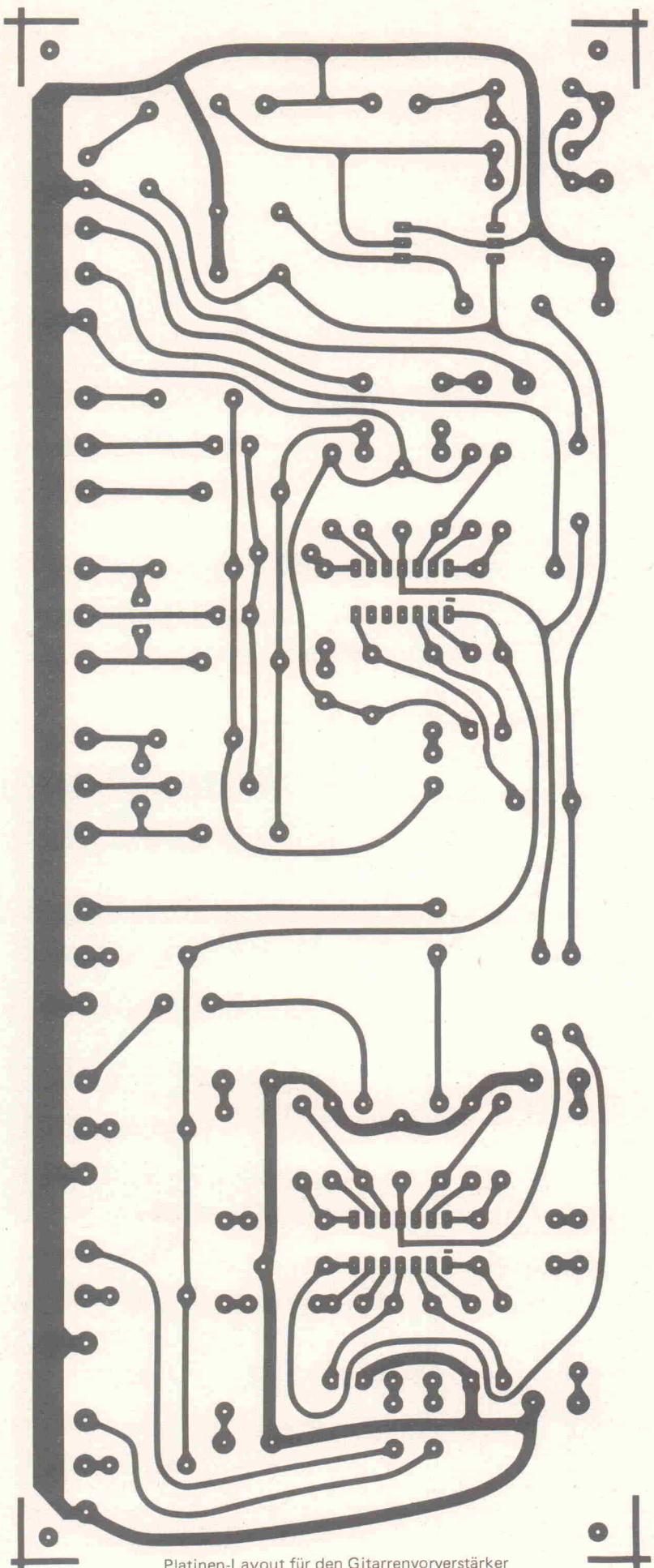
Nach ein paar Versuchen werden Sie die Möglichkeiten Ihres Vorverstärkers erkannt haben.



Ansicht der fertigen Platine



Schaltbild für das Netzteil. Beachten Sie bitte, daß sich außer T1 und LED 1 alle Teile auf der Platine befinden.



Platinen-Layout für den Gitarrenvorverstärker

### Wie funktioniert's?

Die vier Eingangsstufen benutzen jeweils einen der Operationsverstärker des Vierfach-OpAmps RC 4136. Diese Operations-Verstärker sind intern kompensiert und benötigen daher keine externen Kompensationskondensatoren. Die Eingangsstufen sind als invertierende Verstärker mit einer Verstärkung von 10 (20 dB) geschaltet. Die Verstärkung wird durch das Verhältnis von Rückkopplungswiderstand zu Eingangswiderstand festgelegt. Der 100 Ohm-Widerstand in Serie mit dem Ausgang entkoppelt die Verstärkerschaltung von komplexen Impedanzen, die sonst zu Instabilitäten führen könnten.

Die Widerstände R21, R22 und die Kondensatoren C9 und C10 entkoppeln die positive und negative Versorgungsspannung der Eingangsstufen von der übrigen Schaltung.

Die Ausgangssignale der Eingangsstufen gelangen in eine Mischschaltung. Hier werden alle Signale, wie im Text beschrieben, addiert.

Anschließend gelangt das Summensignal auf die Schaltung zur Klangbeeinflussung und dann über das Hauptlautstärkepotentiometer und die letzte Verstärkerstufe auf den Ausgang.

Die Klangbeeinflussung arbeitet so ähnlich wie die Mischstufe: Die Signalanteile der Höhen-, Präsenz- und Tiefeneinstellung addieren sich ohne gegenseitige Beeinflussung am invertierenden Eingang des nachfolgenden OpAmps. Dieser Schaltungsteil besteht also in Wirklichkeit aus 3 separaten parallel arbeitenden Gegenkopplungs-Zweigen.

Jede Klangbeeinflussung besitzt ein Potentiometer mit 2 in Serie geschalteten Widerständen, die zusammen den wirksamen Eingangs- und Rückkopplungswiderstand bilden. Die Stellung des Potentiometerabgriffs bestimmt die Verstärkung der betreffenden Schaltung in Verbindung mit dem OpAmp.

Wenn nun ein Kondensator hinzugefügt wird, so entsteht bei Parallelschaltung zum Potentiometer ein Tiefpaß und bei Serienschaltung mit dem Abgriff ein Hochpaßverhalten.

Der Präsenzkanal besitzt beide Be-  
schaltungen und stellt damit ein  
variables Bandpaßfilter dar.

Die Stromversorgung ist einfach aufgebaut. Es werden übliche Spannungsregler verwendet, um eine gute Stabilität der Versorgungsspannungen zu gewährleisten und das Brummen möglichst gering zu halten.

## Stückliste

## Widerstände 1/4 W, 5%

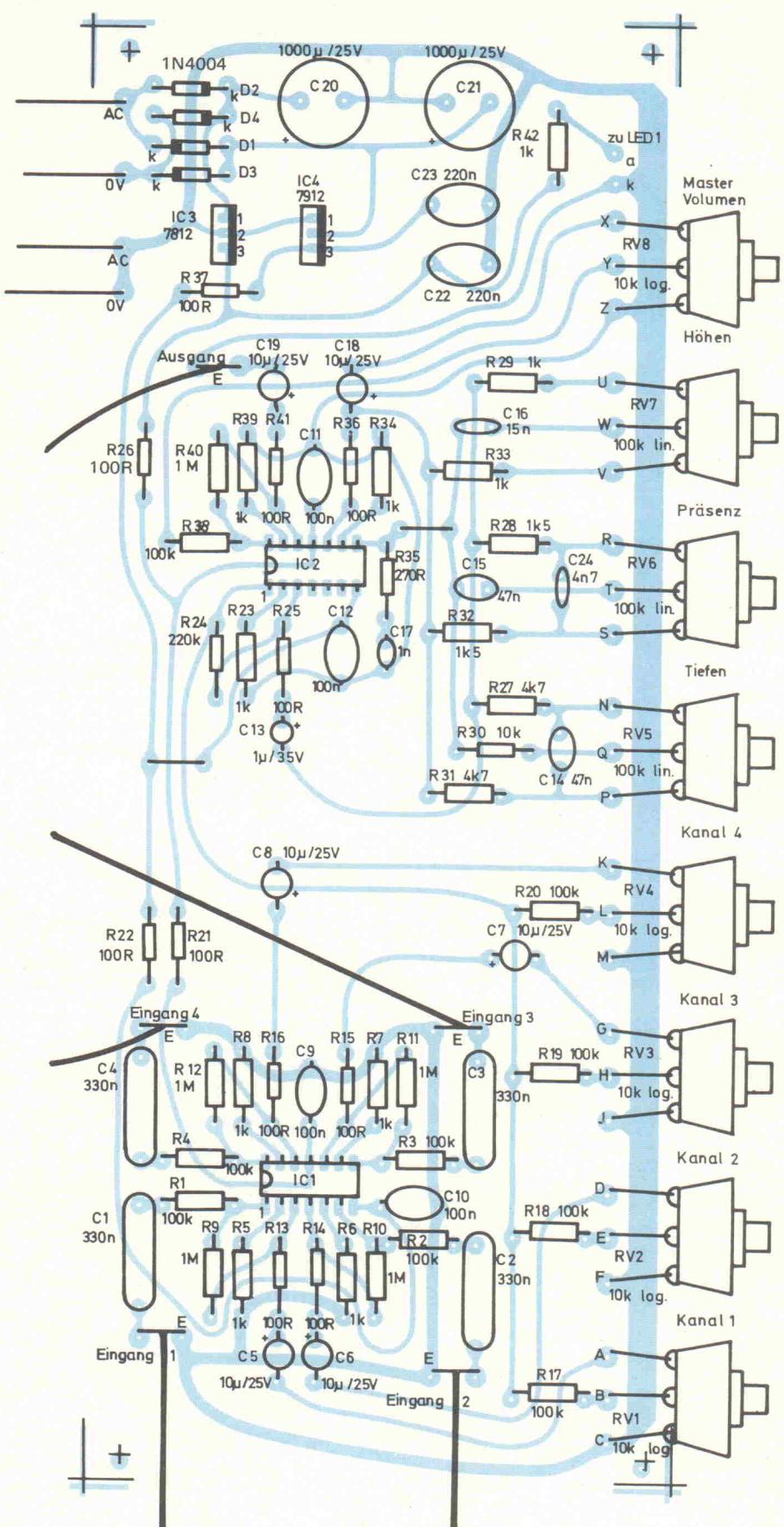
R1, 2, 3, 4,	
17, 18, 19,	
20, 38	100k
R5, 6, 7, 8, 23	
29, 33, 34,	
39, 42	1k
R9, 10, 11,	
12, 40	1M
R13, 14, 15,	
16, 21, 22,	
25, 26, 36,	
37, 41	100R
R24	220k
R27, 31	4k7
R28, 32	1k5
R30	10k
R35	270R

Potentiometer  
RV1, 2, 3,  
4, 8            10k log.  
RV5, 6, 7    100k lin.

Kondensatoren  
 C1, 2, 3, 4 330n Folie  
 C5, 6, 7, 8,  
 18, 19 10 $\mu$ , 25 V E  
 C9, 10, 11, 12 100n Folie  
 C13 1 $\mu$ , 35 V Ta  
 C14, 15 47n Folie  
 C16 15n Folie  
 C17 1n Folie  
 C20, 21 1000 $\mu$ /25 V  
 C22, C23 220n Folie  
 C24 47n Folie

Halbleiter  
 IC1, IC2 RC4136 oder TL075C  
 IC3 7812  
 IC4 7912  
 D1, D2, D3,  
 D4 1N4004  
 LED1 TIL220

Verschiedenes  
Trafo 12 V-0 V-12 V, 20 VA  
Netzkabel, Schalter, Sicherung,  
Klinkenbuchsen, Knöpfe, Gehäuse.



## Bestückungsplan für den Gitarrenvorverstärker

# Brumm-Filter

Haben Sie in Ihrer Hi-Fi-Anlage Probleme mit dem Netzbrummen? Unser Sperrfilter verringert diese Störsignale auf unhörbare Pegel.

Das vom Netztransformator des Leistungsverstärkers erzeugte magnetische Wechselfeld kann im Vorverstärker und im Tonbandlaufwerk Brummspannungen induzieren. Bereits ein in der Nähe der Hi-Fi-Anlage verlaufendes Netzkabel kann ebenfalls zu derartigen Störungen führen, die häufig nur sehr schwer zu beseitigen sind. Theoretisch können Brummspannungen bei ordnungsgemäßer Abschirmung der signalführenden Leitungen und guter Erdung nicht auftreten. Die Praxis sieht jedoch meist anders aus.

Das im folgenden beschriebene Gerät kann eingesetzt werden, um Brummspannungen zu reduzieren, die von netzführenden Leitungen und netzbetriebenen Bauteilen in anderen Teilen der Schaltung erzeugt werden. Es handelt sich um ein extrem schmalbandiges Sperrfilter (Notchfilter) mit einer Sperrfrequenz von 50 Hz.

Alle Signale dieser Frequenz werden stark abgeschwächt, während Signalkomponenten mit ober- und unterhalb der Sperrfrequenz liegenden Frequenzen ohne Beeinflussung bleiben. Die Güte Q einer abgestimmten Schaltung – es handelt sich dabei um ein im Rückkopplungskreis einer Verstärkerstufe liegendes RC-Netzwerk – bestimmt die Bandbreite des Sperrbereiches und damit den Frequenzgang der Schaltung.

Ein hohes Q im RC-Netzwerk erzeugt beiderseits der Sperrfrequenz eine sprunghafte Änderung des Frequenzganges, so daß bereits Signalfrequenzen, die nur wenig von der Sperrfrequenz abweichen, kaum noch von der Filterschaltung beeinflußt werden.

Bei niedrigem Q erfolgt die Signalbeeinflussung durch das Sperrfilter in einem größeren Frequenzbereich um die Sperrfrequenz. Mit höherer Güte läßt sich bei der Sperrfrequenz eine größere Abschwächung des Signals erreichen.

Diesem Vorteil steht der Nachteil einer größeren Empfindlichkeit für Toleranzen der Bauteile gegenüber, die sich auf die Lage der Sperrfrequenz auswirken. Wertänderungen können z. B. durch Temperaturschwankungen und Alterung hervorgerufen werden.

Die Einstellung eines Sperrfilters hoher Güte auf die gewünschte Sperrfrequenz von 50 Hz ist etwas kritisch; während-

dessen ist der Abgleich bei niedrigem Q unproblematisch.

Das an unserem Prototyp eingestellte Q ist ein Kompromiß zwischen möglichst problemloser Frequenzeinstellung bzw. geringerer Drift und möglichst großer Signalabschwächung bei geringer Beeinflussung von Nachbarfrequenzen. Der Maximalwert der Signalabschwächung liegt bei 80 dB und die 3 dB-Bandbreite bei 40 Hz bzw. 58 Hz.

Die Verwendung des Sperrfilters führt zu wahrnehmbaren, aber minimalen und nicht störenden Beeinflussungen der Basswiedergabe des Hi-Fi-Systems.

## Der Aufbau

Zuerst wird die Platine mit Widerständen und Kondensatoren bestückt. Achten Sie dabei unbedingt auf richtige Polung der Tantalkondensatoren. Anschließend werden die Trimpotentiometer zur Frequenzeinstellung eingebaut und dann folgen die Transistoren.

Die Schaltung wird an einer 9 V-Batterie betrieben und zieht ungefähr 200  $\mu$ A, so daß die Lebensdauer der Batterie mehrere Monate beträgt.

Zur Schonung der Batterie kann natürlich auch ein Schalter verwendet werden.

Das Filter kann nahezu an jeder Stelle der Vorverstärkerkette eingesetzt werden, da es sehr übersteuerungssicher ist (ca. 8 V<sub>SS</sub>). Sinnvollerweise wird es jedoch hinter der Stufe eingebaut, in die der Brumm einstreut.

Häufig werden auch in den magnetischen Tonabnehmern des Plattenspielers Brummspannungen induziert. In diesem Fall kann das Sperrfilter zwischen Tonabnehmer und Phonoeingang des Verstärkers geschaltet werden, da das Filter die für Phonoeingänge typische Eingangsimpedanz von 47 k || 10 pF besitzt.

Wenn das Filter eingebaut ist, wird jeder Kanal für sich mit dem entsprechenden Trimpotentiometer auf minimales Brummen eingestellt.

## Wie funktioniert's?

Die Schaltung enthält ein Doppel-T-Sperrfilter, das mit den Kondensatoren C3, C4, C5 und den Widerständen R3, R4, R8 und dem Trimpotentiometer RV1 gebildet wird. Für das Doppel-T-Filter gilt die Forderung

$$C_3 = C_4 = C_5 / 2$$

und

$$R_3 + RV_1 = R_4 = 2 \cdot R_8$$

Diese Bedingungen müssen mit genügender Genauigkeit eingehalten werden, damit eine ausreichende Sperrdämpfung erreicht wird.

Abweichungen in den Bauteilewer-

ten können in einem bestimmten Umfang mit RV1 ausgeglichen werden. Außerdem ist mit dem Trimpotentiometer exakt die gewünschte Sperrfrequenz von 50 Hz einstellbar.

Die Sperrfrequenz ergibt sich nach der Formel

$$f = \frac{1}{2\pi R_4 \cdot C_4}$$

Der Transistor arbeitet als Emitterfolger mit der Spannungsverstärkung 1. Da die Ausgangsspannung am Emitter des Transistors auf das RC-Sperrfilter zurückgekoppelt wird, erhöht sich die Güte der Schaltung.

## Stückliste

Widerstände 1/4 W, 5%

R1, R101 68k

R2, R102 27k

R3, R103,

8, 108 22k

R4, R104 47k

R5, R6,

R105,

R106 470k

R7, R107 33k

Kondensatoren

C1, 101 10pF ker

C2, C102,

6, 106 1 $\mu$  Tantal

C3, C4, C103,

C104 68n MKH

C5, C105 150n MKH

Potentiometer

RV1, RV101 50k min Trimmer

Halbleiter

Q1, Q101 BC109

Verschiedenes

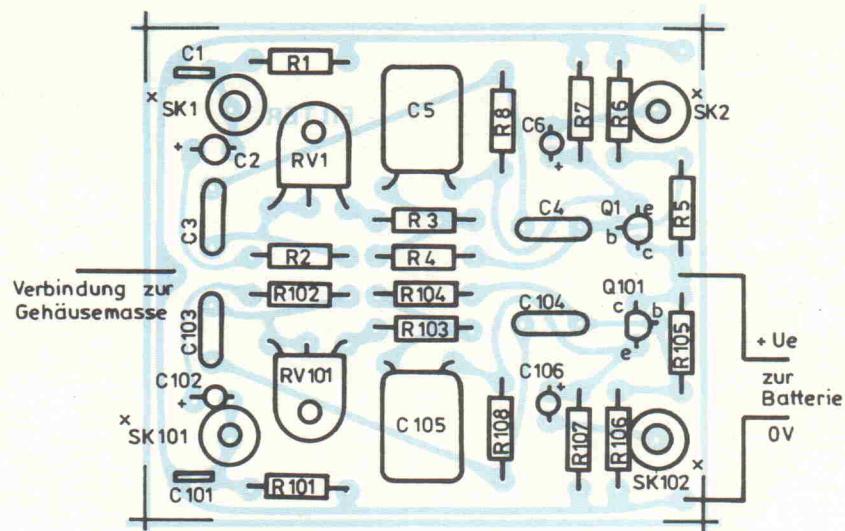
Platine, Gehäuse, Buchsen

Änderungen für 100 Hz-Betrieb

R4, R104 22k

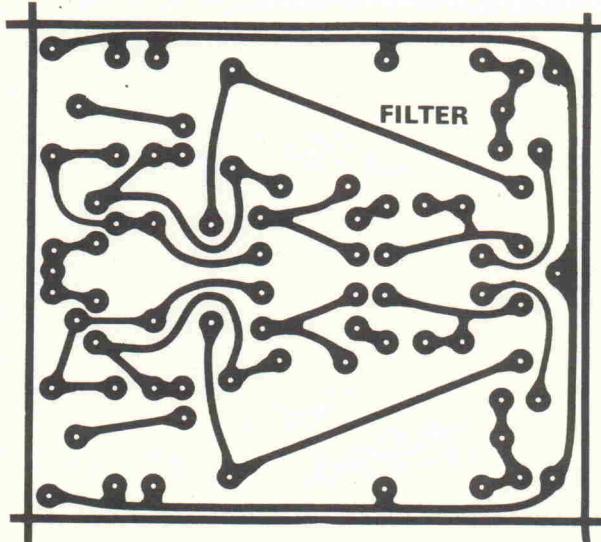
R8, R108 10k

R3 durch Drahtbrücke ersetzen



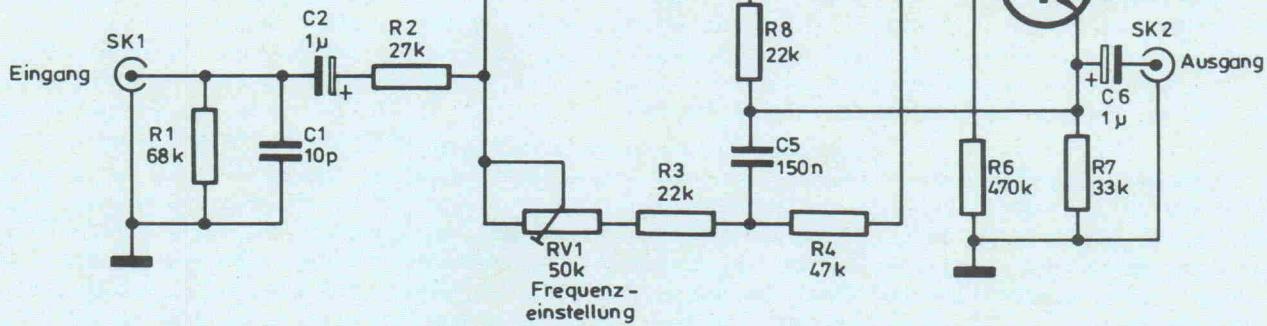
\* An diesen Stellen sind die Ein- und Ausgangsbuchsen in der Frontplatte befestigt

Der Bestückungsplan für das Brummfilter.



Das Platinen-Layout für das Brummfilter

Nur ein Kanal gezeichnet!  
Die Teile-Nummern für den zweiten  
Kanal beginnen mit 101.



Das Schaltbild für einen Kanal des Brummfilters.

# Schnellader

Wie oft schon benötigten Sie rasch NiCad-Batterien und stellten fest, daß sie nur wenig oder gar nicht aufgeladen waren? Sicherungen im Auto schmelzen immer nachts, wenn die Taschenlampen-Akkus schwach sind; Photomotive bieten sich immer dann, wenn die Blitzlicht-Batterien vollständig leer sind; und auf dem 2-m-Band werden Sie gerade angerufen, wenn Ihre tragbare Stromversorgungsquelle ungewöhnlich schwach ist. (Dies sind übrigens die üblichen Folgeerscheinungen des Murphyschen Gesetzes.)

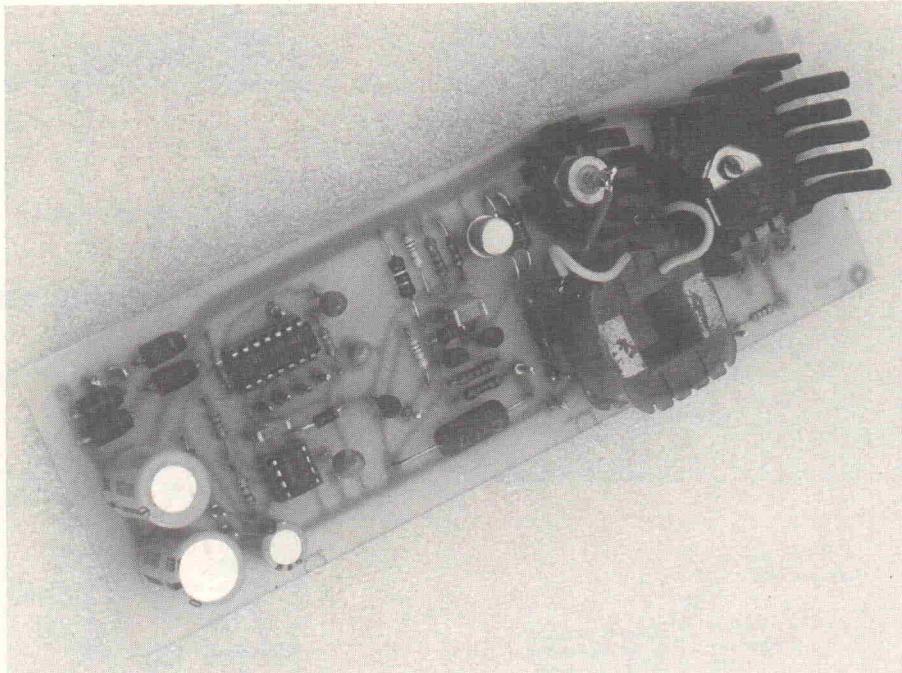
NiCad-Zellen sind sonderbare Elemente. Sie haben viele eigenartige und erstaunliche Verhaltensweisen, wie z. B. die Selbstentladerate von angenähert 1% pro Tag. Diese und andere Einflußgrößen machen ein sorgfältiges Behandeln notwendig, und deshalb wird auch zum Laden ein Strom von 1/10 des Nennstroms für die Dauer von 14 Stunden empfohlen. Aber auch diese Vorsichtsmaßnahme hat Nachteile. Die Batterien dürfen bei diesem Ladestrom nicht für unbestimmte Zeit angeschlossen werden. 24 Stunden sind in etwa die erlaubte Höchstdauer. Sicher ist es, wenn man die Zellen (bei unbeschränkter Ladezeit) mit 1/50 des Nennstroms auflädt. Doch auch hiermit sind nicht vollständig aufgeladene Akkus möglich – ebenso ergeben sich Schwierigkeiten, bevor sie wirklich entladen sind! Alles in allem werden die Zellen am besten behandelt, wenn sie mit einem konstanten Strom entladen und mit einem Ladestrom von gerade dem richtigen Wert im mittleren Stunden-Bereich aufgeladen werden.

Dies bringt uns jedoch wieder zu dem Problem zurück, daß Batterien nicht immer mit der vollen Kapazität zur Verfügung stehen oder daß sie infolge dauernden Überladens beschädigt werden.

Hier kommt das Schnellade-Gerät zum Einsatz. Es hat den Anschein, als ob leere NiCad-Zellen nicht nur einen geregelten Schnellaufladestrom tolerieren, sondern auch in bezug auf die Kapazität davon profitieren.

Unser Ladegerät lädt nicht nur schnell, sondern schaltet auch selbständig ab und verhindert somit kochende Batterien, was ganz sicher eintritt, wenn man das Ausschalten bei den üblichen Ladegeräten vergißt.

Stellen Sie sich ein Blitzgerät vor, das in nur 15 Minuten auf fast volle Leistungsfähigkeit 'verjüngt' worden ist. Die Wartezeit beim Laden der kleinen zylindrischen Zellen ist so für alle – ausgenommen die Ungeduldigsten unter uns – erträglich gemacht worden. Das Ladegerät verbraucht wenig Leistung, so daß nur kleine Kühlkörper



Die Platine vor dem Einbau ins Gehäuse.

per im Innern nötig sind, wodurch der gesamte Aufbau in ein Gehäuse von nur 220x180x60 mm paßt – klein genug, um es nötigenfalls in eine Kameratasche oder ein Reisekofferchen zu stecken.

## Die Wirkungsweise

Das Ladegerät ist im Grunde genommen eine Konstantstromquelle, die ungefähr 2,4A liefert und von einem Zeitschalter gesteuert wird. Der Timer wird beim Einschalten des Geräts zurückgesetzt und gibt den Stromfluß für eine bestimmte Zeitspanne frei. Diese wird mit dem Wahlschalter eingestellt.

Das Ladegerät ist recht einfach in der Anwendung. Als erstes wird es ausgeschaltet – der Zeitschalter wird dadurch zurückgesetzt. Dann werden die Batterien an die Buchsen des Ladegeräts angeschlossen (Zellen bis höchstens 12 Volt in Serie schalten). Falls sie verkehrt herum angeschlossen werden, 'sehen' sie eine sehr kleine Impedanz und entladen sich. Da-

durch könnten sie zerstört werden – falls sie in umgekehrter Richtung aufgeladen werden, wäre das ebenso sehr ungünstig für sie! Die Polungsanzeige-LED leuchtet daher bei falsch angeschlossenen Zellen auf, aber sie spricht nicht an bei Spannungen, die kleiner als 2,4V sind.

So kann zusammenfassend gesagt werden, daß eine sorgfältige Prüfung angebracht erscheint, ob die Zellen richtig angeschlossen wurden. Als nächstes wird die Ladedauer gewählt, indem der Zeitschalter eingestellt wird. Dann wird das Ladegerät eingeschaltet. Wenn die eingestellte Zeitspanne verstrichen ist, wird die 'Lade'-LED dunkel, woraus Sie ersehen können, daß sich das Ladegerät ausgeschaltet hat.

Das Ladegerät liefert ein wenig mehr Strom als von der Batteriekapazität her benötigt wird. Dies ist erwünscht, um den schlechten Wirkungsgrad beim Aufladevorgang wieder wettzumachen, d. h. unter normalen Bedingungen werden 14 Stunden mit 1/10 des Nennstroms benötigt, um eine Zelle voll aufzuladen. Somit be-

nötigt man mehr als eine Stunde bei einer Ladung mit Nennstrom – in der Tat wahrscheinlich 1 1/2 Stunden! Je schneller geladen wird, desto schlechter wird der Lade-Wirkungsgrad. Wenn Sie es nicht zu eilig haben, sollten Sie später eine zweite Aufladung mit kürzerer Zeit vornehmen, um eine Vollaufladung sicherzustellen: Seien Sie jedoch vorsichtig, weil manche NiCad-Zellen durch den ersten Ladevorgang schon voll aufgeladen sind und bei einem zweiten zu heiß würden.

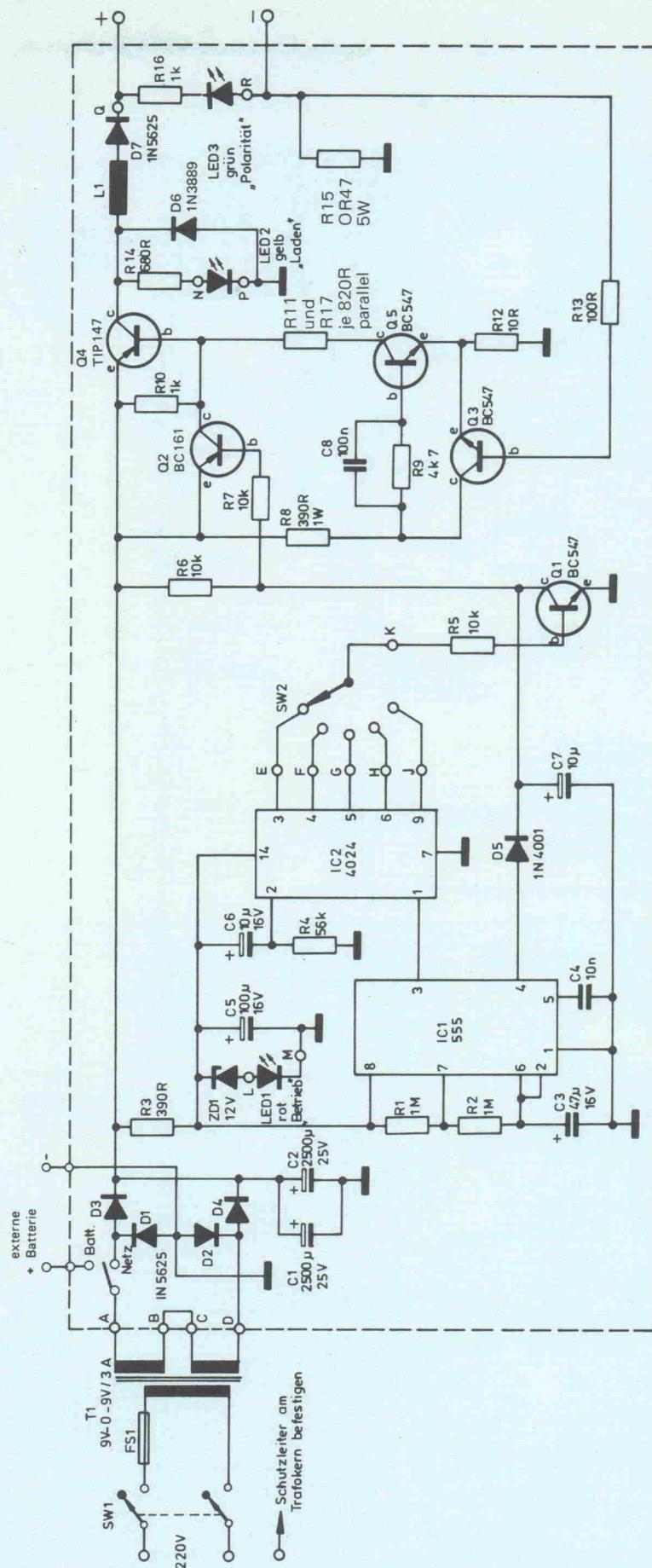
Nehmen wir z. B. an, daß eine NiCad-Batterie von 2 Ah leer ist – wir haben die Lampe letzte Nacht nicht ausgeschaltet. Wir schließen sie also an und stellen eine 1 stündige Ladung ein. Eine Stunde später schaltet das Ladegerät aus. Eine Kapazität von ungefähr 2,4 Ah wurde in einer Stunde geladen, was die Zellen mit Sicherheit vertragen haben. Wir können die Batterie nun in unserer Campingtasche verstauen, weil sie etwa auf 60% der vollen Kapazität geladen ist. Wenn wir es jedoch nicht allzu eilig haben, können wir sie zwei Stunden später nochmals für eine halbe Stunde an das Ladegerät anschließen. Im ungünstigsten Falle wird sie nun auf ungefähr 90% aufgeladen, und das reicht aus.

Wie wir sehen, kann die Batterie ein zweites Mal geladen werden, wenn nach dem ersten Mal eine Zeitspanne zum Abkühlen gelassen wird. Ebenfalls können noch nicht vollständig entladene Batterien aufgeladen werden. Es ist jedoch nicht gut, immer 'schnell' aufzuladen, ohne daß die Batterien benutzt werden, oder mehr als die angegebene Kapazität auf einmal zu laden. Es ist aber erlaubt, die halbe Kapazität in eine Zelle zu liefern, von der wir wissen, daß sie nur halb oder etwas mehr entladen ist. Die Zelle wird warm, aber nicht kochendheiß werden, wenn alles in Ordnung ist.

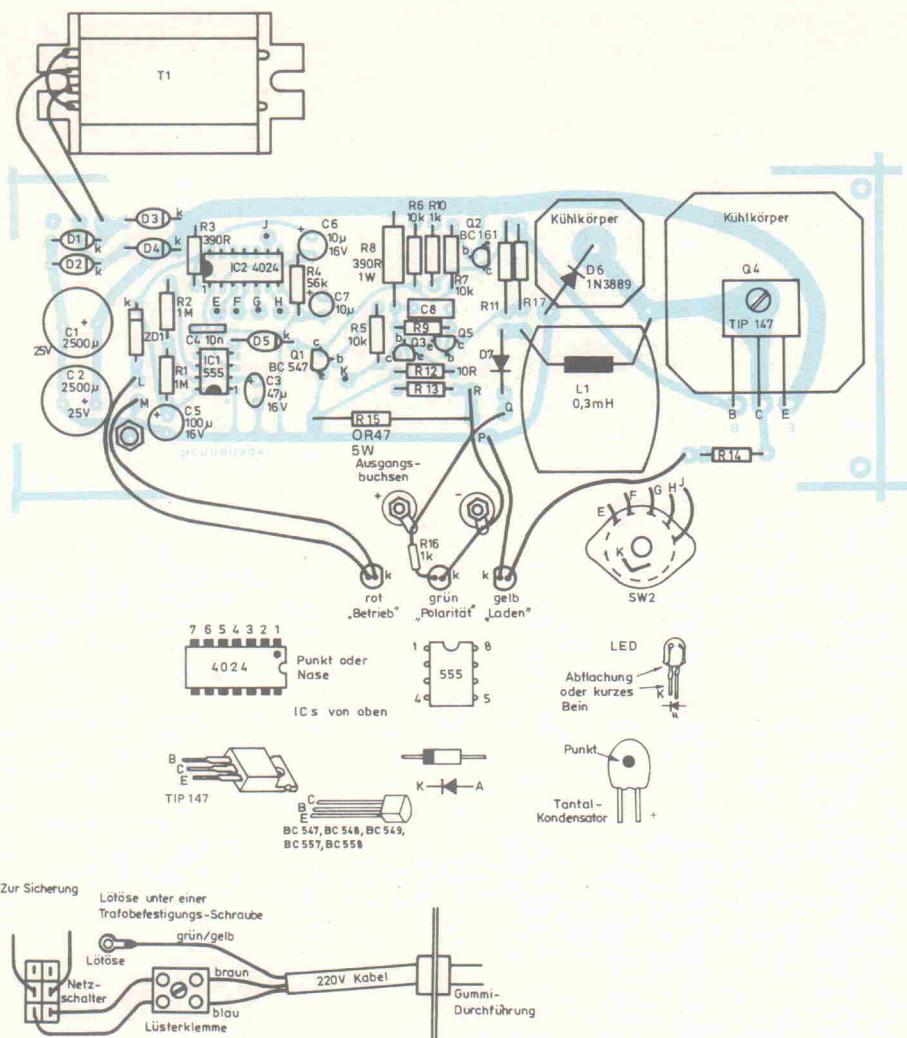
Es ist aber trotzdem recht sinnvoll, zwei Ladegeräte zu besitzen: ein 'Standard'-Gerät für Normal-Laden wie das in Elrad Heft 7/1979 beschriebene und dieses Schnellladegerät für 'Notfälle'.

## Der Aufbau

Wenn Sie entsprechend dem Bestückungsplan und den Verdrahtungsplänen vorgehen, ist der Aufbau verhältnismäßig einfach zu bewerkstelligen. Am besten wird mit den Bohrungen am Gehäuse begonnen. Wir montierten die Teile in ein Metallgehäuse von 220 mm Breite, 60 mm Höhe und 180 mm Tiefe. Dieses Gehäuse läßt sich in vier Teile zerlegen: Haube, Boden, Front- und Rückwand. In die Rückwand wurden Löcher zur Aufnahme des



Das Schaltbild für den NiCad-Schnelllader.



Bestückungs- und Verdrahtungsplan für den Schnelllader.

### Stückliste

Widerstände 1/2W, 5%	
R1, R2	1M
R3	390R
R4	56k
R5, 6, 7	10k
R8	390R, 1W
R9	4k7
R10	1k
R11, R17	820R
R12	10R
R13	100R
R14	680R
R15	0R47 (0,5 ohm), 5W
R16	1k

Kondensatoren	
C1, C2	2500μ, 25V Elko
C3	47μ, 16V Tantal
C4	10n Folie
C5	100μ, 16V Elko
C6, C7	10μ, 16V Tantal
C8	100n Folie

### Halbleiter

IC1	555
IC2	CD4024B
Q1, Q3, Q5	BC547
Q2	BC161
Q4	TIP147
D1, 2, 3, 4, 7	1N5625, 3A Dioden
D6	1N3889 (Motorola)
D5	1N4001
LED1	LED rot
LED2	LED gelb
LED3	LED grün
ZD1	12V, 400mW

### Verschiedenes

Gehäuse, Trafo 18V, 3A, Sicherung mit Halter, doppelpoliger Netzschalter, Drehschalter 1polig mit 5 Schaltstellungen, Knopf, Bananenbuchsen, Lüsterklemme, Netzkabel, Kühlkörper für D6 und Q4.

### Einkaufs-Hinweis

Die Motorola-Diode D6 ist nicht überall vorrätig. Die Firma Krogloth, Hillerstraße 6b, 8500 Nürnberg 80, hat uns jedoch versichert, daß diese Diode bei ihnen erhältlich ist.

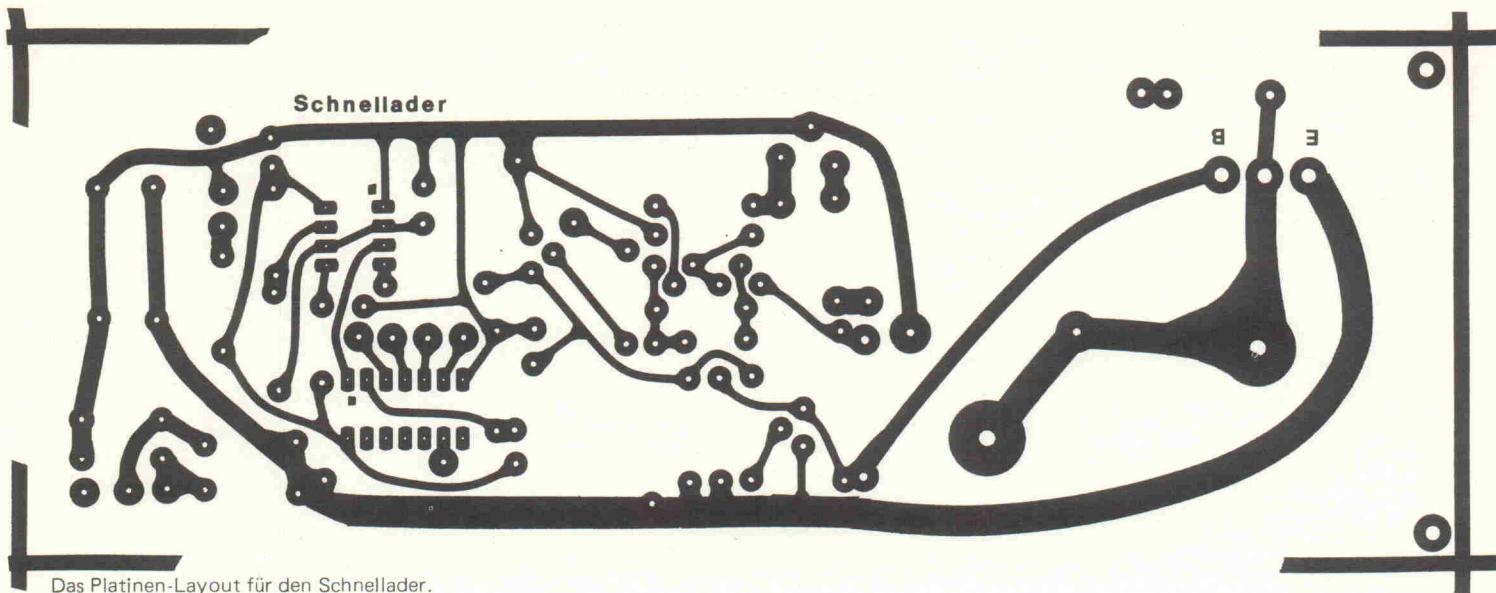
Netzkabels mit Zugentlastungs-Schelle und für die Netzsicherungshalterung gebohrt. Die Frontplatte nimmt die drei LEDs, den Drehschalter für die Zeiteinstellung, die Ausgangsbuchsen und den Netzschalter auf. Wählen Sie sorgfältig die Position für den Drehschalter, weil er nicht mit den auf der Leiterplatte montierten Teilen in Berührung kommen darf. Falls Sie einen anderen Netzschalter als den von uns verwendeten wählen, vergewissern Sie sich, daß ausreichender Abstand zu den Bauelementen der Leiterplatte gehalten wird. Wir wählten einen Drehschalter, der wenig Platz benötigt und leicht zu handhaben ist.

Die Löcher für die Platinenbefestigung werden mit der unbestückten Platine als Schablone am Gehäuseboden markiert und dann gebohrt. Dann werden – mit dem Transformator als Schablone – dessen Befestigungslöcher markiert und gebohrt. Nun ist noch das Loch für die Lüsterklemmen zu bohren.

Die geätzte Platine wird als nächstes bestückt. Alle Widerstände und Kondensatoren werden gemäß dem Bestückungsplan eingelötet, wobei auf richtige Polung bei den Elektrolyt- und Tantalkondensatoren geachtet wird. Als nächstes werden die Dioden eingelötet. Auch hier sollten Sie auf richtige Einbaulage achten. Der TIP147 sowie D6 mit den entsprechenden Kühlkörpern können nun eingelötet werden. Etwas Wärmeleiterpaste sollten Sie an die metallische Montagefläche des Transistors und an den Kühlkörper streichen. Die Transistor-Anschlußdrähte sind nun in die Bohrlöcher zu stecken, aber noch nicht anzulöten. Die Anschlußdrähte sind so zu biegen, daß das Loch der Transistor-Montagefläche sich mit dem des Kühlkörpers und dem der Platine deckt. Die drei Teile werden verschraubt, und die Transistor-Anschlußdrähte können nun angelötet werden.

Die Spule L1 wird jetzt gewickelt und eingelötet. Details über das Wickeln der Spule werden in einem besonderen Abschnitt gebracht. Welche Spule auch immer verwendet wird, sie sollte nicht größer als der vorhandene Platz auf der Platine sein.

Die zwei ICs werden zuletzt eingelötet. Auch hier auf richtige Einbaulage achten. Nachdem alle Bauelemente montiert worden sind, kann die Verdrahtung zwischen Platine und Gehäuse vorgenommen werden. Die Verdrahtung des Drehschalters SW2 ist ziemlich einfach. Die Zeichnung des Bestückungsplans gibt weitere Einzelheiten. Hier können farbige Drähte eine gute Hilfe sein, oder jeder Draht kann einer nach dem anderen ein-



Das Platinen-Layout für den Schnellader.

gelötet werden. Die Drähte müssen lang genug sein. Das Verdrahten der Bauelemente der Frontplatte lässt sich am besten bei noch nicht zusammengebautem Gerät machen. Die Drahtverbindung Platine-Ausgangsbuchsen sollte mit zwei starken Schaltdrähten (mindestens 1 mm Durchmesser) gemacht werden, weil der Ausgangstrom 2,4A beträgt. Beachten Sie den R16 und LED3, die zwischen der positiven und negativen Ausgangsbuchse angeschlossen werden.

Die Netzverdrahtung sollte entsprechend dem Schaltbild für die Netzverdrahtung vorgenommen werden. Die Anschlüsse des Netzschatlers müssen durch Isolierschlauch besonders geschützt werden. Die Netzverdrahtung wird mit starkem Schaltdraht vorgenommen, Restdrähte vom Netzkabel würden ausreichen. Stellen Sie sicher, daß der Schutzleiter zum Transformatorgehäuse länger ist als die stromführenden Leiter, die zur Anschlußklemmleiste geführt werden. Die Anschlüsse der Sicherungshalterung werden auch mit Isolierschlauch gesichert.

Nun wird jede Leitung noch einmal überprüft, bevor das Gehäuse zusammengebaut wird.

## Die Inbetriebnahme

Elektrisches Einstellen oder Abgleichen ist nicht nötig. Ein Amperemeter schließen Sie in Serie zu einer entladenen Batterie an die Ausgangsbuchsen an, wobei auf die Polung zu achten ist. Den Zeitschalter stellen Sie auf 7 Minuten. Das Ladegerät wird an das Netz angeschlossen und eingeschaltet. Die zwei LEDs sollten leuchten, und das Amperemeter

sollte nahezu 2,4A anzeigen. Falls das nicht so ist, ausschalten, Netzstecker ziehen und die Verdrahtung nochmals prüfen.

Die Ladezeiten am Kapazitätsbereichsschalter müssen nun überprüft werden. Sollten sie extrem zu kurz oder zu lang sein, könnte dies von der großen Toleranz von C3 herrühren. Um dies zu kompensieren, kann R2 nach unten auf 560 kΩ oder nach oben auf 1,5 MΩ geändert werden, um die Ladezeit entsprechend zu erniedrigen oder zu erhöhen.

## Der Gebrauch

Das Ladegerät wird vor dem Anschließen einer Batterie ausgeschaltet. Bei richtig gepolter Batterie sollte die grüne LED – beschriftet: **Verpolt** – nicht leuchten. Falls die Batterie vollkommen entladen ist, leuchtet die LED auch dann nicht, wenn die Batterie falsch angeschlossen wurde. Der Grund dafür ist, daß die Diode mindestens 2 V Betriebsspannung benötigt. Sie sollten also in jedem Fall die Batterieanschlüsse sehr sorgfältig überprüfen.

Wenn alles in Ordnung ist, den Kapazitätsbereichsschalter auf den gewünschten Bereich stellen und den Netz-Schalter einschalten. Nach der abgelaufenen Zeit schaltet sich das Gerät aus – die Batterie ist für den Gebrauch bereit.

## Die Spulendaten

Das Wickeln der Spule L1 bereitet keine besonderen Schwierigkeiten. Sie soll eine Induktivität von wenigstens 0,3 mH bei kleinstem Ohmschen Widerstand haben. Sie sollte auch in ihren Abmessungen auf den vorhandenen Platz auf der Platte passen.

Wir wickelten unsere Spule auf einen Standard-Trafospulenkörper von Philips.

Die Spulenwicklung besteht aus Lackdraht von 1 mm Durchmesser mit etwa 100 Windungen. Der Spulenkörper hat einen Innendurchmesser von 15 mm und ist 25 mm tief. Der Gleichstromwiderstand der Spule liegt bei ungefähr ein Ohm. Dies ist wirklich die obere Grenze für den Gleichstromwiderstand, der von der Schaltung noch toleriert wird, und es sollte kein dünnerer Wickeldraht verwendet werden. Die Spule wird ziemlich heiß, was nicht verwunderlich ist, da sie eine höhere Verlustleistung als Q4 abführt. Beachten Sie, daß kein Spulenkerne verwendet wird.

Eine mit 1,25 mm Durchmesser Lackdraht freigelwickelte Spule wäre ohne Zweifel kühler. Drosselspulen, die für Lautsprecher-Frequenzweichen verwendet werden, reichen ebenfalls aus, vorausgesetzt, sie haben einen Gleichstromwiderstand von weniger als ein Ohm.

## Wie funktioniert's?

Betrachtet man die Schaltung genauer, so lässt sie sich in mehrere Blöcke mit einfachen Funktionen aufteilen: Eine ungeregelte Gleichstromversorgung, bestehend aus SW1, T1, D1–D4, C1 und C2; einen Zeitkreis aus IC1, IC2, Q1 und angeschalteten Bauelementen; die eigentliche getaktete Regelung mit Q4, D6, L1 und benachbarten Bauelementen und die Ansteuerungsschaltung aus Q2, Q3, Q5 und R15. Die drei LED-Funktionsanzeigen geben dem Benutzer die Möglichkeit, sich über die Vorgänge im Inneren auf dem laufenden zu halten. Jede Einheit wird nun im einzelnen behandelt.

Die nicht geregelte Stromversorgung ist ziemlich alltäglich. Sie liefert

zwischen 17V und 25V bei einem Höchststrom von ungefähr 3A. Sie muß in der Lage sein, den vom Schaltregler benötigten Anlaufstrom von 2,5A kurzzeitig liefern zu können. Die Dioden D1 bis D4 könnten zwar 1A-Typen sein, aber sie würden beim Einschalten etwas überlastet werden und deshalb wurden der Zuverlässigkeit wegen 3A-Typen gewählt.

Eine stabilisierte Versorgungsspannung von etwa 13,7V für die ICs wird von R3, C5, ZD1 und LED1 geliefert. Die LED1 zeigt an, ob die Netzspannung vorhanden ist und ob sie ausreicht, das Gerät zu betreiben. Falls die Netzspannung abfällt, leuchtet die LED schwächer oder wird dunkel, wodurch ein 'ungesunder Betriebszustand' angezeigt wird. Die Elektronik übersteht diesen Zustand zwar für unbegrenzte Zeit, aber falls die Netzspannung sehr niedrig wäre, würde der benötigte Ladestrom (2,4A) nicht mehr geliefert, und das Gerät könnte infolgedessen die angeschlossenen Zellen nicht auf die richtige Kapazität aufladen.

Das IC1 ist als ein astabiler Multivibrator mit einer Periodendauer von ungefähr 110 Sekunden geschaltet. Das IC2 ist ein siebenstufiger Binärzähler. C6 und R4 stellen sicher, daß der Zähler beim Einschalten auf Null gesetzt wird. Die fünf benutzten Ausgänge sind an die fünf Pole von SW2 geführt. Durch den automatischen Rücksetzimpuls spielt die Stellung von SW2 keine Rolle für die Basisspannung von Q1, die vom Einschalten an auf 'L' gehalten wird und somit Q1 sperrt. Jedoch hält C7 den Kollektor von Q1 im Einschaltmoment auf 0 Volt, wodurch Q2 kurzzeitig durchgeschaltet wird. Der Grund dafür wird später aufgezeigt.

Wenn C7 über R6 auf die Versorgungsspannung aufgeladen ist, wird der Anschluß 4 von IC1 nicht mehr länger auf 0 Volt gehalten, und das IC1 kann den ersten Zeittakt beginnen. Diese Impulse werden vom IC2 gezählt, das nach Ablauf der eingestellten Zeit den von SW2 angewählten Ausgang auf 'H'-Pegel schaltet. Nach wieviel Impulsen der 'H'-Pegel an den Schleiferkontakt ge-

schaltet wird, hängt von der Schleiferstellung ab; somit bestimmt die Stellung von SW2 die Dauer der Ladezeit.

Wenn der angewählte Ausgang auf 'H'-Pegel schaltet, schalten Q1 und Q2 durch, und der Rücksetzeingang von IC1 wird auf 'L'-Pegel gezogen, wodurch weitere Taktimpulse in Richtung des Zählers IC2 gesperrt sind.

Wenn Q2 durchgeschaltet ist, leitet er jeden Steuerstrom von der Basis von Q4 ab und stellt so sicher, daß Q4 gesperrt bleibt und kein Strom in den Akku fließen kann. Q2 hält Q4 ebenfalls im Moment des Einschaltens für einen kurzen Moment gesperrt, so daß vom Transformator C1 und C2 aufgeladen werden können und alle Betriebsspannungen anliegen, wenn das Zeitglied gestartet wird.

Ist die Zeit abgelaufen, schaltet Q2 den Schaltregler aus und verhindert ein weiteres Aufladen der angeschlossenen Zellen. Während des Ladevorgangs (d. h. wenn Q4 leitet) ist Q2 gesperrt und kann außer acht gelassen werden.

Wenn Q2 kurz nach dem Einschalten sperrt, dann wird die Regelschaltung mit Q3, Q4 und Q5 aktiv. Anfangs wird Q3 über R13 und R15 gesperrt, und Q5 wird infolge des über R8 und R9 fließenden Basisstroms leitend. Q5 zieht Strom über R11 und schaltet Q4 durch. Q4 übersteuert sofort, und seine Kollektorspannung steigt fast auf den Wert der Versorgungsspannung an. Der Ladestrom fließt durch Q4, L1, D7, die Last (die aus den aufzuladenden Zellen besteht) und R15. Die Höhe des Stromflusses wird durch die Induktivität von L1 begrenzt. Wenn der Strom ungefähr 2,5A beträgt, fällt an R15 eine Spannung in der Höhe von 1,2 V ab. Der Strom, den Q5 an die Basis von Q4 leitet, erzeugt einen Spannungsabfall von 0,5V an R12 und daher reicht nun die an R15 erzeugte Spannung von 1,2V aus, um Q3 durchzuschalten. Wenn Q3 aber durchgeschaltet, wird Steuerstrom von der Basis von Q5 abgezweigt, und er sperrt. Weil R8 am Kollektor von Q3 größer als R11 am Kollektor von Q5 ist, zieht Q3 weniger

Strom, und die Spannung am gemeinsamen Emitterwiderstand R12 erniedrigt sich um einen kleinen Betrag, wodurch Q3 weiter durchschaltet.

Die Transistoren Q3 und Q5 bilden also einen Schmitt-Trigger. Q5 und auch Q3 sind jetzt gesperrt. Das zusammenbrechende Feld in L1 erzeugt eine der ursprünglichen Spannung entgegengesetzte 'Gegen-EMK', die über D6 nach Masse abgeleitet wird. D6 wird in dieser Funktion auch als Freilauf-Diode bezeichnet. Wenn das Feld in L1 so weit abgenommen hat, daß auch die Spannung am Stromfühler-Widerstand R15 die untere Trigger-Schwelle spannung an Q3/Q5 erreicht, dann wechseln beide Transistoren ihren Schaltzustand, und die Schaltung kehrt in ihren Anfangszustand zurück.

Der gesamte Zyklus wiederholt sich, und der mittlere Ladestrom wird konstant gehalten. Die LED2 leuchtet immer, wenn Q4 durchgeschaltet ist; sie leuchtet stärker, wenn der Schaltregler mit höherem Auslastungsgrad betrieben wird. Für diejenigen, die es interessiert, zeigt dies die Höhe der Leistung an, die das Ladegerät liefert.

Die Verlustleistung unseres Schaltreglers ist im wesentlichen unabhängig von der Höhe des Ladestroms und der Ladespannung, d. h. im Gegensatz zum konventionellen Regelgerät erhöht sich die Verlustleistung am Regelglied kaum, wenn im Akku weniger Leistung verbraucht wird.

R16 und LED3 sind für die Anzeige eines falsch angeschlossenen Akkus an den Ausgangsbuchsen bestimmt. Akku-Spannungen von weniger als 2V werden aber infolge der benötigten Durchlaßspannung für die LED nicht erfaßt.

Falsch gepolte Batterien 'sehen' über D7, L1, D6 und R15 eine niedrige Impedanz; so kann ein ziemlich hoher Strom fließen, wenn die Batterien noch nicht ganz entladen sind und die Restspannung höher als einige Volt ist. Die 'Verpolt'-Anzeige (LED3) sollte leuchten, wenn die Batterie noch mehr als 2V hat und falsch gepolt an das Ladegerät angeschlossen wurde.

# OpAmp-Tester

Bauen Sie sich Ihre Prüfgeräte selbst! Hier stellen wir Ihnen ein einfach nachzubauendes Anfängergerät vor, das Ihnen über Jahre hinaus sehr nützlich sein wird.

Mit dem hier beschriebenen Prüfgerät können Sie schnell und sicher alle IC-Operationsverstärker im DIL (Dual in line)-Gehäuse mit 8 Anschlüssen (und auch Typen im TO99-Gehäuse mit entsprechend der DIL-Anordnung gebogenen Anschlußdrähten) auf ihre Funktion überprüfen.

Der Operationsverstärker wird dazu in eine DIL-Fassung gesteckt, die auf der Geräteoberseite befestigt ist. Ist der OpAmp in Ordnung, dann muß die LED-Anzeige (ok) periodisch aufleuchten und verlöschen, wenn die Prüftaste betätigt wird. Hat der OpAmp einen Defekt, leuchtet die LED bei gedrückter Taste entweder ständig auf, oder sie bleibt dunkel. Das Gerät ist einfach und billig nachzubauen und leicht zu bedienen.

Das einzige aktive Element der Schaltung ist das zu überprüfende IC. Funktioniert es nicht, dann wird das mit Sicherheit angezeigt. Die wenigen zum Aufbau notwendigen Widerstände, Kondensatoren und die IC-Fassung kommen auf eine geätzte Platine.

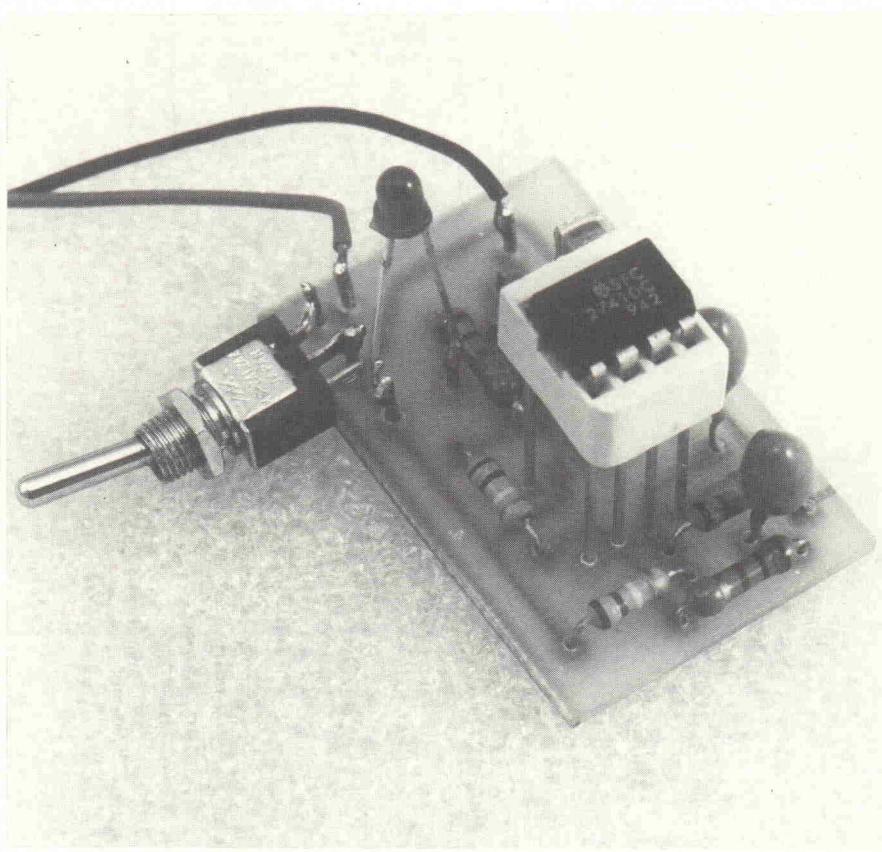
Sie können sich natürlich auch einen eigenen Platinenentwurf machen. Die Schaltung ist so einfach, daß sie auch dem Anfänger keine Schwierigkeiten bereiten wird.

## Der Aufbau

Die verwendete Schaltung besitzt keine Besonderheiten. Der Platinen-Entwurf ist einfach und unproblematisch, und der Aufbau dürfte keine Schwierigkeiten bereiten. Nur das Gehäuse, insbesondere der IC-Anschluß, ist etwas ungewöhnlich.

Bei unserem Prototypen haben wir einen 'wire-wrap' Sockel auf der Oberseite des Gehäuses befestigt. Zur Durchführung der Anschlußbeine in das Geräteinnere werden acht kleine Löcher gebohrt. Auf diese Beine wird die Platine aufgeschoben und verlötet. Die Platine kann bei diesem Verfahren normal bestückt werden – man braucht dabei nicht auf besonders geringe Bauhöhe der Teile zu achten, da die 20 mm langen Beine der 'wire-wrap' Fassung genügend Platz lassen.

Die Verbindung zwischen den 'wire-wrap' Anschlüssen des Außensockels und der Platine ist auch mechanisch so stabil, daß keine weitere Befestigung der Platine nötig ist.

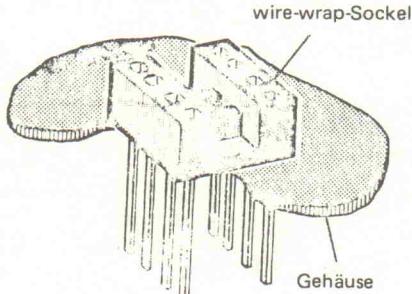


Eine fertig bestückte Platine.

Das Bild zeigt die Anordnung des Sockels. Achten Sie darauf, daß die Platine richtig herum auf die 'wire-wrap' Anschlüsse der Außenfassung gesteckt wird. Anschluß 1 des 'wire-wrap' Sockels wird in Anschluß 1 der Platine gesteckt.

Drucktaste und LED1 werden in die Frontplatte des Gehäuses eingebaut.

Jetzt müssen Sie nur noch die Batterie anschließen und einen OpAmp finden, der getestet werden muß.



## Stückliste

Widerstände 1/4 W, 5%

R1 100k

R2, 5, 7 1k0

R3, 4 120k

R6 15k

Kondensatoren

C1 100n Folie

C2, 3 10 $\mu$  10V Elko

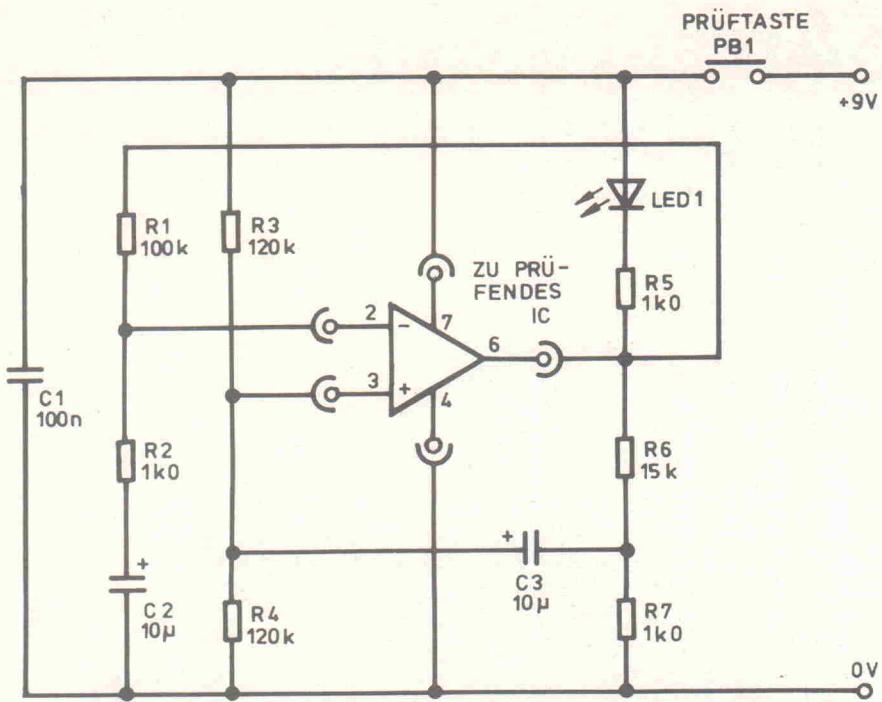
Halbleiter

LED1

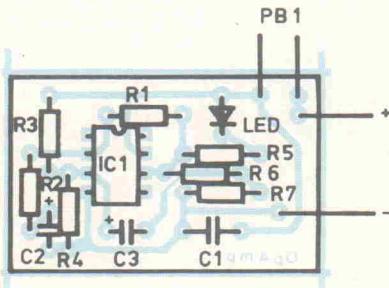
Verschiedenes

PB1 Prüftaster

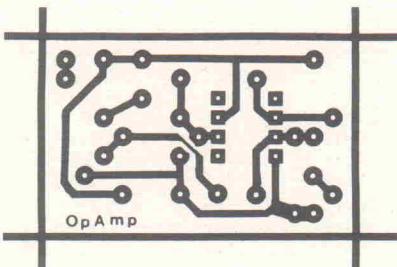
'wire-wrap' Sockel 8polig,  
Gehäuse, Batterie 9 V.



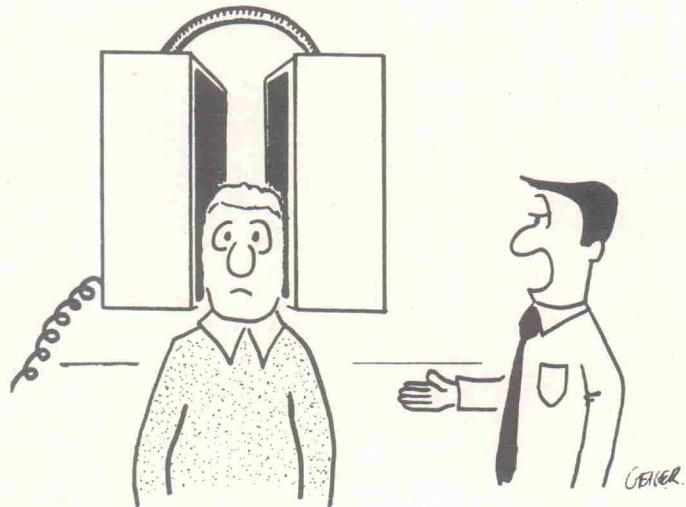
Schaltbild für den OpAmp-Tester.



Bestückungsplan für den OpAmp-Tester.



Platinen-Layout für den OpAmp-Tester.



Wenn Sie über Kopfhörer den wahren Hifi-Sound haben wollen, müssen Sie schon ein wenig auf Bequemlichkeit verzichten!

### Wie funktioniert's?

Der zu überprüfende Operationsverstärker ist als nicht-invertierender Verstärker beschaltet. Der nicht-invertierende Eingang wird mit dem Spannungsteiler R3, R4 vorgespannt. R1 und R2 bilden einen Gegenkopplungszweig, der die Verstärkung der Schaltung auf V = 101 festlegt (Die Verstärkung des geschlossenen Kreises ergibt sich aus

$$\frac{R1 + R2}{R2}$$

Die Verstärkung des offenen Kreises ist die Leerlaufverstärkung des OpAmps (keine Rückkopplung). Sie liegt normalerweise in der Größenordnung von 100 000. Das ist ein für praktische Anwendungen viel zu großer Wert. Durch Einfügen einer Gegenkopplung kann bei verbesserter Linearität der Schaltung die Verstärkung auf den gewünschten Wert verringert werden.

LED1 liegt über einen strombegrenzenden Widerstand R5 am Ausgang des OpAmps und zeigt dessen Zustand an. Die LED leuchtet, wenn der Ausgang auf 'L'-Potential liegt, und sie erlischt bei einem 'H'-Ausgangssignal.

R6 und R7 teilen die Ausgangsspannung herunter. Über C3 wird diese Spannung des Abschwächers auf den nicht-invertierenden Eingang des OpAmps gelegt, so daß eine Mitkopplung zustande kommt. Wenn das Test-IC in Ordnung ist, reicht die Spannungsverstärkung bei weitem aus, um die Verluste im Abschwächer auszugleichen. Daher beginnt die Schaltung mit einer Frequenz von wenigen Hertz zu schwingen, so daß die LED periodisch aufleuchtet und erlischt. Dadurch wird die korrekte Funktion des OpAmps angezeigt.

Ein defekter Baustein besitzt in der Regel keine Spannungsverstärkung mehr, die ausreicht, um die Schaltung zum Schwingen zu bringen. Dann wird der OpAmp-Ausgang einen stationären Zustand annehmen, wenn PB1 gedrückt wird.

# TB-Testgenerator

Mit der zunehmenden Verbreitung von Kassettenrecordern hat die Suche nach möglichst perfekter Wiedergabe zu einer Verwendung vieler verschiedener Magnet-Bänder geführt.

Selbst wenn Sie das für Ihr Gerät passende Bandmaterial verwenden, können Sie den Klang durch eine feine Nachregelung der Vormagnetisierung noch verbessern. Einige Geräte haben dafür einen Regler, der von außen bedient werden kann. Billigere und ältere Geräte haben nur ein fest eingestelltes Trimmpot im Innern des Gehäuses.

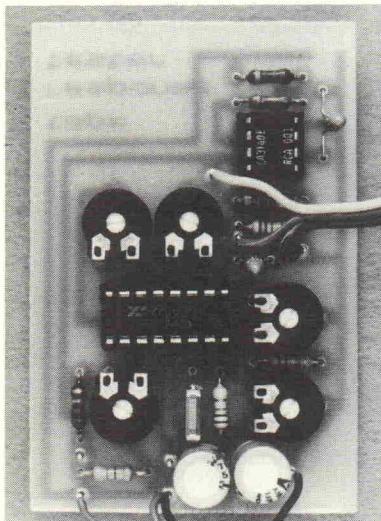
## Anwendung

Die Schaltung erzeugt ein 400 Hz- und ein 8 kHz-Sinus-Signal gleicher Amplitude.

Diese Töne können mit verschiedener Vormagnetisierung aufgenommen werden, um so die beste Einstellung für einen geraden Frequenzgang oder auch für eine Höhenanhebung zu finden. Man geht so vor, daß man den Aufnahme-Pegel auf -10 dB auf den VU-Metern einstellt (400 Hz). Dann macht man eine Aufnahme mit diesem Ton und stellt bei der anschließenden Wiedergabe den Wiedergabe-Pegel auch auf eine Anzeige von -10 dB auf den VU-Metern ein. An dieser Regler-Einstellung darf nun nichts mehr geändert werden! Bei den folgenden Testaufnahmen stellen Sie den Testgenerator auf 'Auto', so daß er selbstständig von 400 Hz auf 8 kHz und wieder zurück schaltet. Vor jeder neuen Testaufnahme wird der Vormagnetisierungs-Regler vorsichtig um einen kleinen Betrag verstellt. Das Ergebnis dieser Veränderung überprüfen Sie bei der anschließenden Wiedergabe. Sie werden dabei feststellen, daß der 400 Hz-Ton im Pegel gleich bleibt, der 8 kHz-Ton wird jedoch – abhängig von der Veränderung des Vormagnetisierungs-Reglers – stärker oder schwächer werden. Mit einigen Testdurchläufen sollten Sie den Punkt gefunden haben, bei dem der 400 Hz-Ton und der 8 kHz-Ton annähernd die gleiche VU-Anzeige ergeben. Damit ist Ihre Maschine auf das Bandmaterial 'eingemessen'.

## Aufbau und Einsatz

Am besten kommen Sie zurecht, wenn Sie die von uns entwickelte Platine benutzen.



Die fertig bestückte Platine.

Aber ganz gleich, welchen Aufbau Sie bevorzugen, es gibt keine besonderen Vorsichtsmaßregeln zu beachten. Allerdings sollten Sie auf richtige Polung der Halbleiter und Tantal-Elkos achten. Ein Oszilloskop ist beim Abgleich des Gerätes von unschätzbarem Wert. Wenn aber keines vorhanden ist, dann geben Sie den Ausgang auf einen Verstärker und hören sich die Sache an. RV5 sollte in Mittelstellung stehen, RV3 hat zunächst maximalen Widerstand. Nach Anschluß der Betriebsspannung wird RV1 so eingestellt, daß an Pin 2 von IC2 eine Dreiecksspannung von 4 V Spitze-Spitze liegt. Jetzt wird RV3 auf die beste Sinusform eingestellt. Durch kleine Änderungen von RV5 kann diese Form weiter verbessert werden. An Pin 2 von IC2 sollte jetzt ein leidlich guter Sinus von 2V Spitze-Spitze liegen. Die Frequenz der beiden Töne wird mit RV2 und RV4 eingestellt. Mit einem Frequenzmesser ist das natürlich ein Kinderspiel. Wer keinen hat, der behilft sich, indem er R7, RV2 und R8, RV4 durch feste Widerstände ersetzt. Die ausgerechneten Werte sind: 250 k (400 Hz) und 12,5 k (8 kHz). Diese Angaben gelten für C4 = 10n.

Mit diesem einfachen Gerät werden Sie das Beste aus Ihrem Tonbandgerät herausholen.

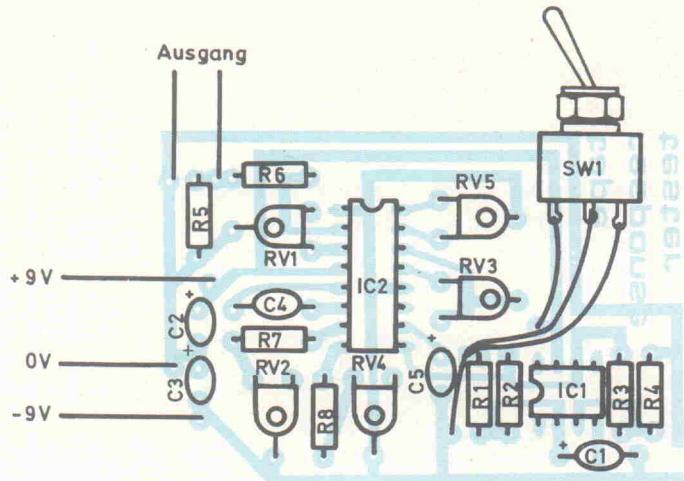
## Wie funktioniert's?

Der Chip XR2206 von EXAR erzeugt eine Dreieckschwingung, die intern in eine Sinus-Ausgangsspannung umgewandelt wird. Mit C4 und dem Wert des Widerstandes, der von Pin 7 oder Pin 8 nach Masse geht, wird die Frequenz eingestellt.

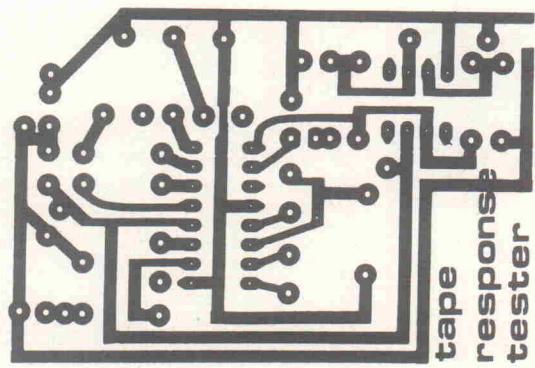
Es ist jeweils nur einer dieser Widerstände wirksam. Durch die Spannung an Pin 9 wird zwischen beiden Widerständen (und damit zwischen den beiden Frequenzen) gewählt. Liegt Pin 9 höher als 2V, dann ist der an Pin 7 liegende Widerstand wirksam. Dasselbe gilt, wenn Pin 9 offen bleibt. Fällt die Spannung an Pin 9 unter 1 Volt, dann wird auf den Widerstand an Pin 8 umgeschaltet. Die Umschaltung erfolgt automatisch durch Anschluß von IC1 an Pin 9. IC1 ist ein als astabiler Multivibrator geschalteter OpAmp. Ein 'H' oder 'L'-Signal kann mit SW1 erzwungen werden. Steht SW1 in Mittelstellung, dann schaltet der Multivibrator die Frequenzen mit etwas weniger als 1 Hz ständig um und erzeugt so abwechselnd 400 Hz und 8 kHz. Mit RV2 und RV4 stellt man diese Frequenzen ein.

Am Verbindungspunkt von R5 und R6 erscheint das Ausgangssignal. Durch die Wahl des Teilverhältnisses läßt sich jede Ausgangsspannung bis hinauf zu einigen Volt Spitze-Spitze einstellen.

Zur Vereinfachung der Schaltung wurde eine Vorsorgung mit zwei Spannungen vorgesehen. In jedem Falle braucht das IC2 eine Spannung von mindestens 10 Volt, was die Verwendung einer einzigen Batterie sowieso ausschließt. Es wird nur wenig Strom gezogen. Zwei kleine 9V-Batterien reichen völlig aus. Auch bei fallender Batteriespannung bleibt die Frequenz ziemlich stabil. C2 und C3 dienen der Entkopplung.



Der Bestückungsplan für den TB-Testgenerator.



Das Platinen-Layout für den TB-Testgenerator.

### Stückliste

Widerstände 1/4 W

R1, 7	10k
R2	1M0
R3, 4	47k
R5	4k7
R6	22k
R8	180k

Potentiometer

RV1	47k min. Trimmer
RV2	4k7 min. Trimmer
RV3	470R min. Trimmer
RV4	100k min. Trimmer
RV5	22k min. Trimmer

Kondensatoren

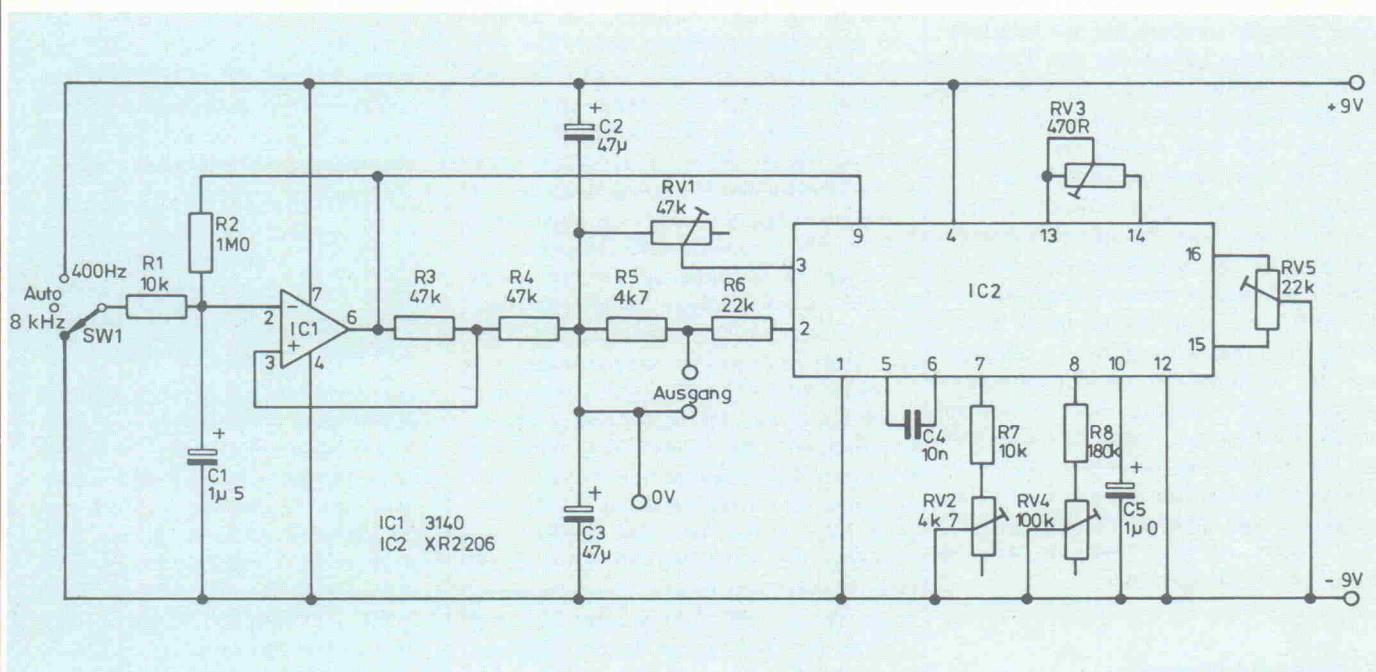
C1	1 $\mu$ 5 Tantal
C2, 3	47 $\mu$ Tantal
C4	10n Folie
C5	1 $\mu$ 0 Tantal

Halbleiter

IC1	CA3140
IC2	XR2206

Verschiedenes

Platine, IC Sockel, 1 poliger Umschalter mit Mittelstellung.



Das Schaltbild für den TB-Testgenerator. Mit RV2 und RV4 werden die Frequenzen der Test-Töne eingestellt.

# Sustain Fuzz

Für alle, die Elektrogitarre spielen, und einen kräftigen Klang mögen, ist das hier beschriebene Gerät genau das Richtige.

Der Fuzz-Klang ist für die Gitarre, wie das Salz auf's Brot. Er macht den Gitarrenton kräftig und gibt ihm eine eigene Note. Das hier beschriebene Gerät besitzt als Besonderheit einen Sustain-Zusatz. Insgesamt können drei unterschiedliche Klangarten eingestellt werden: Sustain allein, Fuzz mit Sustain und Fuzz ohne Sustain. Dazu kommt eine Schalterstellung, in der das Effektgerät überbrückt wird.

## Das Schaltungskonzept

Zur Erläuterung dessen, wie das Gerät die verschiedenen Klänge erzeugt, wird am besten die Schaltung betrachtet.

Der Eingangsverstärker IC1 besitzt eine frequenzabhängige Verstärkung. Hier werden die Amplituden der hohen Frequenzanteile gegenüber den tiefen angehoben. Außerdem besitzt der Eingangsverstärker die für den Anschluß des Instruments richtige Eingangsimpedanz.

Die mittlere Verstärkung der Eingangsstufe beträgt ungefähr fünf. Daher können am Eingang Signale bis 1 Vss anliegen, bevor die Stufe verzerrt.

Der Frequenzgang ist im Bereich von 20 Hz bis 2 kHz nahezu gerade und steigt dann bis zur oberen Grenzfrequenz von ca. 20 kHz um 8 dB an.

Auf die Eingangsstufe folgt IC2a. Es handelt sich um eine Hälfte des Kompressorbausteins NE571. Er ist als Signalkompressor mit dem festen Kompressionsverhältnis 2:1 beschaltet. Bei dieser Kompression wird der Dynamikbereich des Eingangssignals halbiert, indem Signalanteile mit großen Amplituden abgeschwächt und solche mit kleinen Amplituden verstärkt werden. Auf diese Weise wird das Eingangssignal künstlich 'gehalten', weil es sehr viel länger hörbar gemacht wird als bei normaler Wiedergabe.

Die Signalkompression erzeugt darüber hinaus einen konstanten Eingangspiegel für die Begrenzerschaltung, so daß der Fuzz-Effekt von der Ausgangsamplitude des Instrumentes relativ unabhängig wird.

Q1 bildet die Fuzz-Stufe. Es handelt sich um einen Spannungsverstärker mit großer Verstärkung.

Da das Kompressorausgangssignal sehr groß ist, wird die Begrenzerstufe ständig

übersteuert und erzeugt an ihrem Ausgang im wesentlichen Rechtecksignale. Diese gelangen auf eine Klangeinstellung, mit der die obere Grenzfrequenz der Schaltung verändert werden kann.

Die Amplitudenanhebung der höherfrequenten Signalanteile in der Eingangsstufe soll unter anderem sicherstellen, daß am Klangeinsteller noch hochfrequente Signale zur Klangbeeinflussung auftreten.

## Hüllkurvenfolger

Das Fuzz-Signal gelangt nun auf den Eingang von IC2b, der zweiten Hälfte des NE571. IC2b ist als Hüllkurvenfolger geschaltet. Es besitzt einen Signal- und einen Steuereingang. Jedes beliebige Eingangssignal erhält einen Hüllkurvenverlauf, der dem Amplitudenverlauf des Steuersignals entspricht. Die Kombination des Hüllkurvenfolgers mit einigen einfachen Schaltfunktionen macht die hier beschriebene Fuzz-Einheit so vielseitig. Weiterhin ermöglicht die Schaltung als Hüllkurvenfolger das vollständige Sperren von IC2b, wenn die Amplitude des Steuersignals unter einen bestimmten Wert fällt. Auf diese Weise wird ein einfaches 'Noise-Gate' realisiert. Dadurch wird die Verstärkung von niedrigen Signalamplituden und Rauschen vermieden und Störgeräusche oder Brummen gelangen nicht auf den Ausgang der Schaltung. Auch Rückkopplungen werden auf diese Weise vermieden. Die hier beschriebene Störsignalunterdrückung erfolgt nur in Verbindung mit der Betriebsart 'Fuzz'.

Unser Effekt-Gerät ermöglicht sowohl das 'Halten' (Sustain) eines Klanges, das Verzerren (Fuzz) und 'Halten' eines Klanges als auch den 'normalen' Fuzz-Betrieb ohne Halteschaltung. Diese Betriebsarten werden durch geeignete Wahl der Ausgänge und der Signale am Steuereingang des Hüllkurvenfolgers möglich. Das An- und Abschalten der Schaltungsteile erfolgt vollelektronisch, so daß das Gitarren-Tonsignal das Gerätegehäuse nicht verläßt, weil über die Verbindungskabel zu den Fußschaltern nur Gleichspannungen geschaltet werden. Durch diese Technik kann der Signalpegel nicht abgeschwächt

oder Brummen nicht eingestreut werden. Die Fußschalter müssen nicht unbedingt hochwertige Audiotypen sein, da nur Steuerspannungen geschaltet werden.

In der hier beschriebenen Schaltung werden vier elektronische Schalter über zwei Steuerleitungen als zwei Umschalter betätigt. Eine Steuerleitung wirkt auf A und B (Sustain-Schaltung Ein/Aus), die andere beeinflußt C und D (Fuzz Ein/Aus). Wenn weder Sustain-Schaltung noch Fuzz angewählt ist, sind die Schalter A und C geschlossen und B und D geöffnet. Der Ausgang der Schaltung ist dann direkt mit dem Ausgang des Eingangsvorverstärkers verbunden. Der hierbei entstehende Klang ist etwas lauter als der Gitarrenton selbst, aber ansonsten unbeeinflußt. Wird der Sustain-Teil eingeschaltet, öffnet A und schließt B, so daß die Ausgangsbuchse von IC2a angesteuert wird.

## Selektives Schalten

Wird über die Steuerleitungen die Betriebsart 'Fuzz' ausgewählt, schließt D und öffnet C. Ob das Gerät in Stellung 'Fuzz' mit oder ohne Sustain betrieben wird, hängt von der Stellung des Sustain-Schalters ab. Ist die Sustain-Schaltung in Betrieb, wird die Steuerleitung (Pin 5) des Hüllkurvenfolgers mit dem komprimierten Ausgangs-Signal von IC2a versorgt.

Eine auf die Kompression folgende Expansion ergibt den ursprünglichen Amplitudenvorlauf. Daher hat das Ausgangssignal die volle Dynamik des Gitarrensignals, allerdings mit künstlicher Signalverlängerung.

Wenn die Sustain-Schaltung nicht aktiv ist, erhält die Steuerleitung des Hüllkurvenfolgers ihre Spannung direkt vom Eingangs-Vorverstärker. Daher tritt am Ausgang von IC2b das mit der Original-Hüllkurve modulierte Fuzz-Signal auf. Aufgrund der Kapazitätswerte von C7 und C16 produziert die Fuzz-Einheit eine recht lange Anstiegsverzögerung. Wenn ein schnellerer Anstieg gewünscht wird, sollten für C7 und C16 entsprechend kleinere Werte gewählt werden. So ergibt sich ein schnellerer Anstieg in Betriebsart 'Fuzz ohne Halteschaltung' und ein überbetonter Anstieg in Betriebsart 'Fuzz mit Halteschaltung'.

## Aufbau

Wenn das Gerätegehäuse mit allen Bohrungen versehen ist, sollte die Platine entsprechend dem Bestückungsplan bestückt werden. Achten Sie darauf, alle polarisierten Bauteile richtig herum einzulöten.

Die ICs kommen ganz zum Schluß dran. Dann werden die elektrischen Verbindungen mit möglichst kurzen Drähten durchgeführt. Benutzen Sie isolierte Kabel und achten Sie darauf, daß keine Kurzschlüsse zum Gehäuse auftreten. Die Batterie wird am besten mit einem Stück doppelseitigen Klebebandes befestigt.

Wenn Sie alle Verbindungen noch einmal überprüft haben, kann das Gerät eingeschaltet werden. Die besten Resultate ergeben sich, wenn die Gitarre in Betriebsart 'Sustain' auf möglichst hohen Ausgangspegel eingestellt wird, ohne jedoch bei starken Anschlägen zu übersteuern.

## Stückliste

### Widerstände 1/4 W, 5%

R1, R2	180k
R3	1k5
R4	82k
R5	22k
R6	8k2
R7, R8	10k
R9	4k7
R10	3k9
R11	22k
R12	1M0
R13	12k
R14, 15	47k
R16	12k
R17, 18	47k

### Potentiometer

RV1	50k lin
RV2	10k log

### Kondensatoren

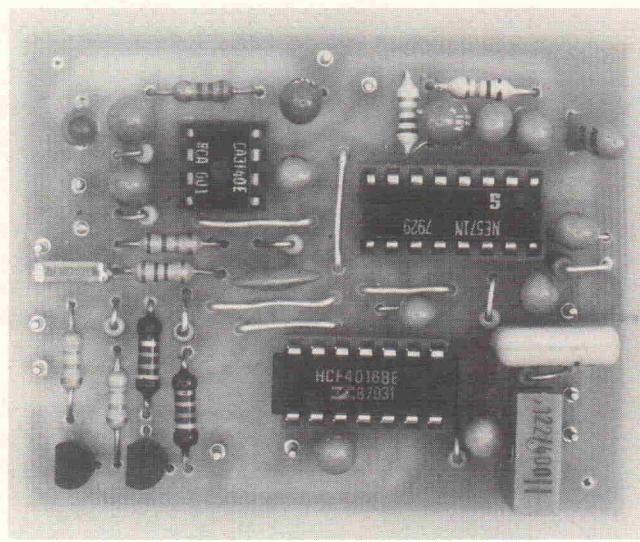
C1, C2	15 $\mu$ Tantal
C3	22 $\mu$ Tantal
C4	100p ker
C5	10n ker
C6, 7	2 $\mu$ 2 Tantal
C8	22 $\mu$ Tantal
C9, C10	2 $\mu$ 2 Tantal
C11	10 $\mu$ Tantal
C12	4n7
C13	22n ker
C14–17	2 $\mu$ 2 Tantal

### Halbleiter

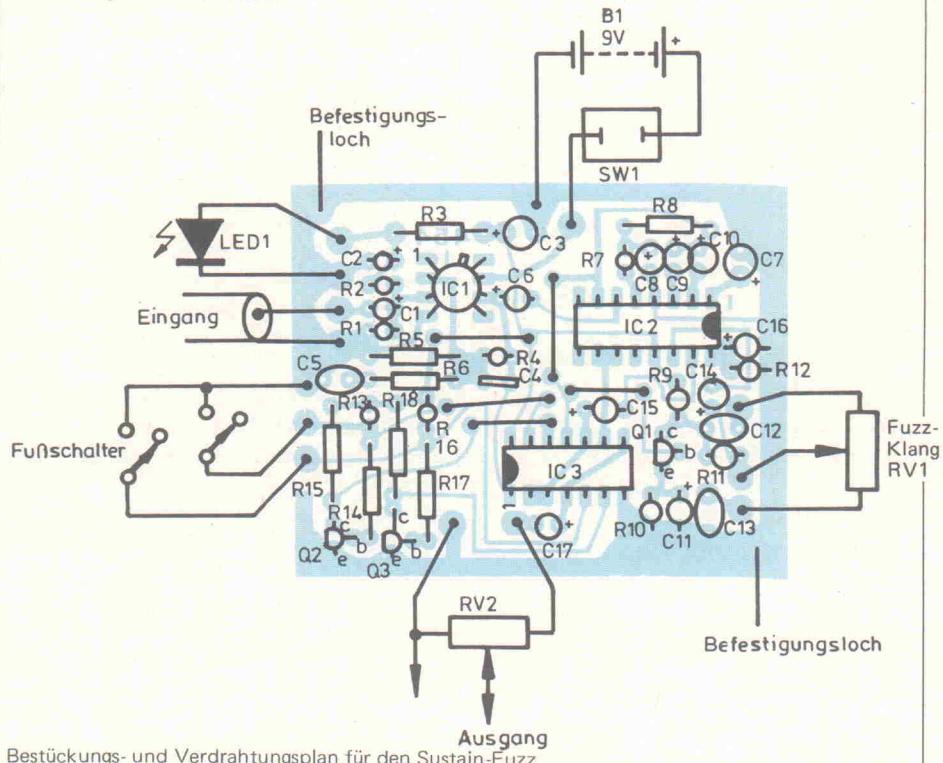
Q1, 2, 3	BC548
LED1	TIL220 rot
IC1	CA3140
IC2	NE571
IC3	CD4016

### Verschiedenes

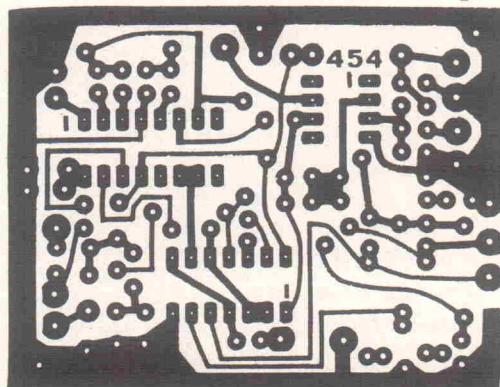
Metallgehäuse, Platine, 2 Fußschalter  
1-polig Ein, Klinkenbuchse Stereo,  
2 Klinkenbuchsen Mono



Eine fertig bestückte Platine



Bestückungs- und Verdrahtungsplan für den Sustain Fuzz



Das Platinen-Layout für den Sustain Fuzz

## Wie funktioniert's?

Als Eingangsverstärker IC1 wird wegen seines geringen Rauschens ein CA3140 gewählt. Der Eingangswiderstand des ICs ist so groß, daß sich die wirksame Eingangsimpedanz der ersten Stufe aus der Parallelschaltung von R1 und R2 ergibt. Mit den angegebenen Bauteilen liegt die Impedanz bei ca. 90 kOhm. R1 und R2 können im Bereich von 10 kOhm bis ca. 1 MOhm variiert werden.

Die Vorspannung für den CA3140 wird mit einer Siebschaltung aus R3, C2 und LED 1 gefiltert. Die LED arbeitet gleichzeitig als Betriebsanzeige.

Die LED muß rot sein, da andersfarbige Dioden unterschiedliche Durchlaßspannungen besitzen.

Die Eingangsstufe hat eine Verstärkung von ungefähr fünf. Dieser Wert wird durch das Verhältnis von R4 zu R5 festgelegt. C4, C5 und R6 beeinflussen den Frequenzgang der ersten Stufe.

IC2 enthält zwei voneinander unabhängige Komپander-Systeme, deren Verstärkung steuerbar ist. Die Bezeichnung des Bausteins ist NE571. Er bietet eine ganze Reihe Möglichkeiten zur Signalverarbeitung. Jede Hälfte des ICs enthält einen Vollwellegleichrichter am Steuereingang, eine Stufe mit variabler Verstärkung am Signaleingang, den schon erwähnten Operationsverstärker und eine Schaltung zur Referenzspannungserzeugung.

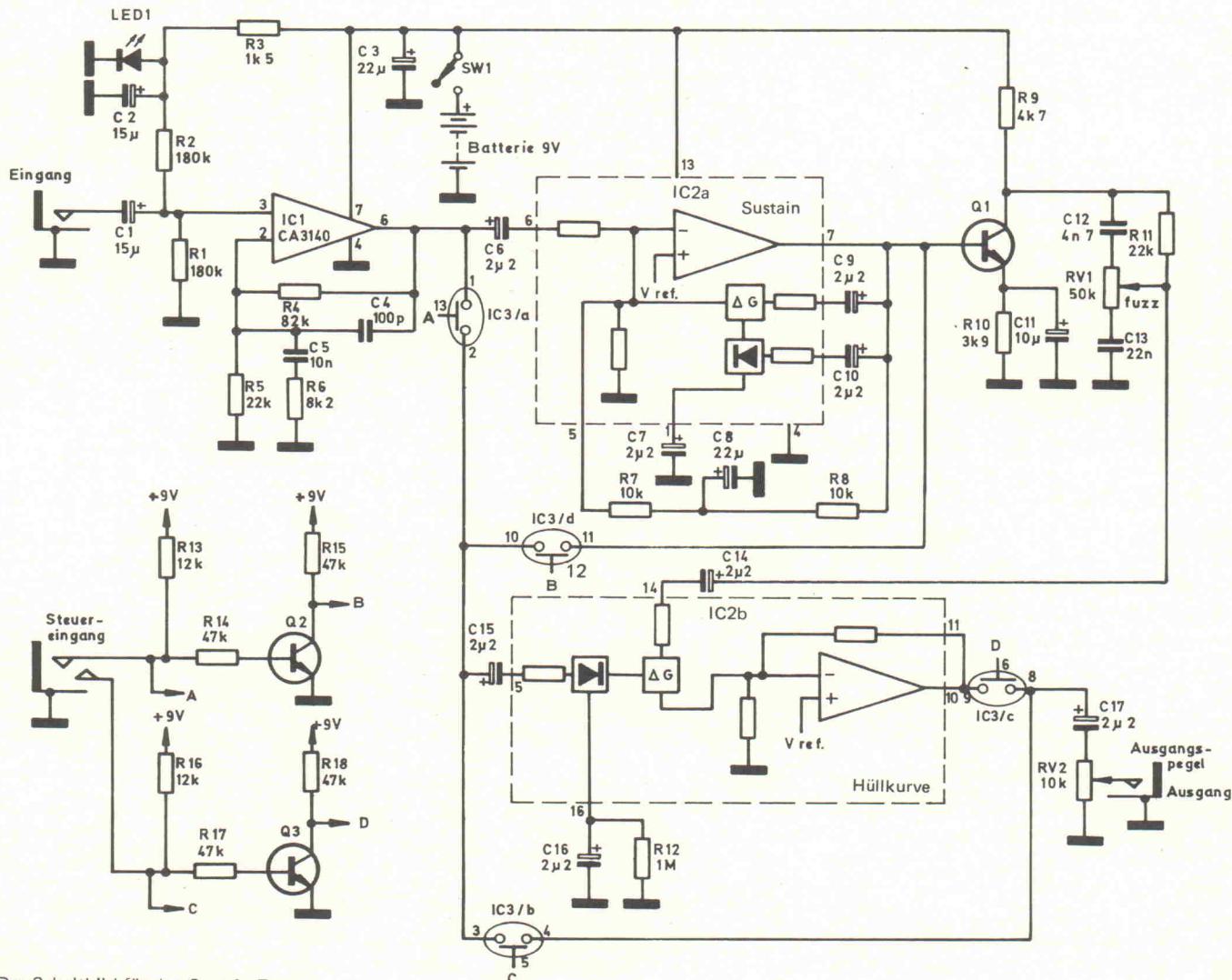
Jede Hälfte des ICs kann beispielsweise als Kompressor, Expander,

Begrenzer und Hüllkurvenfolger betrieben werden.

Das Kompressions/Expansions-Verhältnis ist intern auf 2:1 festgelegt, während die Anstiegs- und Abfallzeiten durch einen externen Kondensator und einen internen Widerstand in Grenzen gewählt werden können. Intern ist das Anstiegs- zu Abfallzeitverhältnis auf 1:5 festgelegt.

Es besteht die Möglichkeit, sowohl das Kompressionsverhältnis als auch das Anstiegs- zu Abfallzeitverhältnis durch eine umfangreiche äußere Beschaltung zu beeinflussen.

Für den hier beschriebenen Verwendungszweck reichen die intern festgelegten Verhältnisse allerdings voll aus.



Das Schaltbild für den Sustain Fuzz

# IC-Thermometer

Es muß nicht immer digital sein! Unser handlich kleines Thermometer ist zur direkten Anzeige ebenso geeignet wie zur Fernanzeige.

Das Thermometer-Projekt kann freistehend aufgebaut werden oder in ein Gehäuse gesetzt werden. Neben der Anwendung als Hausthermometer lässt es sich natürlich auch sehr gut im Auto verwenden.

Warum eigentlich ein elektronisches Thermometer? fragen Sie vielleicht. Warum tut es denn nicht das seit Jahrhunderten bewährte Quecksilber-Thermometer? Antwort: Es ist schwer abzulesen, das ist sein größter Fehler. Man muß ein Quecksilberthermometer direkt vor die Augen halten um es abzulesen. Außerdem ist es zerbrechlich und damit nicht ungefährlich. Haben Sie sich für das elektronische Thermometer entschieden und wollen die Temperatur an einer klaren, übersichtlichen Skala ablesen, dann brauchen Sie einen elektronischen Sensor. Solche Sensoren gibt es in vielen verschiedenen Arten, die alle ihre eigenen Vor- und Nachteile haben (Thermistor, Diode, Thermoelement usw.).

Wir haben uns für ein temperaturempfindliches IC entschieden. Den LM3911, den die Firma National Semiconductors herstellt und der schon recht gut auf dem Markt verbreitet ist. Die Arbeitsweise beruht auf dem bekannten Effekt, daß die Basis-Emitter-Spannung eines Transistors sich mit der Temperatur ändert: je wärmer der Transistor wird, desto größer wird die Spannung U<sub>BE</sub>.

Der LM3911 hat einen eingebauten Verstärker, so daß mit ihm sehr leicht direkt ein Meßgerät angesteuert werden kann.

Außer dem IC und dem Meßgerät brauchen wir bei diesem Projekt nur noch 5 Widerstände und ein Trimm-Poti. Durch die Wahl der Widerstände können Sie jeden beliebigen Anzeigebereich einstellen, solange er zwischen -25°C und +85°C liegt.

Die von uns angegebenen Widerstandswerte ergeben einen Meßbereich von -10°C bis +40°C. Das müßte für die 'gemäßigen Zonen' ausreichen. Um auch die Leser mit sonnigen Terrassen und hochsommerlichen Temperaturen zufrieden zu stellen, sind auch die Werte für -10°C bis +90°C angegeben. Aber Sie sind an unsere Vorschläge natürlich nicht gebunden. Die Formeln zur Berechnung der Widerstände finden Sie in der Tabelle.

Unser Projekt hat den Vorteil, daß Meßfühler und Anzeigegerät räumlich getrennt voneinander aufgestellt werden können. Zum Beispiel können Sie den Fühler draußen anbringen und die Anzeige drinnen im warmen Zimmer ablesen. Dann erkälten Sie sich nicht jedesmal, wenn Sie nach dem Thermometer schauen.

Vielleicht züchten Sie aber auch exotische Pflanzen in einem Gewächshaus. Dann leistet dieses Projekt gute Dienste bei der Kontrolle der Gewächshaustemperatur als Fernanzeige.

## Aufbau

Die ganze Schaltung, einschließlich des Meßfühlers, ist auf einer Platine aufgebaut. Wir haben diese kleine Platine auf die Rückseite eines Drehspulinstrumentes geschraubt. Die Verbindung zum Instrument stellen dabei zwei große Kupferflächen dar, in die zum jeweiligen Instrument passende Löcher gebohrt werden können. Das ganze Thermometer kann in ein Plastikkästchen gesetzt werden, am Armaturenbrett eines Autos angebaut oder auch in einem schönen Gehäuse als Tischmodell ausgeführt werden. Welche Lösung Sie auch wählen: Lassen Sie genügend große Löcher, um eine Luftzirkulation durch das Gehäuse zu gewährleisten. Sonst mißt das Thermometer nämlich die Temperatur innerhalb des Gehäuses und nicht die Raumtemperatur. Natürlich kann die Platine auch getrennt vom Anzeigegerät untergebracht werden (Fernanzeige).

Sie beginnen am besten mit dem Bohren der zu Ihrem Instrument passenden Befestigungslöcher. Dann bestücken Sie die Platine nach dem hier abgedruckten Plan. Dabei ist auf richtige Polung von Batterie und IC zu achten. R1 ist unterschiedlich groß, je nachdem, ob 9V oder 12V Betriebsspannung verwendet werden. Die Werte sind unterhalb der Schaltung abgedruckt. Die Werte für R<sub>A</sub> und R<sub>B</sub> entnehmen Sie der Tabelle in Abhängigkeit vom vorhandenen Instrument und dem gewünschten Meßbereich. R<sub>A</sub> besteht aus zwei in Reihe geschalteten Widerständen (R<sub>A1</sub> und R<sub>A2</sub>), R<sub>B</sub> dagegen aus zwei parallel liegenden Widerständen (R<sub>B1</sub>

und R<sub>B2</sub>). Man sollte Typen mit 2% Toleranz oder ausgesuchte 5%-Typen nehmen; noch besser sind Metallschichtwiderstände geeignet. Ein Außennetzteil kann über einen Stecker mit Schalter angelassen werden, so daß beim Herausziehen des Kabels automatisch die Batterie die Stromversorgung übernimmt. Der Wärmefühler ist ein Kupferblech von den Ausmaßen 50 mm x 20 mm ( $\approx$  0,25 mm dick). Löten Sie dieses Blech an die Leiterbahn, die Pin 5 und Pin 8 des IC verbindet. Man kann auch ein größeres Blech verwenden, aber wir fanden, daß es mit diesen Maßen ganz gut ging. Tatsächlich würde die Schaltung auch ohne Blech arbeiten, aber die Ansprechzeit wäre dann länger. Bitte stellen Sie sicher, daß das Blech nicht mit anderen Teilen der Schaltung in Berührung kommt.

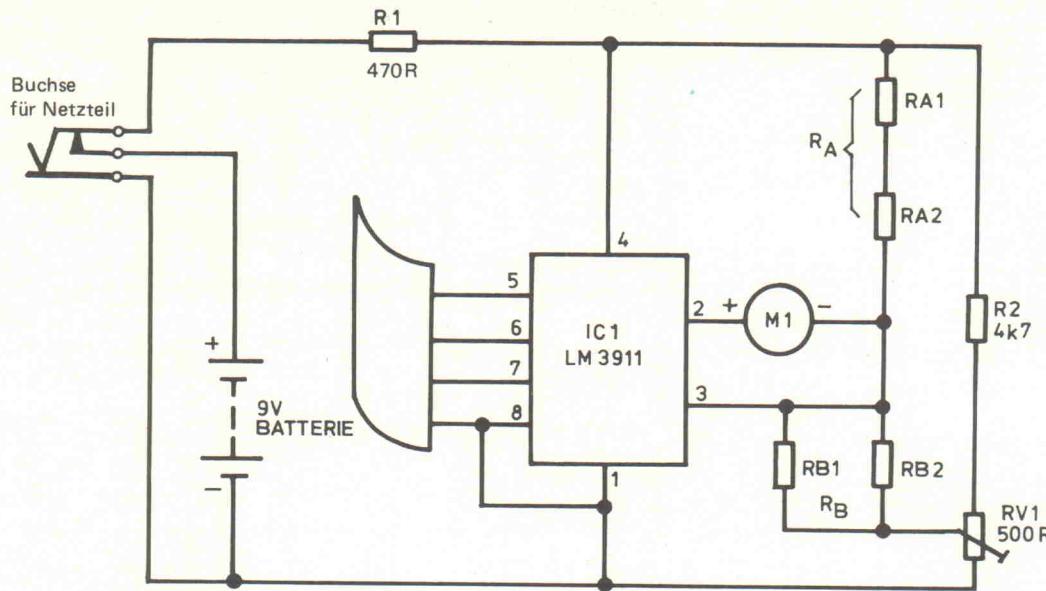
Zum Abschluß des Zusammenbaus schrauben Sie das Instrument an. Aber nicht ohne vorher die Kupferflächen auf der Platine gereinigt zu haben. Die Unterleg scheibe sollte auf der Kupferseite der Platine angeordnet werden, so daß sie sich in das Kupfer einpreßt und guten Kontakt herstellt.

Jetzt schließen Sie die Spannung an und regeln mit dem Trimm-Poti den Ausschlag des Instruments. Eine Veränderung des Ausschlages um  $\pm 10^\circ$  C sollte möglich sein.

## Abgleich

Stellen Sie das Gerät gemeinsam mit einem Vergleichsthermometer (vielleicht ein Quecksilbertyp) an einen kühlen Platz. Nach einigen Minuten stellen Sie den Unterschied der Anzeigen fest. Mit dem Trimm-Poti regeln Sie die richtige Temperaturanzeige ein. Natürlich kann man auch mit Eiswasser die 0°C Eichung vornehmen. Allerdings darf das IC nicht ganz ins Wasser getaucht werden.

Die Meßgeräte-Skala für den Bereich -10°C ... +40°C finden Sie auf S. 30. Außerdem haben wir Werte ausgerechnet für 0°C bis 50°C und 0°C bis 100°C, so daß Standardinstrumente mit 50μA und 100μA Vollausschlag verwendet werden können.



Das Schaltbild für das Thermometer

### Tabelle zur Dimensionierung

Bereich ( $^{\circ}\text{C}$ )	Vollausschlag	$\text{RA}_1$	$\text{RA}_2$	$\text{RB}_1$	$\text{RB}_2$
0 bis +100 (85 $^{\circ}\text{C}$ max.)	100 $\mu\text{A}$	10k	6k8	27k	270k
0 bis +50	50 $\mu\text{A}$	10k	6k8	27k	270k
-10 bis +90	100 $\mu\text{A}$	8k2	8k2	27k	480k
-10 bis +40	50 $\mu\text{A}$	8k2	8k2	27k	480k
-10 bis +40	100 $\mu\text{A}$	8k2	null	82k	15k

Anmerkung: Max. Temperaturen +85 $^{\circ}\text{C}$  u.-25 $^{\circ}\text{C}$

Andere Temperaturbereiche innerhalb der angegebenen Grenzen, lassen sich mit den folgenden Formeln berechnen.

$$\text{R}_1 = \frac{\text{U}_S - 6.9}{0.0035} \dots \dots (1)$$

$\text{U}_S$  = Betriebsspannung

$$M = \frac{T_1}{685} \dots \dots (5)$$

$$T_0 = 0\text{-Ausschlag in } ^{\circ}\text{K} \text{ und } T(^{\circ}\text{C}) = T(^{\circ}\text{K}) - 273 \dots (6)$$

$$\text{R}_A = \text{RA}_1 + \text{RA}_2 \dots \dots (2)$$

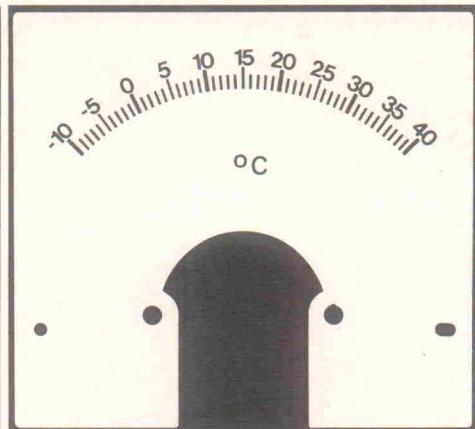
$$\text{dann } \text{R}_B = \frac{10^4}{M \cdot s} \dots \dots (7)$$

$$\text{R}_B = \frac{1}{1/\text{RB}_1 + 1/\text{RB}_2} \dots \dots (3)$$

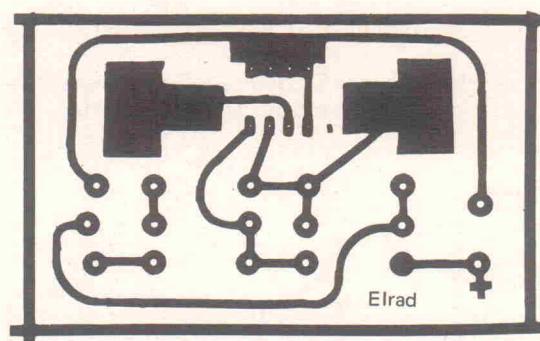
$$\text{und } \text{R}_A = \frac{10^4}{s(1-M)} \dots \dots (8)$$

$$\text{Setze } T_1 = T_0 + 5 \dots \dots (4)$$

S = Instrumentenempfindlichkeit in  $\mu\text{A}/^{\circ}\text{C}$   
(z. B. gewähltes Instrument 100 $\mu\text{A}$  und Arbeitsbereich 50 $^{\circ}\text{C}$ , dann s = 2 $\mu\text{A}/^{\circ}\text{C}$ )



Skalenvorschlag für den Bereich  $-10^{\circ}\text{C} \dots +40^{\circ}\text{C}$



Das Platinenlayout

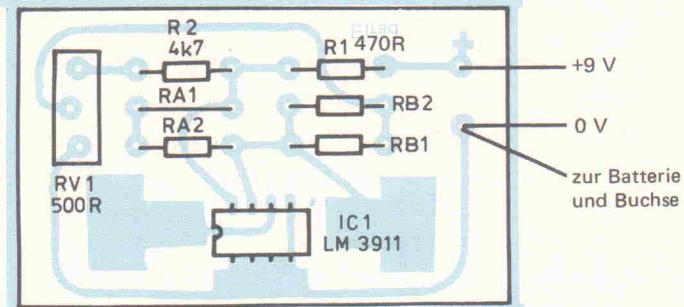
### Stückliste

IC1	LM3911
R1	470R oder 1k8
RA1	siehe Tabelle
RB1	siehe Tabelle
RA2	siehe Tabelle
RB2	siehe Tabelle
R2	4k7

Alle Widerstände 2%, möglichst Metallfilm.

RV1	500R stehend
M1	Instrument $50\mu\text{A}$ oder $100\mu\text{A}$

Verschiedenes:  
Platine, Gehäuse, 9 V-Batterie,  
Kupferblech (0,25 mm).



Der Bestückungsplan

### Wie funktioniert's?

Fast alle Funktionen sind im LM3911 integriert. Pin 5 und 8 sind intern mit einem Temperatursensor verbunden und übernehmen die Außentemperatur von einem kleinen Stück Kupferblech. Dieses Blech nimmt Temperatur der umgebenden Luft an.

Eine interne Referenzspannung (zwischen Pin 1 und 4) wird dazu verwendet die Betriebsspannung auf 6,8 Volt zu stabilisieren. Der Widerstand R1 stellt einen Strom von etwa 3,5 mA ein, 1,2 mA für das IC und 2,3 mA für die Außenbeschaltung. Der in das IC fließende Strom soll so gering wie möglich sein, damit nicht der IC den Wärmefühler aufheizt. Ein interner OpAmp zieht Strom von Pin 2, so daß die Spannung an Pin 3 immer auf einer Höhe bleibt, die linear von der Temperatur abhängt. Dieser Strom wird mit dem Instrument M1 gemessen; es zeigt also einen Strom an, der der Temperatur propo-

nal ist.  $R_A$  und  $R_B$  sind so gewählt, daß der gewünschte Nullpunkt und Vollausschlag erreicht werden. Tabelle und Formeln sind angegeben. Mit dem Trimpot RV1 werden Bauelementstreuungen des ICs und Verlustwärmе im Chip kompensiert.

### Der LM 3911

Der LM3911 ist ein temperatursensibler IC hoher Genauigkeit. Der Arbeitsbereich reicht von  $-25^{\circ}\text{C}$  bis  $+85^{\circ}\text{C}$ . Er ist auf einem einzigen Chip aufgebaut und besteht aus Temperatursensor (Pin 5–8), Referenz-Spannungsquelle (Pin 1 und 4) und einem Operations-Verstärker. Die an Pin 2 anstehende Ausgangsspannung ist der Temperatur direkt proportional mit einer Empfindlichkeit von  $10\text{ mV/Kelvin}$ . Durch geeignete Außenbeschaltung kann jeder beliebige Temperaturbereich gewählt werden.

Eine aktive Stabilisierungsschaltung erzeugt eine konstante Referenz-

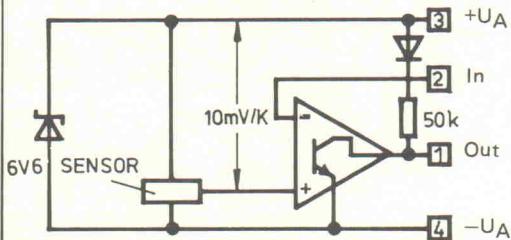
spannung von 6,8 V für den Temperaturfühler, so daß bei richtigem Vorwiderstand die Betriebsspannung keinen Einfluß auf die Messung hat.

Der Eingangsstrom ist klein und relativ konstant (auch bei veränderter Temperatur), so daß auch bei hochohmiger Speisung noch eine gute Genauigkeit erzielt wird. Der Ausgang kann auf Spannungen bis zu 35V gelegt werden, z. B. um Lampen oder ähnliche Bauelemente anzusteuer (Relais). Der Temperaturfühler nutzt die Differenz der Basis-Emitterspannung zweier Transistoren aus, die mit unterschiedlicher Stromdichte leiten. Da diese Ausgangsgröße nur von der Transistoranpassung abhängt, wird eine sehr gute Stabilität und Zuverlässigkeit erzielt.

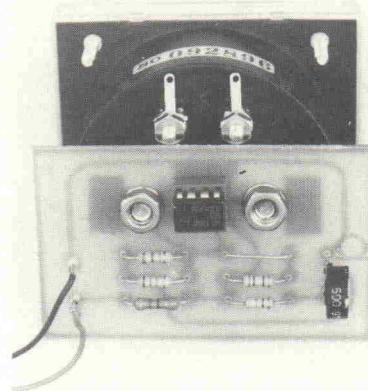
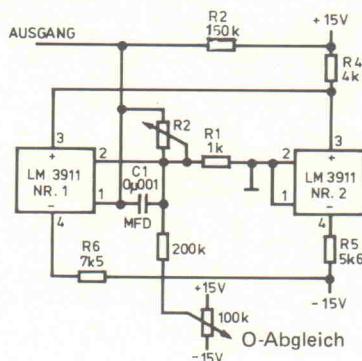
Der OpAmp kann entweder als Verstärker geschaltet werden, so daß er eine Spannung liefert, die linear von der Temperatur abhängt. Oder er kann als Komparator arbeiten,

der bei einer eingestellten Temperatur den Ausgang schaltet.

Die Schaltung kann also entweder zur Messung dienen oder zur Kontrolle. Der Ausgang kann in allen Temperaturskalen geeicht werden: Celsius, Kelvin oder Fahrenheit.



Das Innenleben des LM 3911



Zwei LM 3911 können als Differenzthermometer geschaltet werden

Das fertige Thermometer. In unserem Aufbau fehlt noch der Kupferstreifen, er sollte aber für eine bessere Temperaturübertragung unbedingt angebracht werden (siehe auch Text).

# elrad • SOFTWARE • SOFTW

## Komplett-Software von elrad-Software

Fast alle elrad-Programme bestehen aus einer Programmkkassette oder Diskette und einem ausführlichen Handbuch in deutscher Sprache. Dieses Handbuch enthält u.a. die Beschreibung der Methoden, Programmbeschreibung, Auflistung der Programme und Muster einer Programmausführung.

### elrad-Programmbibliothek

#### Nr. 1

(für PET 2001 (ab 8 KB), cbm 3001, TRS-80 Level II und Apple II)

10 lehrreiche und unterhaltsame BASIC-Programme, u.a. Schnell-Lese-Training, Übung für das Präzisionsschreiben, Drill für das Kopfrechnen, Berechnung von Zinseszinsen, der Computer als Heilseher.

**Komplett-Preis** 19,80 DM  
Programmkassette allein 14,80 DM  
Handbuch (56 Seiten) allein 8,80 DM

### elrad-Programmbibliothek

#### Nr. 2

(für PET 2001 (ab 8 KB), cbm 3001, TRS-80 Level II und Apple II)

10 BASIC-Programme, u.a. Drillprogramm für das Bruchrechnen, Übung für das Geschwindigkeitsschreiben, Tilgungsplan für ein Darlehen, Reaktionszeit-Test, Gedächtnis-Training, Trainingsprogramm für die Beobachtungsgabe, der Computer als Poet.

**Komplett-Preis** 19,80 DM  
Programmkassette allein 14,80 DM  
Handbuch (69 Seiten) allein 8,80 DM

### Menüplanung

(für cbm 3001, 32 KB)

Dieses Programm gestattet die Planung einer Mahlzeit im Dialog mit dem Computer. Sie geben die Bestandteile der Mahlzeit und die Mengen ein, das Programm berechnet den Gehalt an Eiweiß, Fett, Kohlehydraten, Vitaminen, Mineralstoffen sowie den Energiegehalt. So können Sie schrittweise Ihre Mahlzeit zusammenstellen, bis die gewünschten

Werte erreicht sind. Das Programm enthält Nährwertinformationen für mehr als 300 Lebensmittel und kann Ihnen z.B. auch eine Liste von Lebensmitteln ausgeben, die arm bzw. reich an einem bestimmten Nährstoff sind. Wahlweise Druckausgabe. Viele weitere Möglichkeiten.

**Komplett-Preis** 38,50 DM  
Programmkassette allein 29,80 DM  
Handbuch allein 15,80 DM

### RHINO

(für PET 2001 (ab 8 KB), cbm 3001 und TRS-80 Level II)

Sind Sie des Computer-Spiele-Allerlei müde? Dann kommen Sie mit uns auf eine Safari nach Afrika. Hier warten schon lästernde Rhinoceroses auf Sie. Suchen Sie eine Strategie, ihnen zu entkommen, ehe Sie zertrampelt werden. Ein spannendes Spiel für intelligente Leute. Mit vielen Variationsmöglichkeiten.

**Komplett-Preis** 19,80 DM  
Programmkassette allein 16,80 DM  
Handbuch (20 Seiten) allein 5,80 DM

### Analog-Uhr/Digital-Uhr

(für PET 2001 (ab 4 KB) und cbm 3001)

Analog-Uhr: Ein rundes Zifferblatt mit Minuten und Stundenzeiger und einer Sekundenanzeige füllt den Bildschirm. Alles in Graphik mit doppelter Auflösung. Zusätzlich wird noch die Zeit in digitaler Anzeige eingeblendet. Digital-Uhr: Eine 6ziffrige Digitaluhr mit 40 mm hohen Ziffern gibt die sekundengenaue Zeit an.

**Komplett-Preis** 19,80 DM  
Programmkassette allein 15,80 DM  
Handbuch (58 Seiten) allein 7,80 DM

### Morse-Tutor

(für PET 2001 (ab 8 KB), cbm 3001 und TRS-80 Level II)

Übungsprogramm für das Erlernen des Morse-Codes. Die akustische Ausgabe erfolgt mit Hilfe eines anzuschließenden Radios oder Kassettenrecorders. Das Programm bietet mehrere Möglichkeiten, u.a.:

Der Computer gibt (natürlich akustisch) ein Zeichen aus, das man erkennen muß.  
Sie geben auf der Tastatur ein oder mehrere Zeichen ein (oder fortlaufende Texte), die der Computer in den Morse-Code umsetzt und ausgibt.

Sie geben über eine Taste der Tastatur Morse-Zeichen ein und können mit Hilfe des Computers prüfen, ob sie richtig „gegeben“ haben.

**Komplett-Preis** 24,80 DM  
Programmkassette allein 19,80 DM  
Handbuch (26 Seiten) allein 7,80 DM

### Harmonielehre

(für PET 2001 (ab 8 KB) und cbm 3001)

Dieses Programm gibt wahlweise oder nach Zufallsentscheidung akustisch Harmonien oder Harmonienfolgen aus. Diese Harmonien müssen erkannt werden. Auf Wunsch werden sie graphisch (auf einem System von Notenlinien) ausgegeben. Das Programm kennt alle gängigen Zwei-, Drei-, Vier- und Fünfklangen in allen Tonarten und Umkehrungen. Außerdem werden die graphischen Programme kennt alle gängigen Zwei-, Drei-, Vier- und Fünfklangen in allen Tonarten und Umkehrungen. Außerdem werden die graphischen Programme kennt alle gängigen Zwei-, Drei-, Vier- und Fünfklangen in allen Tonarten und Umkehrungen.

**Komplett-Preis** 24,80 DM  
Programmkassette allein 19,80 DM  
Handbuch allein 7,80 DM

### PACK/UNPACK

(für PET 2001 (ab 8 KB) und cbm 3001)

Ein sehr nützliches Dienstprogramm zum Anlegen, Ändern/Ergänzen und Löschen von Dateien aus numerischen Daten, die in gepackter Form im oberen Teil des Arbeitsspeichers stehen. Die Daten werden in gepackter Form auf einen Magnetkassette gespeichert. Ideal für Programme, die wegen umfangreicher numerischer Daten bisher keinen Platz im Speicher hatten.

**Komplett-Preis** 19,80 DM  
Programmkassette allein 15,80 DM  
Handbuch allein 7,80 DM

### Sortier-Programme

(für PET 2001, cbm 3001, TRS-80 Level II, Apple II)

BASIC-Unterprogramme für 7 verschiedene

Sortiermethoden, jeweils in Versionen für numerische und String-Daten. U.a. Ripple-Sort, Bubble-Sort, Shell-Sort, Quick-Sort. Alle Methoden werden im Handbuch ausführlich beschrieben. Es werden Angaben gemacht über Einsatzmöglichkeiten und Ausführungszeiten.

**Komplett-Preis** 24,80 DM  
Programmkassette allein 14,80 DM  
Handbuch allein 12,80 DM

### Interaktive Graphik

(für PET 2001 (ab 8 KB) und cbm 3001)

Eine Sammlung von graphischen Programmen, die im Rahmen der Elrad/Computing Today-Serie 'Interaktive Graphik' beschrieben wurden. Enthält u.a.: Zährender Roboter, fahrende Lok, Breakthrough (Reaktionsspiel), Rangierbahnhof (Intelligenzspiel).

Programmkassette 8,80 DM

### Numerische Mathematik

(für PET 2001 (ab 8 KB) und cbm 3001)

17 Programme, die im Rahmen der Elrad/Computing Today-Serie 'Numerische Mathematik' beschrieben wurden. U.a. Interpolationen, Kurvenanpassungen, Quadraturen, Lösung von linearen Gleichungssystemen, Lösung von Differentialgleichungen.

3 Kassetten 38,80 DM  
Diskette für Floppy Disk cbm 3040 38,80 DM

Bitte geben Sie bei Bestellung den Rechner-Typ an.

Unser Angebot wird ständig erweitert. Fordern Sie unseren aktuellen Prospekt an.

**Leerkassette C-10 nur 2,50 DM**  
ohne Vorspannband 2,80 DM

Alle Preise inkl. Mehrwertsteuer.

Versand erfolgt nur per Nachnahme.

**Elrad-Versand**  
**Postfach 27 46**  
**3000 Hannover 1**

# Rauschgenerator

Dieses preiswerte Gerät erzeugt auf digitalem Wege weißes Rauschen und kann als Grundgerät zur Erzeugung von Klangeffekten verwendet werden.

Weißes Rauschen ist ein Signal, daß theoretisch alle Frequenzen von  $0-\infty$  Hz enthalten und dessen Amplitudenwerte statistisch um einen Mittelwert schwanken. Werden voneinander unabhängige Rauschsignale häufig genug gemessen und daraus Mittelwerte gebildet, so zeigt das resultierende Frequenzspektrum einen nahezu frequenzunabhängigen konstanten Verlauf. Praktisch erfolgt zu hohen Frequenzen hin aber stets ein Abfall des Rauschspektrums, da alle Übertragungssysteme eine obere Grenzfrequenz besitzen.

Weißes Rauschen hört sich ungefähr wie zischender Dampf an. Es kann jedoch durch entsprechende Tief- und Bandpaßfilterung frequenzmäßig so verändert werden, daß Klänge von Wind, Wellen, Düsenflugzeugen usw. entstehen.

Die meisten Bauvorschläge für Rauschgeneratoren basieren auf analogen Schaltungsentwürfen.

Prinzipiell arbeiten diese Schaltungen so, daß die sehr kleinen Rauschspannungen von Zenerdioden oder speziellen (und teuren) Rauschdiode soweit verstärkt werden, bis sie für den allgemeinen Gebrauch groß genug sind. Das Hauptproblem mit diesen Schaltungen ist, daß auch bei Verwendung gleicher Bauteile ein Gerät gut funktioniert und ein anderes schlecht.

Der hier beschriebene Aufbau enthält eine digitale Schaltung; daher können solche Probleme nicht auftreten. Das Rauschsignal dieser Schaltung wird über einen Taktgenerator und ein quasi zufällig arbeitendes Schieberegister erzeugt.

Das Ausgangssignal hat alle wesentlichen Eigenschaften eines konventionell erzeugten weißen Rauschens, obwohl die Signalerzeugung tatsächlich einem programmierten Ablauf folgt, der sich in jedem Schaltungsnachbau in gleicher Weise wiederholt. Die Amplitude des Ausgangssignals ist aufgrund des digitalen Schaltungsentwurfs so groß, daß keine weitere Verstärkung notwendig ist.

## Der Aufbau

Der Schaltungsaufbau ist sehr einfach, da nur 2 ICs, ein Transistor und ein hal-

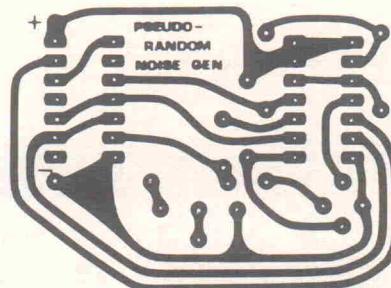
bes Dutzend passiver Bauelemente zusammengebaut werden müssen.

Da CMOS-Bausteine verwendet werden, sollten diese mit der üblichen Vorsicht behandelt und möglichst über IC-Sockel mit der Platine verbunden werden.

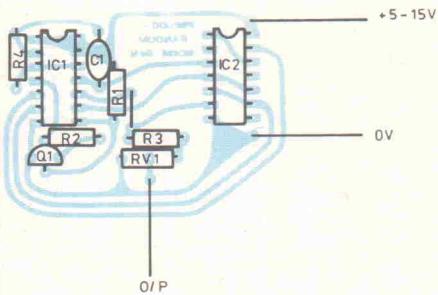
Wenn der Aufbau fertig ist, kann die Schaltung überprüft werden. Dazu wird ein Kristallohrhörer oder Mikrofon an den Ausgang angeschlossen und das Gerät eingeschaltet. Wenn alles in Ordnung ist, muß nun ein Geräusch wie das von entweichendem Dampf zu vernehmen sein.

## Stückliste

Widerstände 1/4 W, 5%
R1 4k7
R2 10k
R3 2k2
R4 27k
Potentiometer
RV1 10k
Kondensator
C1 1n0 Styroflex
Halbleiter
IC1 4070B
IC2 4006B
Q1 BC 167



Das Platinen-Layout für den Rauschgenerator



Bestückungsplan für den Rauschgenerator

## Wie funktioniert's?

Die Prinzipschaltung des Generators ist in Bild 1 dargestellt, während Bild 2 eine Schaltung zeigt, die für den Nachbau geeigneter ist. IC2 ist ein 18stufiges (5+4+5+4) statisches Schieberegister, in dem die logische Information ('0' oder '1') mit jedem Takt des 30 kHz-Taktgenerators (IC1a–IC1b) um eine Stufe weitergeschoben wird.

IC1c und IC1d sind Exklusiv-Oder-Bausteine, die in Verbindung mit dem als Inverter arbeitenden Q1 verschiedene Ausgänge von IC2 auf dessen Eingänge zurückkoppeln. Das geschieht in einer scheinbar zufälligen Art und Weise. Tatsächlich

wird innerhalb weniger Sekunden eine feste Folge von 'Nullen' und 'Einsen' durch das Register geschoben, d. h., es ist Periodizität vorhanden. Die Wiederholfrequenz ist allerdings so niedrig, daß sie nicht auffällt. Das Ausgangssignal scheint innerhalb einer großen Bandbreite zeitlich zufällig verteilt alle Frequenzen zu enthalten.

Da das Ausgangssignal digital erzeugt wird, besitzt es zusätzlich eine große Anzahl von Harmonischen. Wird es anschließend gefiltert, erscheint es als ein Signal, in dem Frequenz und Amplitude statistisch so schwanken, wie es von weißem Rauschen erwartet wird.

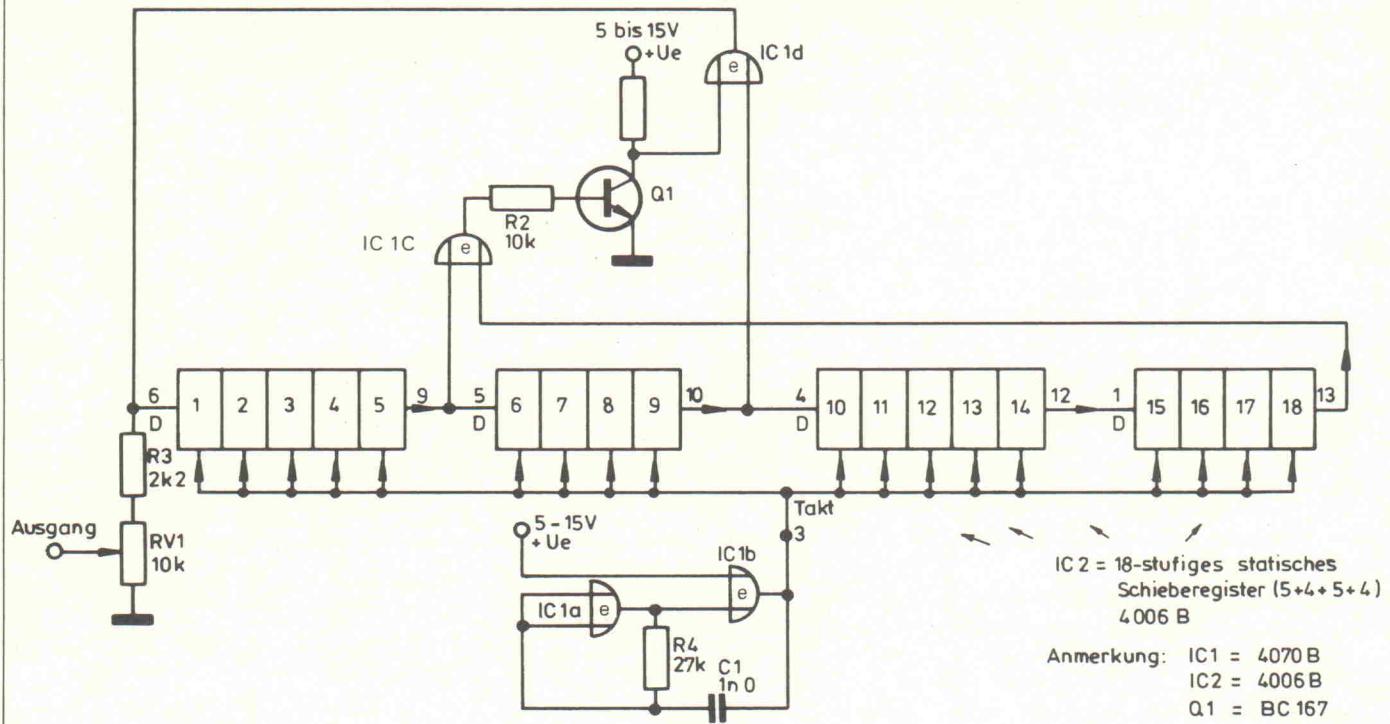


Bild 1. Das theoretische Schaltbild des Rauschgenerators

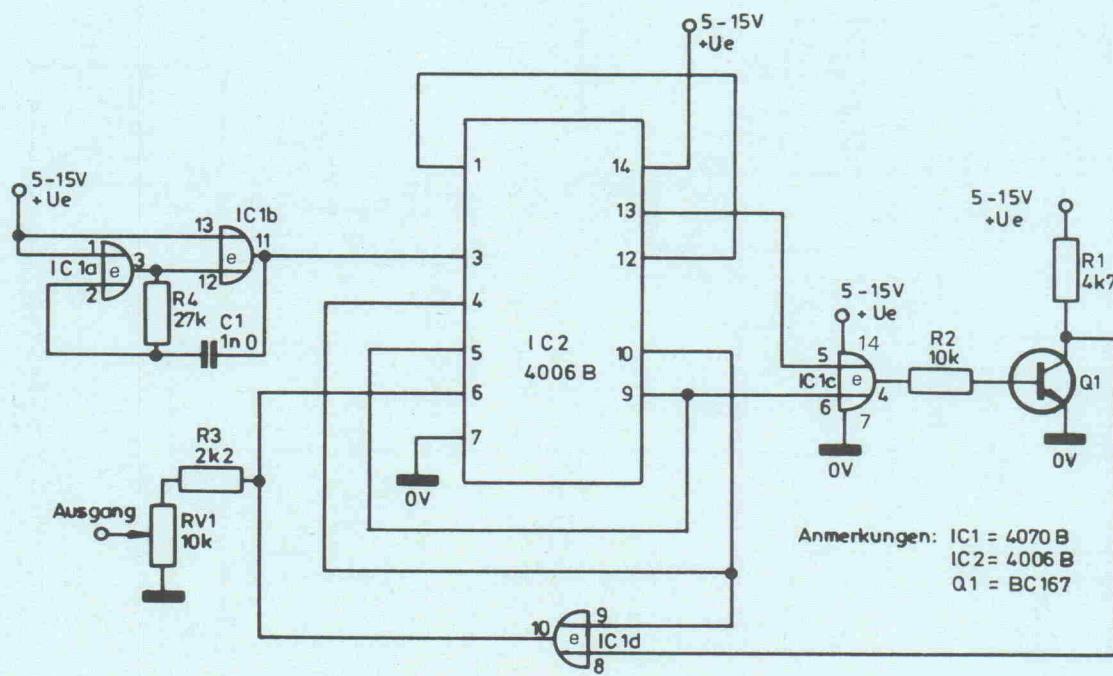


Bild 2. Das Praktische Schaltbild des Rauschgenerators

# Drahtschleifenspiel

Mit diesem Geschicklichkeitsspiel werden Sie und Ihre Freunde viel Spaß haben.

Kennen Sie das alte Spiel, bei dem Sie einen Drahtring langsam über ein verzweigt gebogenes steifes Kabel führen müssen, ohne das Kabel mit dem Ring zu berühren? Tun Sie es trotzdem, klingt eine Glocke und zeigt damit an, daß Sie das Spiel verloren haben.

Das war uns ein wenig zu einfach. Wir stellten uns ein Spiel vor, das etwas moderner ist und höhere Anforderungen an die Geschicklichkeit stellt.

Das Ergebnis unserer Überlegungen und Versuche ist eine elektronische Schaltung, die akustische und optische Anzeigen für 'gewonnenes Spiel', 'verlorenes Spiel' und Berührungen zwischen Ring und Kabel besitzt.

Für die, die noch nicht zufrieden sind, haben wir auch eine Zeitschaltung vorgesehen, so daß die Möglichkeit besteht, gegen die Zeit zu spielen.

Das Herz der Spielschaltung besteht aus vier normalen CMOS-ICs, die alle auf einer Leiterplatine untergebracht sind. Diese ICs erzeugen alle Funktionen der Schaltung. Die optischen Anzeigen erfolgen mit LEDs, die akustischen mit einem kleinen Lautsprecher. Den drei Fällen 'gewonnenes Spiel', 'verlorenes Spiel' und 'Ringkontakt' werden drei unterschiedliche Töne zugeordnet.

Mit Transistor Q1 werden die Tonfrequenzen verstärkt. In seiner Kollektorleitung liegt der Kleinlautsprecher. Sollte die Lautstärke des Gerätes nicht ausreichen, können Sie den Kleinsignalausgang an einen anderen Leistungsverstärker anschließen.

## Der Aufbau

Für die ICs sollten Sie Fassungen benutzen. Beachten Sie aber, daß Sie mit

CMOS-Bausteinen arbeiten. Sie werden erst dann eingesetzt, wenn alle anderen Arbeiten an der Schaltung beendet sind.

Befolgen Sie den Bestückungsplan und bauen Sie alle anderen Bauteile und Drahtbrücken ein.

Achten Sie auch darauf, daß die polarisierten Elemente wie Elektrolytkondensatoren, Dioden und Transistor richtig herum eingelötet werden.

Anschließend wird die Platine an alle externen Elemente wie Metallring, Kabel, Phonobuchse (siehe später) und Lautsprecher angeschlossen.

Wenn Sie sicher sind, daß die Schaltung bis hier in Ordnung ist, können die ICs eingesetzt werden.

Sollten Sie vorher noch nicht mit CMOS-Bausteinen gearbeitet haben, gehen Sie besonders vorsichtig damit um.

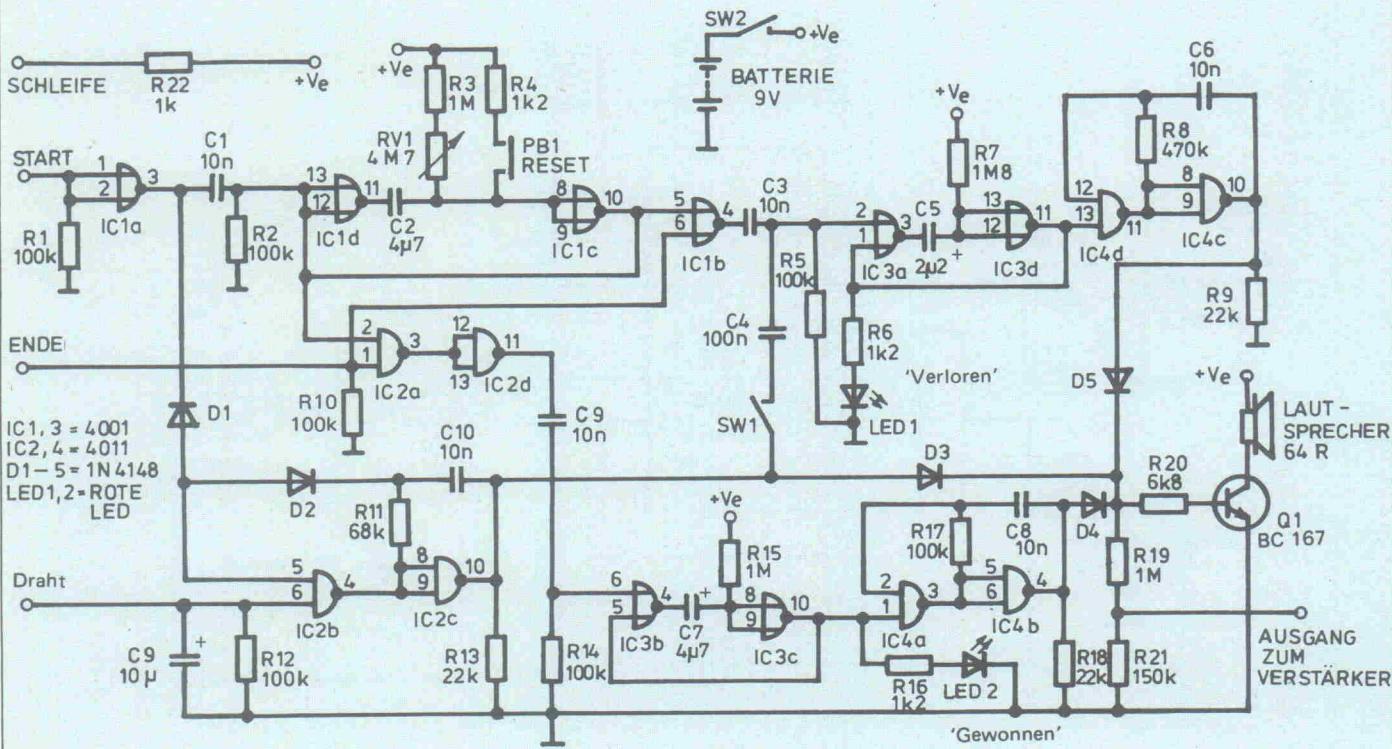


Bild 1. Das komplette Schaltbild.

Die Bausteine werden üblicherweise in leitfähigen Schaumstoff oder in kleinen Plastikhaltern geliefert, und es ist ratsam, sie erst unmittelbar vor dem Einbau zu entnehmen.

Berühren Sie auf keinen Fall die Anschlußbeinchen! CMOS-Schaltungen reagieren sehr empfindlich auf statische Elektrizität und können auf diese Weise leicht zerstört werden.

### Wie funktioniert's?

IC1 arbeitet als monostabile Kippstufe. Sie wird getriggert, wenn der Kontakt zwischen Startbuchse und Metallring unterbrochen wird. Mit RV1 kann die Zeitkonstante der Kippstufe, d. h. die maximal zur Verfügung stehende Spieldauer, eingestellt werden.

Wenn die eingestellte Zeit verstrichen ist, ohne daß der Ring die Endbuchse erreicht hat, wird eine zweite Zeitschaltung aus IC3-IC3d in Betrieb gesetzt. Die Zeitkonstante dieses Schaltungsteils beträgt 4 Sekunden. Für diese Zeit wird LED1 ('Verloren') und der aus IC4c und IC4d gebildete Multivibrator eingeschaltet. Auf diese Weise ergibt sich ein optischer und ein akustischer Hinweis, daß das Spiel verloren wurde.

Wenn der Ring die Endstellung innerhalb der vorgegebenen Zeit erreicht, werden die 'Verloren'-Indikatoren nicht betätigt. Dann wird ein entsprechender Schaltungsteil (IC3b-IC3c und IC4a-IC4b) angesteuert. Auf diese Weise leuchtet LED2 auf, und ein anderer Ton wird hörbar. Dadurch wird ein gewonnenes Spiel angezeigt.

Jedes Mal, wenn der Metallring das Kabel berührt, wird der aus IC2b und IC2c gebildete Multivibrator eingeschaltet, und ein hörbares Signal weist auf die Berührung hin.

Dadurch kann bei entsprechender Stellung von SW1 automatisch die 'Verloren'-LED angesteuert werden.

Q1 ist als einfacher Verstärker für den Kleinaltsprecher geschaltet. Wenn die akustischen Signale lauter sein sollen, kann an dem Kleinsignalausgang der Spielschaltung ein externer Leistungsverstärker angeschlossen werden.

Halten Sie die ICs sorgsam an den Enden fest und stecken Sie sie in ihre Fassungen, ohne die Anschlüsse zu verbiegen.

Dazu braucht man einiges Fingerspitzengefühl. Daher nehmen Sie sich Zeit!

Die Halterungen des zu verfolgenden Drahtes können aus Cinch-Buchsen hergestellt werden. Für jedes Kabelende wird eine Buchse in die Deckplatte des Gerätes geklebt oder in ihr festge-

schraubt. Die Deckplatte darf nicht zu dick sein, da die Buchsen unterwärts noch angeschlossen werden müssen (siehe auch Bild 2). Der zu verfolgende Draht wird über einen Cinch-Stecker in die Buchsen gesteckt und diese mit der Platine verbunden. Fig. 2 zeigt alle Details.

Der Ring kann aus einfachem Draht angefertigt werden und erhält auch eine Verbindung zur Platine.

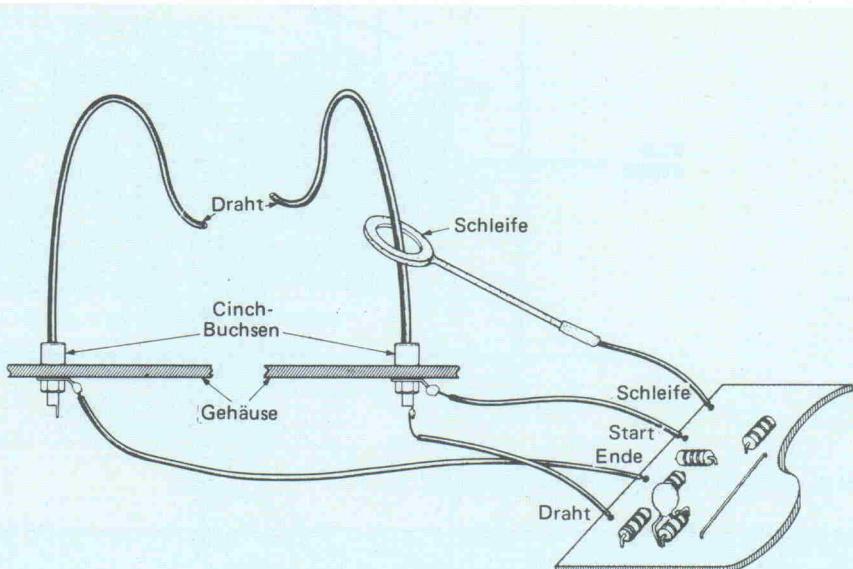


Bild 2. Die Verbindung der Platine mit der Schleife.

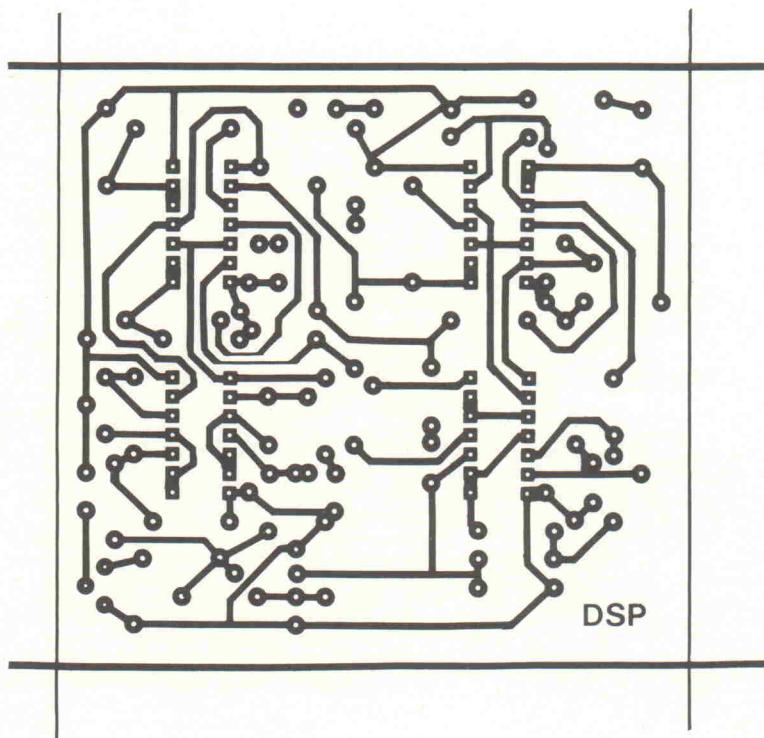


Bild 3. Das Platinenlayout.

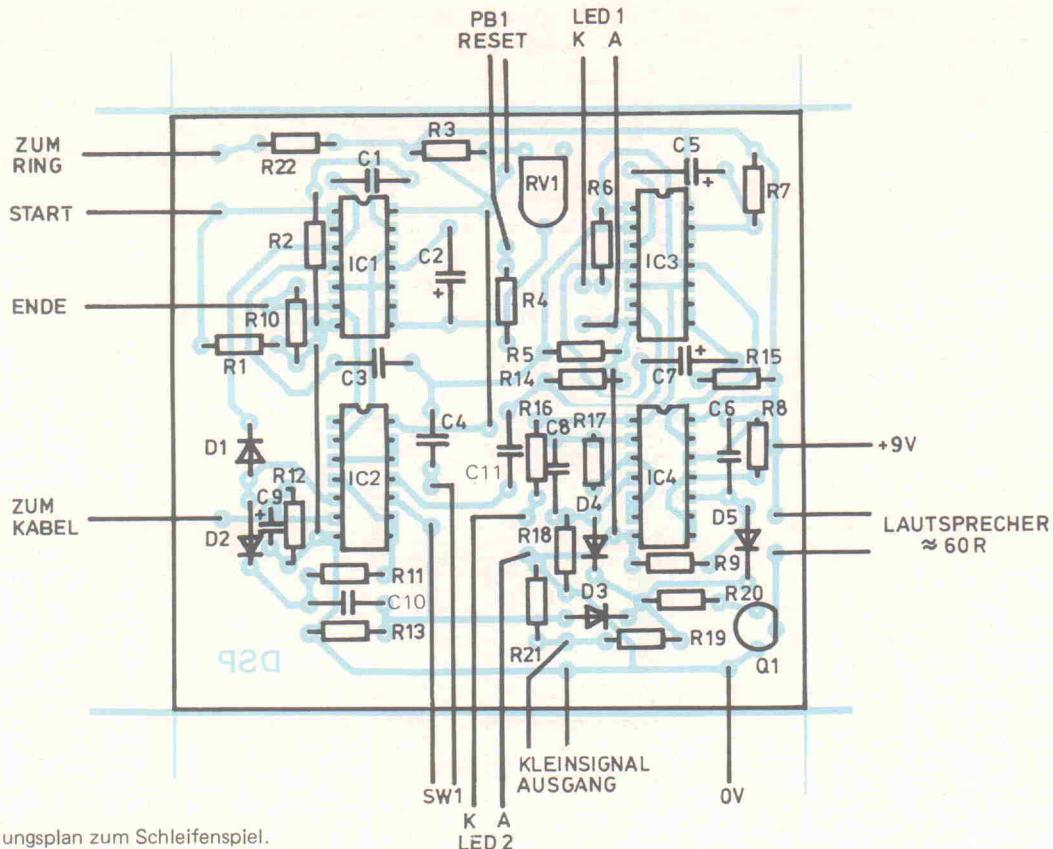


Bild 4. Der Bestückungsplan zum Schleifenspiel.

### Stückliste

Widerstände 1/4 W, 5%  
 R1,2,5,10,  
 12,14,17 100k  
 R3,15,19 1M0  
 R4,6,16 1k2  
 R7 1M8  
 R8 470k  
 R9,13,18 22k  
 R11 68k  
 R20 6k8  
 R21 150k  
 R22 1k0

Potentiometer  
 RV1 4M7 Miniatur  
 'horizontal'

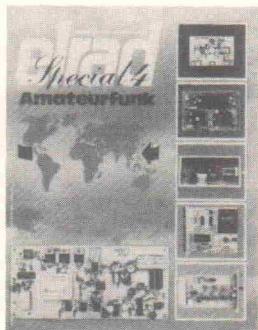
Kondensatoren  
 C1,3,6,8,  
 10 10n Folie  
 C2,7 4μ7 10V Elko  
 C4 100n Folie  
 C5 2μ2 10V Elko  
 C9 10μ 10V Tantal  
 C11 10n

Halbleiter  
 IC1,3 4001B

IC2,4 4011B  
 D1-5 1N4148  
 LED1,2 5 mm LEDs (Rot  
 'Verloren', Grün 'Ge-  
 wonnen')  
 Q1 BC167.  
 BC182L

Verschiedenes  
 PB1 Taster  
 SW1,2 Schalter 1 x Ein  
 Lautsprecher ca. 60R  
 2 x Cinch-Buchsen  
 2 x Cinch-Stecker  
 Platine, 9V-Batterie, Gehäuse

### Amateurfunk-Sonderheft



Umfang: 120 Seiten Preis: DM 14,80

### Inhalt:

**2m-PAs:** Eine ganze Reihe von Transistor-Linear-PAs in den Leistungsklassen 3–140W stehen zur Auswahl. Besonders interessant die V-Fet-PA mit max. 25W. **Morse Tutor:** Ein nimmermüder Partner erleichtert den Erwerb der A-Lizenz. **Kurzwellen-Audion:** Ein einfaches Gerätchen für den Amateurfunk-Newcomer. **Ausbreitung von Radiowellen:** Grundlagenartikel. **Sprachkompressor:** Mit einfachen Mitteln wird eine Verbesserung der Modulation erreicht. **Morse-Piepmatz:** Kleine, aber pfiffige Bauanleitung für ein Morse-Hilfsgerät. **SSB-Transceiver:** Der Grundbaustein für eine Selbstbau-Amateurfunkstation, problemlos, nach dem neuesten Stand der Technik. **Preselektor:** Ergänzung zum SSB-Transceiver. **VFO für den SSB-Transceiver:** HF-Signale in Diagrammdarstellung: Grundlagenartikel. **Aktive Antenne:** Auf einfache preiswerte Weise wird auch mit kurzen Antennen ein guter KW-Empfang möglich. **Polyphasen SSB-Exciter:** SSB-Signalerzeugung nach der Phasenmethode. **NiCad-Ladegerät:** Universell für alle Akkueinsätzebar. **Quarz-AFSK:** Für die RTTY-

Freunde. **Stabilität von Quarzoszillatoren:** Grundlagenartikel. **Universalzähler:** Mit den Erweiterungen werden Frequenzmessungen bis 500 MHz möglich, außerdem lassen sich noch Periodendauermessungen u.v.a. durchführen. **Quartzthermostat:** Für den Universalzähler, Genauigkeit  $10 \cdot 10^{-8}$ . **HF-Clipper:** Mit der verzerrungsarmen Clipper-Methode wird eine Verbesserung des Sendesignals von 6–10 dB erreicht. **2m/10m Transverter:** Aus einem 2m-Gerät wird zusätzlich ein 10m-Transceiver.

Lieferung erfolgt per Nachnahme (+ DM 4,- Versandkosten) oder gegen Verrechnungsscheck (+ DM 1,50 Versandkosten).

Elrad Versand · Postfach 27 46  
 3000 Hannover 1

# Kompakt 81-Verstärker

'Klein, aber fein' heißt die Devise, aber das braucht nicht auf Kosten der Leistungsfähigkeit zu gehen. Mit mehr als 20 W pro Kanal, geringen Verzerrungen und niedrigen Materialkosten kann unser Verstärker ein hochwertiges Teil Ihrer HiFi-Anlage werden.

Der Trend, in 'komakter' Bequemlichkeit zu leben, z. B. in Wohnblocks, Stadthäusern oder citynahen Reihenhäusern, hat zu einer Nachfrage nach entsprechenden Haushaltsgütern und Möbeln geführt – einschließlich der HiFi-Ausrüstung. Die meisten Hifi-Hersteller stürzen sich im letzten Jahr in dieses Geschäft und brachten diverse Variationen von separaten Komponenten sowie integrierten Kombinationen heraus, meist platzsparend zugeschnitten auf die Größe eines konventionellen HiFi-Regales als Turm oder als Bank.

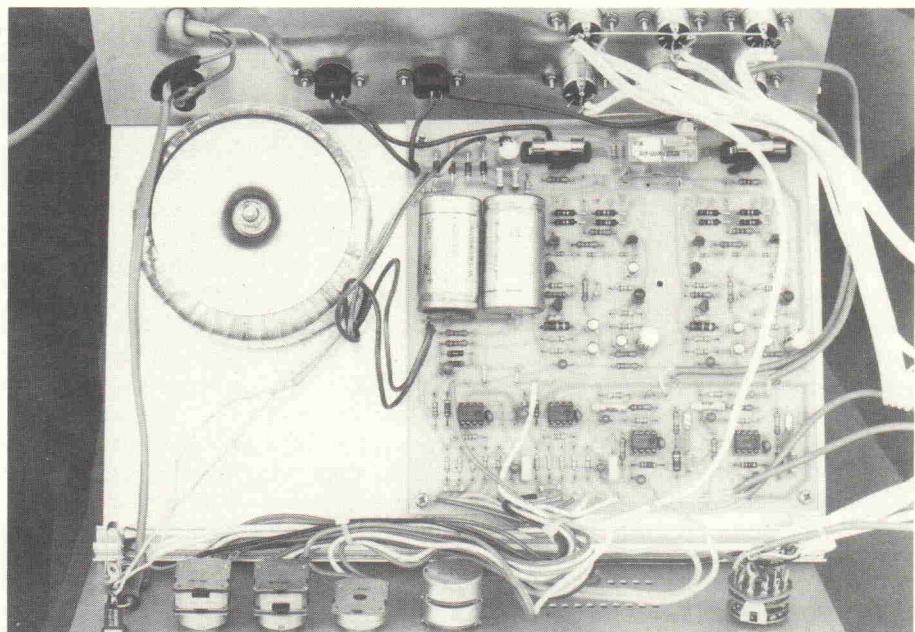
Dieses Projekt soll diejenigen Leser ansprechen, die ein Gerät suchen, das diesen Anforderungen genügt, die aber nicht so viel Geld ausgeben wollen, aber auch diejenigen, die das Hochgefühl genießen möchten, etwas selbst gefertigt zu haben.

Abgesehen davon ist dieses Gerät ideal für Anfänger mit noch geringen Erfahrungen in der Konstruktion, die ein 'narrensicheres' Projekt in Angriff nehmen wollen. Dieses Gerät ist sehr einfach aufzubauen, weil die meisten Bauelemente auf einer einzigen Platine montiert werden und die Verdrahtung durch Verwendung von Flachbandkabel vereinfacht wurde. Trotz des – verglichen mit anderen Geräten – niedrigen Preises ist dies kein 'Billig-Verstärker'. Die Leistungsfähigkeit ist nachweisbar besser als die ähnlicher Geräte, die sehr viel teurer sind, und der Verstärker kann zusammen mit unseren früher veröffentlichten HiFi-Projekten betrieben werden, was dann eine durchaus respektable Stereoanlage darstellt.

## Der Entwurf

Alles in allem ist dies ein recht konventioneller Entwurf, abgesehen von der Endstufe, aber wir haben auf Details wie TIM und Slew Rate-Begrenzung ebenso geachtet wie darauf, die gesamten harmonischen Verzerrungen annehmbar gering zu halten.

Die Vorverstärkerstufen werden mit gewöhnlichen Verstärker-ICs betrieben. Die Endverstärker haben eine Differentialeingangsstufe, die eine komplementär-symmetrische Klasse B-Endstufe treibt. Die Ausgangstransistoren sind die BD 241 und BD 242 im Plastikgehäuse; dafür genügt ein einfaches Kühlblech auf der Platine – wie man auf dem Foto der Innenansicht sieht. Das Gerät hat eine normale



Ein Blick ins Innere des Verstärkers (Endtransistoren und Kühlkörper fehlen noch).

Stromversorgung mit Brückengleichrichter. Außerdem ist eine 'Anti-Klick'-Schaltung vorgesehen.

Die Ausgangsstufe eines jeden Kanals leistet 25 W an 8 R. Falls Sie den Verstärker als Geschenk für Ihre Kinder bauen, könnten sich 15 bis 20 W schon als zu viel für den Hausfrieden, das Familienleben und die Gesundheit Ihres Haustieres erweisen. Durch Verwendung eines Transformators mit niedrigerer Spannung und Änderung einiger Widerstände kann der Verstärker leicht auf 5 W begrenzt werden.

Achtung, Kinder! Hat Euch Euer alter Herr einen 5-W-Verstärker geschenkt, so könnt Ihr ihn ohne viel Aufhebens zu einem 20 W-Verstärker aufmotzen. Lest nur weiter! Für die 5 W-Version genügt ein kleineres Kühlblech, und der Gesamtpreis verringert sich auch (da der Transformator preiswerter ist). Die beiden verschiedenen Transformatoren sind auf der Stückliste aufgeführt.

Wenn man einen Verstärker ein- oder ausschaltet, kann der Lautsprecher ein lautes Knacken hervorbringen. Dieser Einschaltstoß kann genügend Energie haben, um den Lautsprecher zu zerstören! Er röhrt daher, daß die Betriebsspannung unterschiedlich ansteigt (beim Einschalten) oder abfällt (beim Ausschalten). Daraum haben wir eine Anti-Klick-Schaltung vorgesehen, die die Verbindung zu den

Lautsprechern erst nach einer Verzögerung herstellt, wenn der Verstärker eingeschaltet wird. Beim Ausschalten werden die Lautsprecher unverzüglich getrennt, bevor etwas passieren kann.

## Aufbau

Wir haben uns für ein Metallprofil-Gehäuse entschieden. Das Gehäuse ist aus eloxiertem Aluminium. Die Frontplatte haben wir mit schwarzen Aufreibebuchstaben beschriftet. Die Anordnung der Regler auf der Frontplatte ist einfach. Es gibt nur zwei Kippschalter: Netz und Tape Monitor. Einen Stereo/Mono-Umschalter hielten wir für überflüssig, weil er nur die Kosten in die Höhe getrieben und die übersichtliche Frontgestaltung verwirrt hätte. Er wird auch heute nur noch in den seltensten Fällen benutzt. Die Rückwand beinhaltet die Ein- und Ausgangsanschlüsse, das Netzkabel und eine Erdungsklemme für andere Geräte wie Plattenspieler, Vorverstärker o. ä.

Wir benutzen für die zwei Ausgangsstufen einen innerhalb des Gerätes montierten Kühlkörper aus Aluminium. Dieses Kühlblech ist das Minimum bei 20W pro Kanal. Wenn Sie wollen, können Sie die Ausgangstransistoren auf die Rückwand oberhalb der Lautsprecherausgänge montieren. In diesem Falle müssen die Anschlüsse mit Schaltdraht oder Flachkabel mit der Platine verbunden werden.

## Daten

**Ausgangsleistung** an 8 Ohm  
ein Kanal angesteuert: 25 W  
beide Kanäle angesteuert: 20 W

### Klirrfaktor

1 kHz (20 W): 0,03%  
10 kHz (20 W): 0,08%

### Frequenzgang

Phono:  $\pm 1$  dB nach RIAA  
andere Eingänge:  $\pm 0,5$  dB  
bezogen auf 10 Hz ... 20 kHz,  
bei 40 kHz:  $-3$  dB

### Rauschen

 (bezogen auf  
Nennempfindlichkeit)

Phono:  $-80$  dB  
andere Eingänge:  $-86$  dB

### Klangregler

Bass:  $\pm 10$  dB bei 50 Hz  
Höhen:  $\pm 10$  dB bei 12 kHz

### Slew Rate:

 15 V/ $\mu$ s

### Empfindlichkeit

Phono: 2,5 mV bei 1 kHz  
andere Eingänge: 200 mV

### Ausgangsspannung

für TB-Aufnahme: 200 mV

Die Verbindungsleitungen von den Eingangsbuchsen und den Pots zur Platine haben wir mit abgeschirmten Leitungen ausgeführt. Das ist bei der Anzahl von Verbindungen zwar ganz schön mühsam, aber wenn man normales Flachbandkabel verwendet, gerät der Verstärker sofort ins Schwingen. Bei abgeschirmten Leitungen wird *immer* das Drahtgeflecht der Abschirmung *einseitig* mit Masse verbunden, d. h. an einem Ende. Am anderen Ende der Leitung wird sie abgeschnitten. Durch diese Verdrahtungstechnik vermeiden Sie Brummschleifen und unnötiges Übersprechen zwischen den Kanälen.

Beim Aufbau beginnt man am besten mit der Bestückung der Platine. Legen Sie zuerst die vier Drahtbrücken. Denken Sie daran, R 34 durch eine Drahtbrücke zu ersetzen, wenn Sie den Transistor mit der niedrigeren Spannung einsetzen wollen. Das bewirkt, daß 12 V an der Anti-Klick-Relaispule bei der niedrigen Spannung erscheinen, was für eine korrekte Arbeitsweise sorgt.

Als nächstes werden alle Widerstände eingesetzt. Wenn Sie den kleinen Transistor benutzen, denken Sie bitte daran, daß Sie die Widerstände R 36 und R 37 auf einen Wert von jeweils 390 R reduzieren. Die Widerstände R 27 und R 32 und R 127 bis R 132 sollten einen Abstand von 4–5 mm von der Printplatte haben, um eine bessere Wärmezirkulation zu erreichen und eine Beschädigung durch Überhitzung zu vermeiden.

Nun können die Kondensatoren eingebaut werden. Achten Sie, wie üblich, auf die Polarität der Elkos und Tantalkondensatoren. Die Anschlußdrähte der kleinen Keramikkondensatoren C 3, C 11, C 14, C 103, C 111 und C 114 sollten so kurz wie möglich sein. Bauen Sie sie so ein, daß sie direkt auf der Platine liegen. Der Netzentör-Kondensator wird weitab von der Platine angeschlossen, aber darüber später mehr.

Als nächstes bauen Sie alle Halbleiter ein, ausgenommen die Ausgangstransistoren. Auch hier beachten Sie bitte die richtige Einbaurichtung. Der Basis-Anschluß liegt hier nicht in der Mitte zwischen Kollektor und Emitter wie bei den meisten kleineren Transistoren, also gehen Sie vorsich-

tig damit um. Achten Sie ganz besonders auf die richtige Polung der Dioden D 1 bis D 3 und D 101 bis D 103, da diese die Spannung für die Ausgangstransistoren regeln. Wenn sie verkehrt herum eingesetzt sind, halten die Ausgangstransistoren das nicht lange aus – das haben wir am eigenen Leibe erfahren müssen! Abgesehen von der Enttäuschung ist der Gestank fürchterlich! Im Zweifelsfalle benutzen Sie ein Multimeter, um die Diode zu prüfen. Denken Sie daran, daß der positive Leiter eines Ohmmeters innen an den Minuspol seiner Batterie angeschlossen ist. Wenn also das Ohmmeter einen geringen Widerstand anzeigt, ist dieser Leiter an die Kathode der Diode angeschlossen.

Setzen Sie nun das Relais, die Sicherungshalter und die Sicherungen ein. Manche Sicherungshalter lassen sich schlecht löten; feilen Sie also die Oberfläche an den Ecken der Pins eines jeden Sicherungshalters ab, um beim Löten die Platine nicht zu überhitzen. Für die externen Anschlüsse benutzten wir Platinen-Stifte. Sie sind nicht absolut notwendig, machen aber die Verdrahtung der anderen Bauelemente mit der Printplatte erheblich einfacher. Sie müßten in diesem Stadium eingesetzt werden.

Falls Sie es noch nicht bemerkt haben sollten: da befinden sich zwei Lötpunkte auf der Platine, genau über IC 2 und IC 102, die auf den ersten Blick keine Funktion zu haben scheinen. In der Schaltung sind sie am Eingang der Leistungsstufe eines jeden Kanals plaziert und mit A' und B' bezeichnet. Wenn man die Leiterbahn zwischen den Punkten A' und A'' sowie zwischen B' und B'' unterbricht, kann man den Vorverstärkerausgang vom Endverstärkereingang trennen, um eine Verbindung für eine entsprechende Buchse herzustellen, so daß z. B. ein Graphik-Equalizer in Verbindung mit unserem Verstärker betrieben werden kann. Das Gerät, das dann die Leistungsstufe treiben soll, sollte eine Ausgangsimpedanz zwischen 4 und 10 k haben. Die Ausgangstransistoren werden als letztes auf die Platine gesetzt. Wenn Sie sie so einbauen wollen wie wir, dann sollten Sie zuerst das Aluminium-Kühlblech bohren undbiegen.

Als nächstes bauen Sie alle Halbleiter ein, ausgenommen die Ausgangstransistoren. Auch hier beachten Sie bitte die richtige Einbaurichtung. Der Basis-Anschluß liegt hier nicht in der Mitte zwischen Kollektor und Emitter wie bei den meisten kleineren Transistoren, also gehen Sie vorsich-

Wir haben dafür ein Alu-Blech von 1,5 mm Stärke und 110 mm mal 110 mm Größe verwendet. Wir haben es so gebogen, daß ein L-Winkel entsteht, dessen kurzer Schenkel etwa 20 mm lang ist. An diesem werden die Endtransistoren befestigt, und zwar so, daß sie sich in etwa über den entsprechenden Lötaugen auf der Platine befinden. Entgraten Sie die Befestigungslöcher sorgfältig und lackieren Sie das Kühlblech nicht.

Wir taten es, um es für Farbfotos auszuprobieren, mußten aber feststellen, daß die Kühlkapazität erheblich beeinträchtigt wurde. Befestigen Sie die Ausgangstransistoren, wie in der Zeichnung dargestellt. Zu jedem gehört eine Glimmerscheibe oder eine Unterlegscheibe aus Kunststoff. Beide Seiten werden vor der Montage mit etwas Wärmeleitpaste bestrichen; ziehen Sie die Schrauben fest an, um einen guten Wärmekontakt zwischen Transistorgehäuse und Kühlblech zu bewirken.

Überprüfen Sie, ob die Transistoren richtig eingesetzt sind und ob kein Kurzschluß zwischen Kollektoranschluß und Kühlblech vorliegt.

Bevor das Kühlblech mit den Transistoren eingebaut werden kann, schrauben Sie einen 25 mm Abstandsbolzen auf der Platine fest, so, wie es auf dem Foto zu sehen ist. Er dient zur Befestigung des Kühlblechs und zur Entlastung der Transistor-Beinchen.

Haben Sie Kühlblech und Ausgangstransistoren zusammengebaut, setzen Sie sie auf die Platine und stecken die Transistoranschlüsse in die dafür vorgesehenen Löcher. Mit einer spitzen Zange geht das ganz leicht. Stecken Sie die Transistor-Beinchen soweit durch die Platine, daß sie 2 mm weit auf der Kupferseite hervortreten. Schrauben Sie das Kühlblech an den Abstandsbolzen und löten Sie dann die Transistoren fest.

Wir haben ein fertiges GSA-Profilgehäuse benutzt. Das hat den Vorteil, daß man Frontplatte und Rückwand abnehmen und einzeln bearbeiten kann.

Wenn die Frontplatte fertigbohrt und beschriftet ist, werden Schalter, Potentiometer, Lampe und Buchsen montiert. In die Grundplatte des Gehäuses müssen Löcher für die Transformator-Befestigung,

die Platine und die Abstandsrollen gebohrt werden. Nun kann das Gehäuse bis auf die Abdeckplatte zusammengebaut werden.

Um die Oberfläche unserer Regale vor allem zu schützen, was beim Betreiben so passieren kann, setzen wir vier selbstklebende Gummifüße unter das Gehäuse. Bauen Sie nun den Transformator und die Printplatte gemäß der Anleitung ein. Der Trafo gehört in die hintere linke Ecke, möglichst weit weg von der Phonostufe, die sehr empfindlich ist gegenüber dem Brummen, was von seinem magnetischen Feld herrührt. Die Platine wird mit vier 12 mm starken Abstandsbolzen aus Plastik befestigt. Jetzt kann die Verdrahtung vervollständigt werden. Der Verdrahtungsplan zeigt, wie es gemacht wird. Am besten fängt man mit den Verbindungsleitungen zwischen dem Eingangswahlschalter und den DIN-Buchsen an.

Dann werden die Potis und der Tape-Monitor-Schalter verdrahtet. Auch hierbei sollten abgeschirmte Leitungen verwendet werden. Um die Abschirmungen sauber befestigen zu können, sollten Sie von der Kopfhörerbuchse bis zum Schalter SW1 einen 2 mm starken Draht anbringen. Dieser kann sauber gebogen werden und ist doch mechanisch stabil.

Alle Abschirmungen werden an ihm festgelötet, und diese 'Masseschiene' selbst wird mit dem Punkt 'V' verbunden. Ein wenig Sorgfalt bei diesen Arbeiten macht sich später mit Brummfreiheit bezahlt.

Die beiden Phonoeingänge werden mit abgeschirmtem Kabel an die entsprechenden Eingangsbuchsen angeschlossen. Beide Erdungen werden mit der Platine und mit ihren Eingangsbuchsen verbunden. Eine der Leitungen wird dann zur Erde der hochpegeligen Eingänge weitergeführt – nicht aber zum anderen Phonoeingang.

Verdrahten Sie die Erdung exakt so, wie es der Plan vorschreibt. Die Erdung der Lautsprecher läuft zurück zur Erde der Stromversorgung auf der Platine, und die für die Eingänge wird zu einer der Phono-buchsen zurückgeführt. Die einzige Verbindung zum Chassis befindet sich in der Nähe der Erdungsklemme auf der Rückseite, und diese wiederum läuft weiter zum Erdanschluß neben der Stromversorgung auf der Printplatte.

Bei der Netzverdrahtung seien Sie besonders vorsichtig. Wir verwendeten eine isolierte Befestigungsschelle, um das Kabel beim Eintritt in das Gehäuse zu sichern, wo die Drähte in einer Klemmleiste enden. Der Erdungsdräht (grün/gelb) sollte länger als die beiden anderen sein und wird an einer mit Mutter und Schraube gehaltenen Lötfahne befestigt. Der für die Unterdrückung von Netzstörungen zuständige



## bef-Händler haben das Vertrauen ihrer Kunden

Elektronik-Kunden wissen heute, Händler, die das bef-Zeichen führen sind mehr als nur eine Verkaufsstelle.

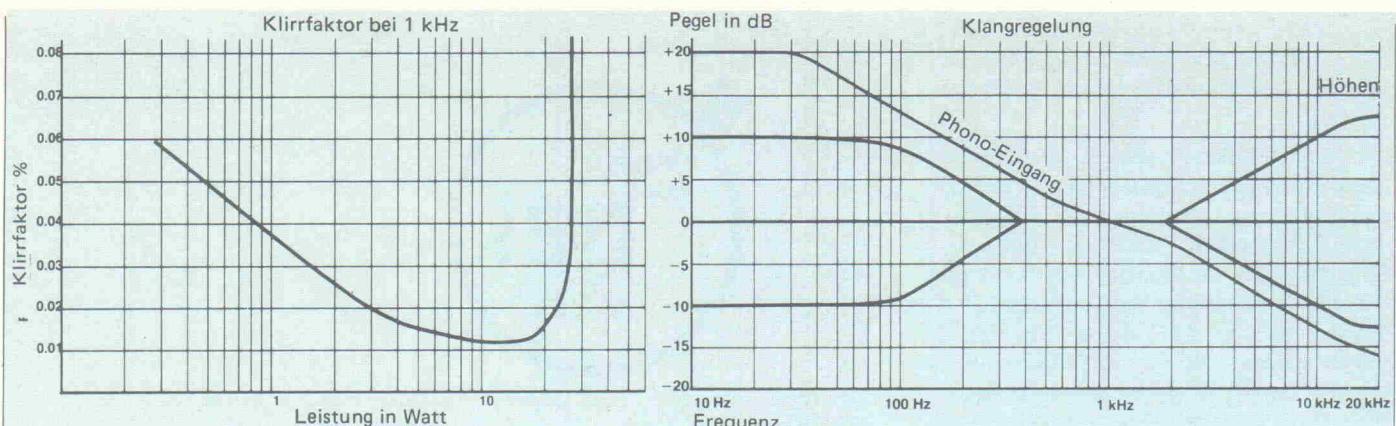
Alle im bef eingetragenen Mitglieder können Vorteile nutzen, die sie anderen überlegen machen:

- Vertretung des Elektronik-Fachhandels gegenüber Behörden, Vereinigungen und Verbänden
  - wirtschaftspolitische Fragen
  - Betriebswirtschaftliche Fragen, Analysen
  - Fragen der Aus- und Fortbildung, Seminare
  - Ordnung und Festigung der Beziehung zwischen Arbeitnehmern und Arbeitgebern
  - Technische Fragen, Analysen
  - Marktanalysen
  - Rechtsangelegenheiten
  - Mitgliederinformation
  - Branchenimagebildung
- Zögern Sie nicht länger! Nutzen Sie die Vorteile, die Ihnen Ihr Fachverband bieten kann. Ein starker Verband braucht auch Ihre Mitgliedschaft.

**bef** Bundesverband  
des Elektronik-  
Fachhandels e.V.

Ammerseestraße 99

Telefon: 0 89 - 7 55 44 44 · Telex: 5 213 068



Die Meßkurven des Verstärkers.

Kondensator C26 wird ebenfalls auf diese Klemmleiste montiert, und zwar auf der Seite, wo die Verdrahtung zum Netzschalter auf der Frontplatte führt. Falls Ihr Transformator Anschlußklemmen besitzt, kann der Kondensator auch dort angebracht werden. Die gesamte 220V-Verkabelung läuft an der linken Seite des Chassis entlang. Nehmen Sie Isolier- oder Schrumpfschlauch für den Netzschatzter, um offene elektrische Verbindungen zu vermeiden.

Damit ist der Aufbau beendet. Bleibt nur noch, die Verdrahtung genauestens zu überprüfen und einen Probelauf zu starten. Schalten Sie das Gerät ohne Eingangssignal und ohne Lautsprecher an. Die LED auf der Frontplatte sollte aufleuchten, ebenso wie die beiden LEDs auf der Platine. Messen Sie nun mit einem empfindlichen Vielfachmeßinstrument die Spannung am Ausgang eines jeden Kanals. Es sollten nicht mehr als 100 mV sein. Da die Ausgangsstufe ein Klasse B-Verstärker ist, gibt es keine BIAS-Einstellung.

Wenn alles in Ordnung ist, schalten Sie das Gerät wieder aus, schließen Sie Boxen und einen Plattenspieler oder ein Tonbandgerät an – und los gehts!

## Im Betrieb

Wir haben das Gerät erschöpfend getestet; unter höchster Belastung bis hin zum 'Clipping' führten wir umfassende Hörtests durch. Die Fotos, die wir von dem Oszilloskop in unserem Labor aufgenommen haben, zeigen Ihnen, wie der Verstärker mit einer Rechteckkurve bei verschiedenen Frequenzen im Audiobereich arbeitet, sowie auf einem Bild den Ausgang des Verstärkers, wenn eine Sinuswelle bis zum Clipping hochgefahrt wird. Das Gerät ist, wie man sieht, sehr gut.

Nur um uns selbst und die skeptischsten unter unseren Lesern endgültig zu überzeugen, fügen wir noch ein Foto vom Schirm des Spektrum-Analysators Hewlett & Packard 3580 A bei, den wir uns für

eine andere Entwicklungsarbeit ausgeliehen haben. Wie Sie sehen können, hat unser Verstärker eine ganz beachtliche Qualität.

Für den Hör-Test benutzten wir ein Paar 4-Wege-Boxen aus unserer Serie 4000/2 in einer durchschnittlichen häuslichen Umgebung und einen Sansui-Plattenspieler mit einem Shure M 91 System. Der Klang ist sehr rein, mit einem sauberen Baß

und klaren Höhen, und es ist offensichtlich, daß jedwelche akustischen 'Fehler' nicht vom Verstärker herrühren. Das Gerät brachte die Boxen mühelos zu Lautstärken, die ausreichen würden, daß Nachbarn sich beschweren!

Wir hoffen, Sie werden mit diesem Kompaßverstärker genauso zufrieden sein, wie wir es sind.

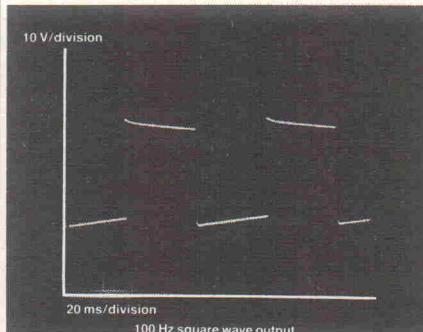


Bild 1

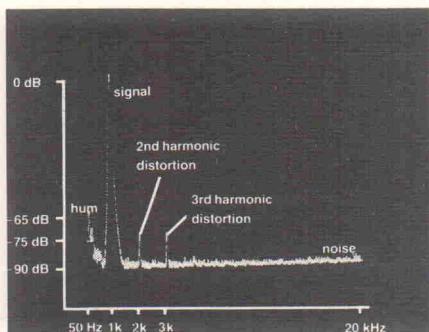


Bild 2

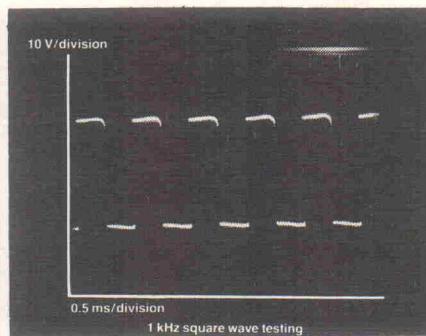


Bild 3

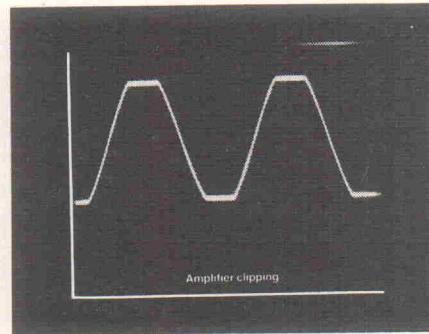


Bild 4

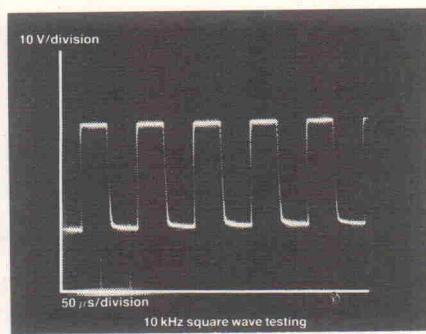
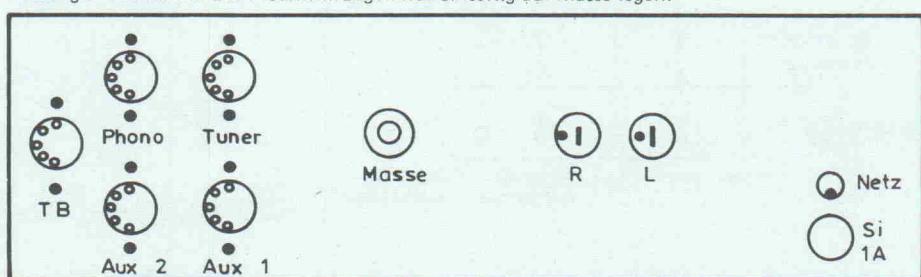
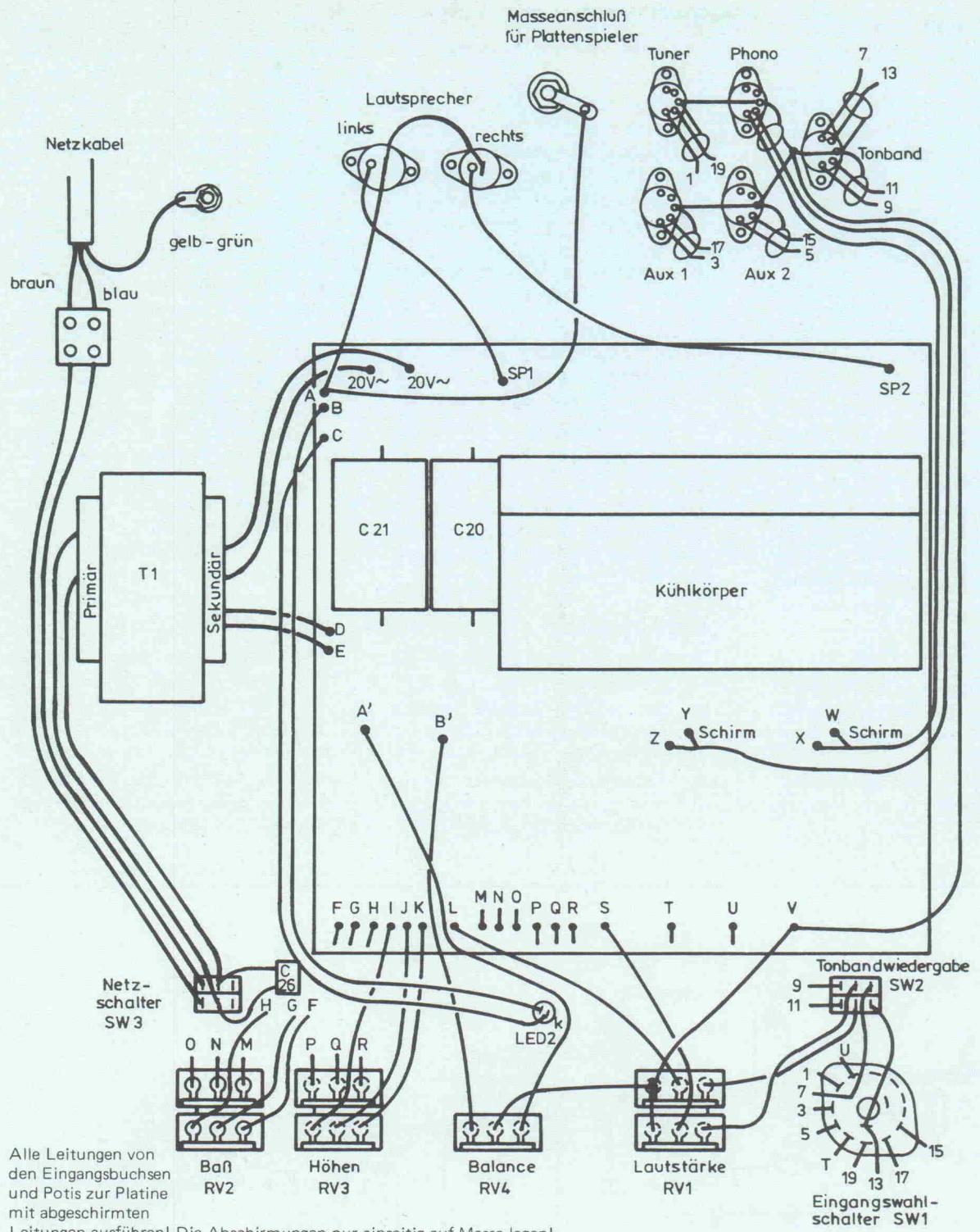


Bild 5

- Bild 1. Ausgangssignal, 100 Hz Rechteck
- Bild 2. Klirrfaktor bei 1 kHz
- Bild 3. Ausgangssignal, 1 kHz Rechteck
- Bild 4. Übersteuertes Sinus-Signal
- Bild 5. Ausgangssignal, 10 kHz Rechteck



SW1	Position Funktion	links	rechts
1	Phono	U	T
2	Tuner	1	19
3	Aux 1	3	17
4	Aux 2	5	15
—	Tape out	9	11
—	Tape in	7	13

Verdrahtungsplan und Anordnung der Eingangs- und Ausgangsbuchsen.

## Wie funktioniert's?

Dieser Verstärker ist mit normalen IC-Operationsverstärkern in der Phono- und in der Vorverstärkerstufe ausgestattet, die einen Klasse-B-Verstärker in diskreter Schaltung treiben.

Die Stromversorgung ist konventionell, mit einem Transformator und mit einem Brückengleichrichter und Siebkondensatoren, um die positive und negative Spannung abzuleiten, und mit einer Anti-Klick-Schaltung für die Lautsprecher.

Die folgende Beschreibung bezieht sich immer nur auf einen Kanal, da beide Kanäle identisch sind bis auf die Nummern der Bauteile. Für den einen Kanal sind die Teile mit IC1, R1, C1 etc. bezeichnet, und für den anderen entsprechend mit IC101, R101, C101 usw., Mehrfachsteller sind mit SW1a,b usw. bezeichnet.

## Die Phonostufe

Der Phonoeingang – für Plattenspieler mit Magnet-System – ist an den Eingang von IC1 angelegt, einem LM301, und zwar über ein RC-Glied (C1, R1), welches ein Subsonicfilter bildet. Die Rückkopplung für IC1 (R3, R4, R5, R6 und

C4) dieser Stufe läuft über C7/R7 zum Eingangswahlschalter SW1.

Der Widerstand R7 hält die negative Seite von C7 auf 0V, damit die Lautsprechermembran nicht kracht, wenn der Eingangswahlschalter betätigt wird. C6 dient dazu, den Verstärkfaktor von IC1 bei Gleichstrom auf 1 zu reduzieren, so daß die Abweichung des Gleichstomes an dessen Ausgang gering gehalten wird.

Der Kondensator C3 sorgt für eine stabile Kompensation von IC1. Der Widerstand R2 und der Kondensator C2 bewirken, daß der Eingang von IC1 nicht durch HF-Interferenzen gestört wird.

Die Gesamt-Verstärkung der Phono stufe liegt bei etwa 300 und ist so ausgelegt, daß sie volle Leistung bei einer Eingangsspannung von 2,5 mV bei 1 kHz bringt.

## Der Klangregler

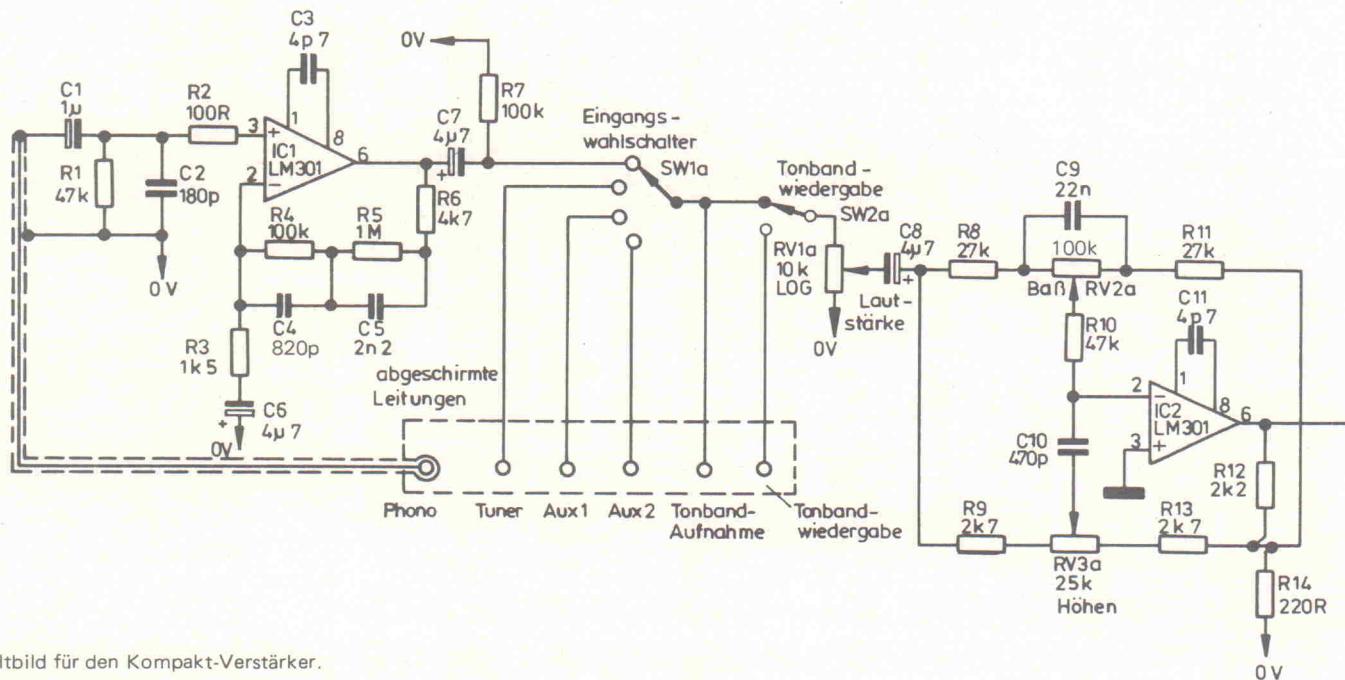
Der Eingangswahlschalter trennt die verschiedenen Eingänge und führt sie über den Monitorschalter SW2 an den Lautstärkesteller RV1. Von da an läuft das Signal über C8 zum Eingang der Klangregelstufe im Vorverstärker. Dieser ist konventionell um die Rückkopplung von IC2

aufgebaut und schneidet die Höhen bei 12 kHz und die Tiefen bei 50 Hz ab. Unüblich gegenüber normaler Regelung haben wir aus Gründen, die wir im Text nannten, nur einen Einstellbereich von  $\pm 10$  dB vorgesehen.

Die Gesamtverstärkung dieser Stufe beträgt 10, so daß für volle Aussteuerung 200 mV<sub>eff</sub> am Eingang benötigt werden. Die Anstiegszeit dieser Stufe liegt mit 15 V/ $\mu$ s niedriger als die der Endstufe. Das wurde durch einen entsprechenden Wert des Kompensationskondensators C11 erreicht. Das R/C-Netzwerk aus R15 und C12 begrenzt zusätzlich die Anstiegszeit am Ausgang der Klangstellerstufe. Diese Technik vermeidet transiente Intermodulationsverzerrungen, die sich in der Endstufe entwickeln könnten.

## Die Endstufe

Spitzfindige Leser werden einige Ähnlichkeiten dieser Schaltung mit dem Elrad-Gitarrenverstärker (8/80) und dem Elrad-Endverstärker-Modul (10/79) feststellen. Grundsätzlich muß ja schließlich auch nicht neu erfunden werden. Zehn diskret vorhandene Transistoren T1 bis T10



Das Schaltbild für den Kompakt-Verstärker.

komplettieren diesen Entwurf. Die Transistoren T1 und T2 bilden die Eingangs differenzstufe. Der Transistor T4 stellt eine Konstantstromquelle für die Eingangsstufenemitter dar, voreingestellt über R24 und LED1. Der Ausgang der Klang einstellerstufe gelangt zunächst über den Balancesteller über C13 auf den Eingang des Leistungsverstärkers zur Basis von T1. Der Kollektor von T1 ist direkt auf die Basis des Vortreibers T5 geschaltet. Die Dioden D1, D2 und D3 sorgen für eine Spannungsdifferenz von über 1,8V zwischen den Basen von T7 und T8. Jeder dieser Transistoren hat eine Spannung von über 0,6V über seinen Basis/Emitter-Übergang. Somit bleibt noch eine Gesamtspannung von 0,6V, die über die 27 R Widerstände R27 und R28 abfällt. Haben diese den gleichen Wert, fallen über jeden 0,3V ab und halten diesen Wert über die Basis/Emitter-Übergänge von T9 und T10, den Ausgangstransistoren. Da die Transistoren 0,6 V Vorspannung benötigen, werden sie ausgeschaltet bleiben, bis das angelegte Signal über 0,6V ansteigt (gegen 0 Volt gemessen). Nur ein bißchen mehr als 10 mA durch R27 und R28 sorgen für die zusätzlichen 0,3V, um die Aus-

gangstransistoren einzuschalten. Der Transistor T6 benötigt eine konstante Stromsenke (oder Quelle – abhängig von Ihrem Standpunkt) für den Kollektorstrom von T5, um die Verstärkung der Treiberstufe T5 ansteigen und die Verzerrungen geringer werden zu lassen. Die Emitterlastwiderstände, die die Ausgangsstufe enthält, bestehen aus R29/30 und R31/32. Ihre Aufgabe ist es, ein thermisches Laufen zu verhindern und die Verstärkung der Ausgangstransistoren zu stabilisieren. Sie spielen nur eine untergeordnete Rolle, um im Fehlerfall, d. h. bei Beschädigung der Ausgangstransistoren, als Sicherungen zu fungieren. Natürlich sollten diese Widerstände etwas über der Printplatte bestückt werden. Negative Rückkopplung wird über den Spannungsteiler aus R23 und R20 erreicht. Der Kondensator C15 stellt einen Kurzschluß für Wechselspannungen gegen 0 Volt dar. Die Verstärkung der Stufe im Audiobereich stellt somit das Verhältnis der Widerstände R23 und R20 zueinander dar, in diesem Falle: 12. In Richtung sehr niedriger Frequenzen erhöht sich die Impedanz von C15 und vermindert somit die Verstärkung der Endstufe durch eine Herabsetzung der negativen

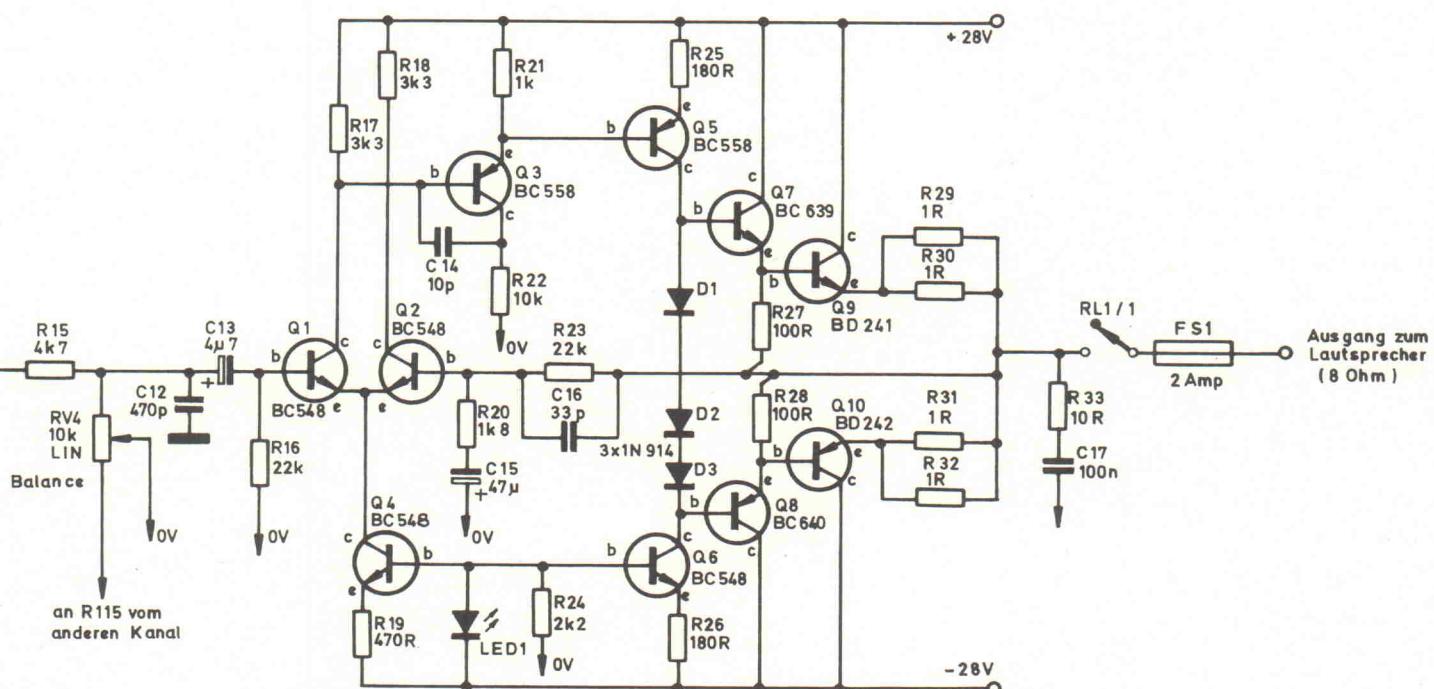
Rückkopplung. Der Kondensator C16 erhöht die Wechselspannungs rückkopplung bei hohen Frequenzen.

Die Basis von T1 wird auf 0 Volt bezogen, und da der gesamte Verstärker gleichspannungsgekoppelt ist, wird die Ruheausgangsspannung unter 50mV gehalten.

Der Ausgang der Endstufe wird über einige Kontakte über das Relais zur 'Einschaltentknackung' und über 2A-Sicherungen als Lautsprecherschutz geführt. Das R/C-Netzwerk R33/C17 kompensiert Phasenverschiebungen am Ausgang.

Die Ausgangshalbleiter BD 241 und sein Komplement BD 242 werden in reiner Klasse B betrieben, die Übernahmeverzerrungen werden durch den Aufwand an Rückkopplung vermindert. Diese Halbleiter leisten ca. 25W an einer 8 Ohm Last.

Es wird nur ein bescheidenes Kühlblech benötigt, da die Verlustleistung gering ist. Obwohl die Ausgangstransistoren bei bestimmten Betriebsbedingungen stark an ihrer SOAR-Grenze arbeiten, gibt es keine Probleme. Niedrigere Ausgangsleistungen können durch Verminde rung der Betriebsspannung erreicht werden.



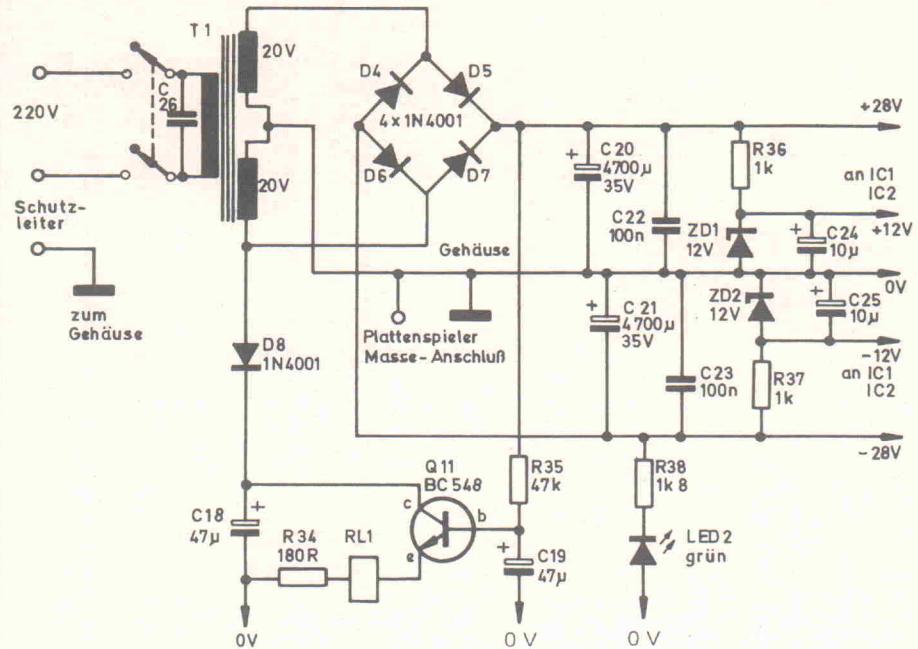
## Netzteil

Die 220 V Wechselspannung werden auf der Primärwicklung des Netztransformators über den Netzschalter SW3 eingespeist. Für die Unterdrückung von Spannungsspitzen sorgt der Kondensator C26, der über die Netzeleitung geschaltet ist. Die Sekundärseite des Transformators hat zwei in Serie geschaltete Windungen, wobei die Mittelpunktzapfung den 0 Volt-Anschluß darstellt. Ein Brückengleichrichter, bestehend aus den Dioden D4 bis D7, sorgt für die positive und negative Versorgungsspannung. Die Hauptspannung ist abhängig vom Transformator, den Sie für die gewünschte Ausgangsleistung gewählt haben. Die Glättung der Spannung geschieht durch C20 und C21. Die Kondensatoren C22 und C23 reduzieren die Impedanz der Versorgungsleitung für höhere Frequenzen. Die Versorgungsspannung für die Vorverstärker- und Klangeinstellstufen werden durch die konventionelle Vorwiderstand/Zenerdiode-Schaltung R36, R37, ZD1 und ZD2 stabilisiert. C24 und C25 sieben diese Versorgungsspannung. LED2 ist der Einschaltindikator.

## Anti-Klick-Schaltung

Der Anti-Klick-Schaltkreis besteht aus D8, T11, C18 und C19, R34 und R35 sowie RL1. Der Sinn und Zweck dieser Schaltung liegt darin, die Lautsprecher vom Endverstärker zu trennen, bis sich die Versorgungsspannung nach dem Einschalten stabilisiert hat; desgleichen sinngemäß, wenn der Verstärker ausgeschaltet wird.

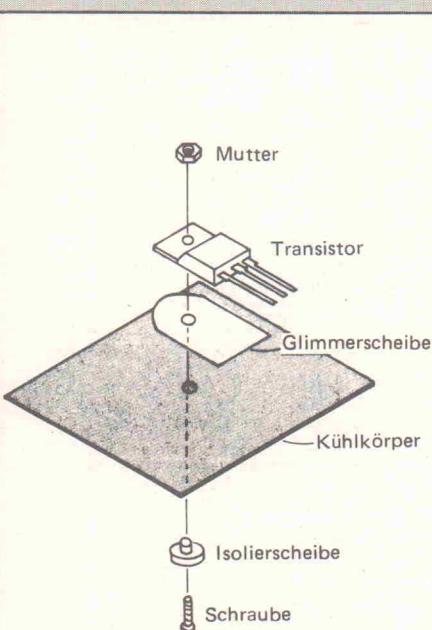
Das Relais RL1 hat zwei Kontaktpaare, die in Ruhestellung offen sind. Diese Kontakte liegen in Serie zu jedem Lautsprecherausgang vor der Lautsprecher-Schutzsicherung. Wird eingeschaltet, fließt über die Diode D8, die an einer Seite am Transformator liegt, sofort ein Ladestrom in C18, der gleichzeitig die Versorgungsspannung für T11 darstellt, bevor über den Brückengleichrichter die Kondensatoren auf eine messbare Spannung geladen werden können. Während der Zeit, die C20 braucht, um auf 12 V geladen werden zu können, ist T11 zunächst gesperrt. Währenddessen bleibt auch das Relais RL1



Das Schaltbild für die Stromversorgung.

ausgeschaltet. Steigt die Spannung an C20, so wird C19 über R35 aufgeladen. Steigt die Spannung an C19 über 12V, schaltet T11 ein, ebenso wie das Relais, das die Lautsprecher anschaltet. Das R/C-Netzwerk aus R35/C19 stellt eine Zeitverzögerung dar, d. h. es werden dort erst 12V anstehen, wenn die Spannung über C20 die volle Höhe erreicht hat. Diese Verzögerung arbeitet über einige Sekunden.

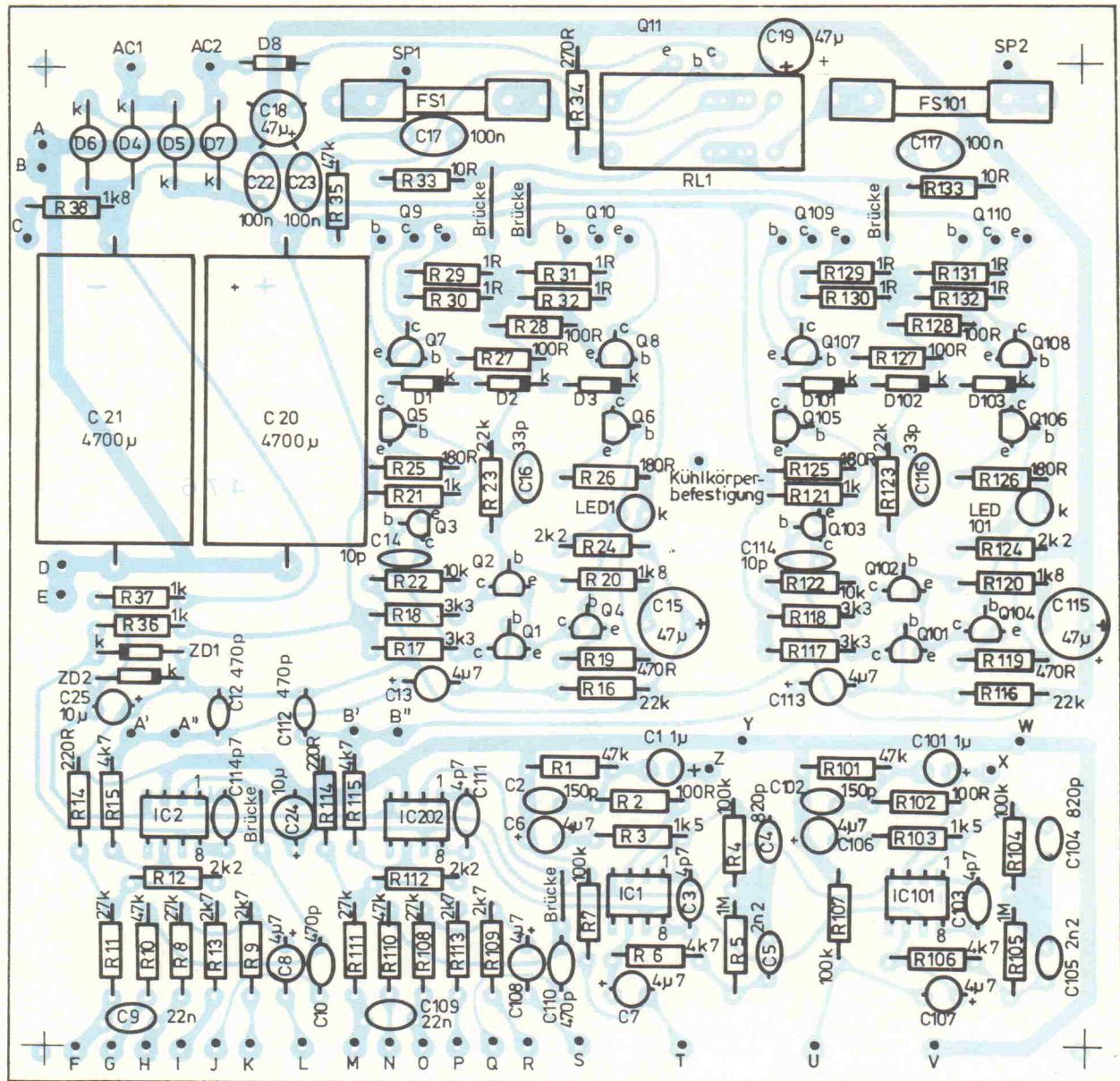
Wird das Gerät ausgeschaltet, so entlädt sich C18 sehr schnell, und der Strom durch RL1 fällt ab, so daß auch das Relais abfällt, bevor die Ladekondensatoren C20 und C21 sich entladen. Der Widerstand R34 begrenzt den Strom durch das Relais, wenn T11 eingeschaltet ist. Der Widerstand wird nicht benötigt, wenn die Spannung des Transformators niedriger gewählt wird.



Montage der Endtransistoren auf dem Kühlkörper.

## Stückliste

Widerstände 1/4 W, 5%	
R1, 10, 35,	
101	47k
R110	47k
R2, 27, 28,	
102	100R
R127, 128	100R
R3, 103	1k5
R4, 7, 104,	
107	100k
R5, 105	1M
R6, 15, 106,	
115	4k7
R8, 11, 108,	
111	27k
R9, 13, 109,	
113	2k7
R12, 24	2k2
R112, 124	2k2
R14, 114	220R
R16, 23	22k
R116, 123	22k
R17, 18	3k3
R117, 118	3k3



Der Bestückungsplan für den Kompakt-Verstärker.

R19, 119 470R  
 R20, 120,  
 38 1k8  
 R21, 36, 37,  
 121 1k  
 R22, 122 10k  
 R25, 26, 125 180R  
 R126, 34 180R (siehe Text)  
 R29–32 1R, 1 W  
 R129–132 1R, 1 W  
 R33, 133 10R

Kondensatoren:  
 C1, 101 1μ Tantal  
 C2, 102 150 p Keramik  
 C3, 103, 11,  
 111 4p7 Keramik  
 C4, 104 820 Keramik  
 C5, 105 2n2 Folie  
 C6, 7, 8, 13,  
 106 4μ7, 16 V Elektrolyt  
 C107, 108,  
 113 4μ7, 16V Elektrolyt  
 C9, 109 22n Folie  
 C10, 110 470p Keramik  
 C12, 112 470p Keramik  
 C14, 114 10p Keramik

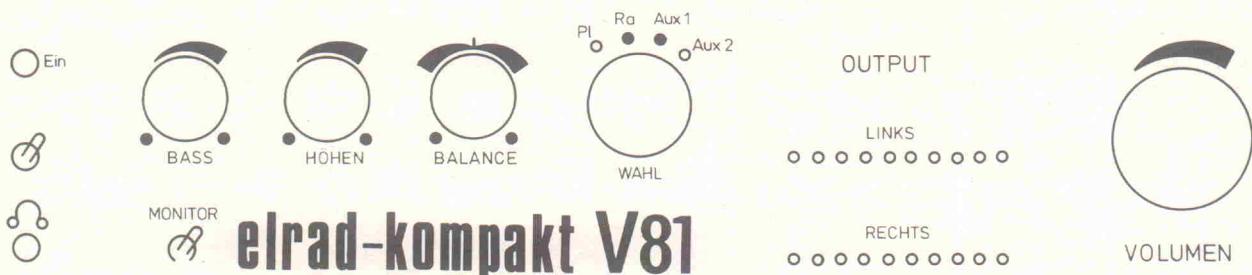
C15, 115 47μ, 16V Elektrolyt  
 C16, 116 33p Keramik  
 C17, 22, 23,  
 117 100n Folie  
 C18, 19 47μ, 35V Elektrolyt  
 C20, 21 4700μ, 16V Elektrolyt  
 C24, 25 10μ, 16V Tantal  
 C26 10n – 100n, 240V/AC

Halbleiter  
 IC1, 101 LM301  
 IC2, 102 LM301  
 Q1, 2, 4, 6,  
 11 BC548, BC108  
 Q101, 102,  
 104, 106 BC548, BC108  
 Q3, 5, 103,  
 105 BC558, BC178  
 Q7, Q107 BC639  
 Q8, 108 BC640  
 Q9, 109 BD241  
 Q10, 110 BD242  
 D1–D3, D8 1N914, 1N4148  
 D101–103 1N914, 1N4148  
 D4, 5, 6, 7 1N4001  
 ZD1, 2 12V, 400 mW Z-Diode

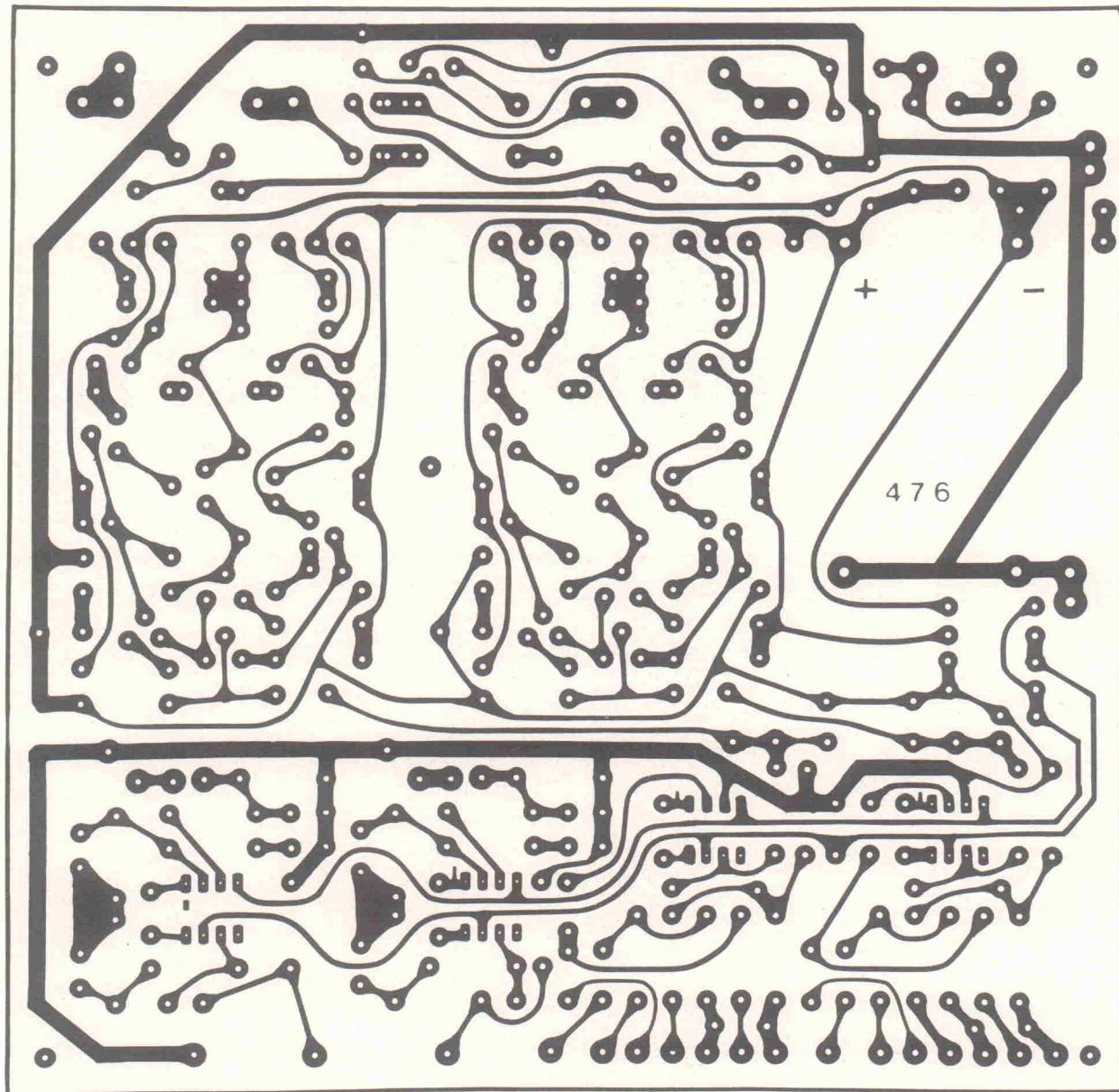
LED1, 101 rote LED,  
 LED2 grüne LED

Potentiometer  
 RV1 10k Tandem log.  
 RV2 100k Tandem lin.  
 RV3 25k Tandem lin.  
 RV4 10k lin.

Verschiedenes  
 SW1 Drehschalter 4 Stellungen  
 2 Ebenen  
 SW2 Miniatur 2 x 2 Um  
 SW3 Netzschalter  
 SK1, 101 DIN- oder Cinch Buchsen  
 SK2 Lautsprecherbuchsen  
 T1 Für 25 Watt  
 20-0-20V sekundär 1,5A  
 Für 5 Watt  
 12-0-12V sekundär  
 800mA  
 FS1, 101 2 Amp. Sicherungen  
 RL1 Siemens Relais 12V  
 Typ V 23037-A2-A101  
 Platine, Kühlkörper, Gehäuse z. B.  
 gsa Art. Nr. 1028, abgeschirmtes Flach-  
 bandkabel.



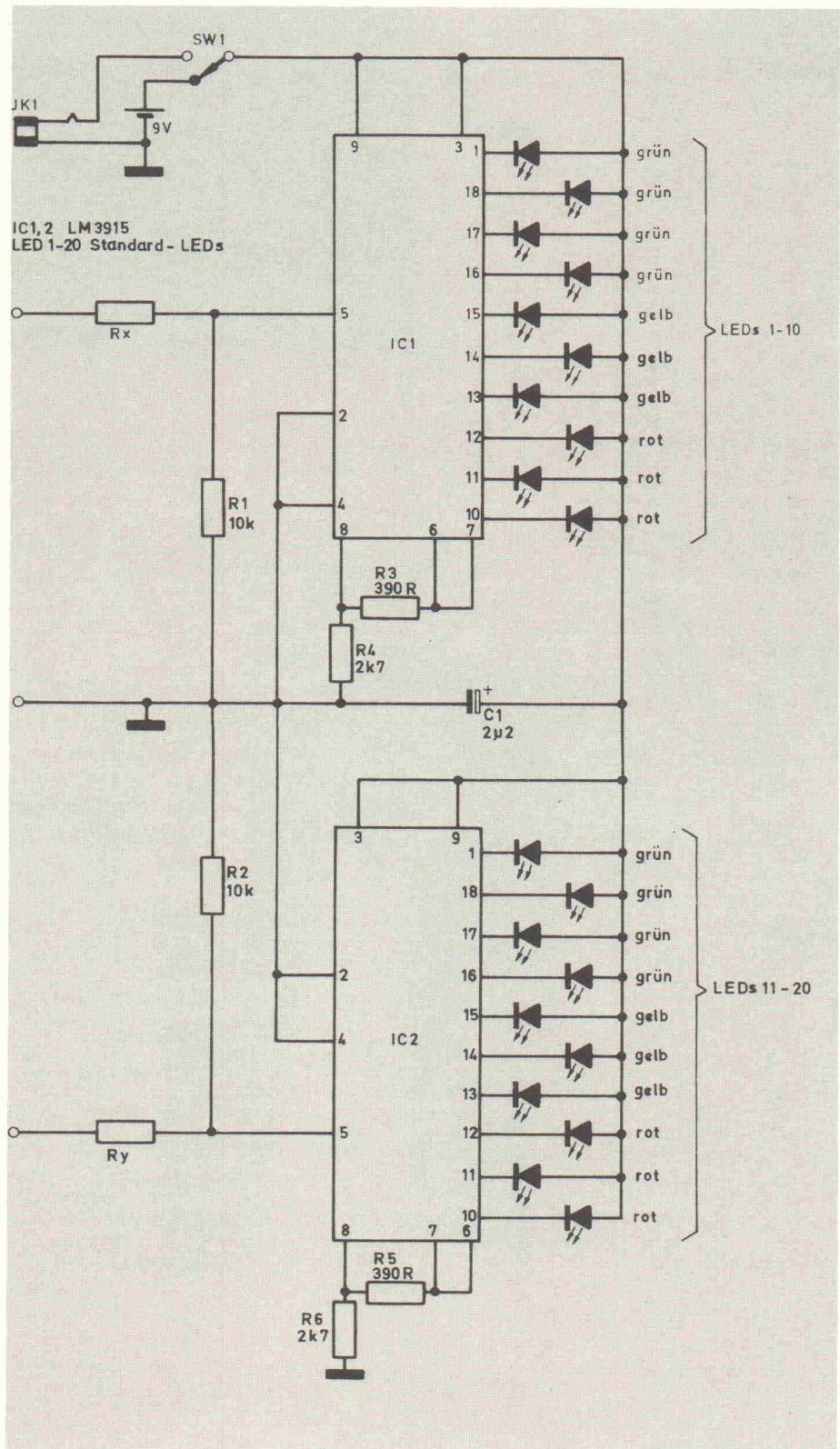
Ein Vorschlag für die Gestaltung der Frontplatte.



Das Platinen-Layout für den Kompakt-Verstärker.

# Stereo-Leistungsmesser

Sie wollen wissen, wieviel Watt Ihre Stereo-Anlage leistet? Das erfahren Sie mit diesem Gerät von Elrad – leicht aufzubauen und noch einfacher zu handhaben. Dieses kleine Gerät kann gebaut werden als Teil eines Testgeräte-Parks oder als dekorativer Lichtschmuck, der Lautstärke in Licht umwandelt. Der Einbau in vorhandene Leistungsverstärker (z. B. den Elrad Kompakt 81-Verstärker) ist problemlos.



Bei Messungen von Lautstärken treten zwei wesentliche Probleme auf:

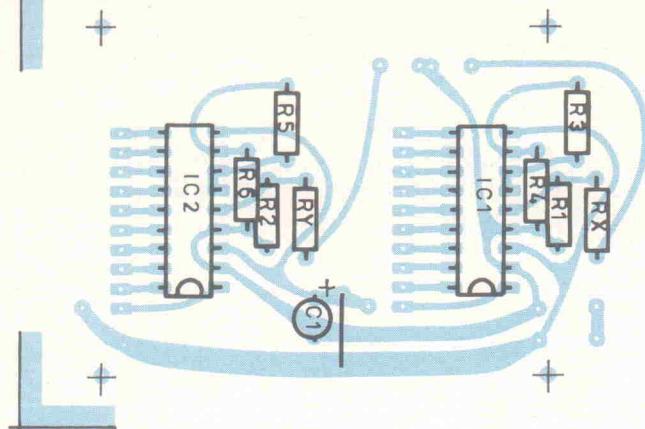
- Die Signalspitzen (das sind die Änderungen in der Lautstärke) wechseln so schnell, daß ein gewöhnliches Zeigermeßgerät nicht schnell genug folgen kann, um ein genaues Ablesen zu ermöglichen.
- die Lautstärke ändert sich über einen sehr großen Bereich. Zum Beispiel ist der Unterschied in der Signalamplitude zwischen dem leisen Ton, den man noch hören kann, und dem lautesten Ton, der noch zu ertragen ist, über 100 000fach.

Der Leistungsmesser bewältigt beide Probleme, indem LED-Zeilen statt eines konventionellen Drehspulinstruments benutzt werden. Die LEDs sind logarithmisch in 3 dB abgestuft (jede Stufe bedeutet eine Verdoppelung der Leistung). Diese Anzeige folgt außergewöhnlich schnell den Signalspitzen, ist leicht abzulesen und auch ziemlich kurz, weil die logarithmische Darstellung die sonst große Skalenlänge annehmbar verringert. Die Schaltung ist als Stereo-Version gedacht und paßt – wenn man sie separat betreiben will – in ein schmales handliches Gehäuse. Zwei ICs (eines pro Kanal) übernehmen praktisch die ganze Arbeit; sie führen die Lautstärkemessungen durch und steuern die LED-Anzeige logarithmisch von 0.2 bis 100 Watt in 3 dB Schritten. Das Meßgerät wird einfach mit den zwei Lautsprechern verbunden. Wenn eine Leuchtbändeanzeige gewünscht wird (etwa um sie als dekorativen Schmuck zu benutzen), dann sollte eine netzgespeiste Spannungsversorgung den eingebauten Batterien gegenüber bevorzugt werden. Es wird nämlich ziemlich viel Strom verbraucht, um die LEDs anzusteuern.

## Aufbau

Beginnen Sie den Aufbau mit der Platine. Setzen Sie zuerst die Drahtbrücke ein, anschließend die passiven Bauelemente, die Widerstände, den Kondensator und die 2 IC-Sockel (falls Sie solche verwenden).

Markieren Sie die Befestigungslöcher für die Platine im Gehäuse ebenso wie die



Der Bestückungsplan für den Stereo-Leistungsmesser

Lautsprecher-Impedanz	Rx, Ry für Verstärker ausgangsleistung von 100W
4 Ohm	10k
8 Ohm	18k
16 Ohm	33k

Löcher für die Eingangsbuchsen, den Schalter SW1 und die Buchse JK1. Dann werden die Löcher gebohrt.

Löten Sie als nächstes die 22 Leitungen, ungefähr 13 cm lang, an die entsprechenden Stellen auf der Platine. Verbinden Sie diese aber noch nicht mit den LEDs. Bevor Sie die Platine im Gehäuse befestigen, verbinden Sie die Eingangsbuchsen, die Buchse JK1 und den Schalter SW1 mit den entsprechenden Punkten auf der Platine. Folgen Sie dabei dem Bestückungs- und Verdrahtungsplan.

Nun können die Löcher für die 20 LEDs markiert und gebohrt werden. Wenn Sie die Löcher gleich auf den richtigen Durchmesser der LEDs bohren, damit sie passend eingesetzt werden können, ist keine besondere Arbeit zur Befestigung mehr notwendig. Andernfalls tut es ein wenig Klebstoff auch.

Die Anoden von jeder LED-Reihe können miteinander verbunden werden, indem man kurze Drahtstücke von einer LED zur anderen schaltet. Als nächstes verbinden Sie die übrigen 20 Drähte von der Platine zur richtigen Kathode von jeder LED. Aus den zwei Gruppen von Leitungen bilden Sie je einen Kabelstrang mit Hilfe von Isolierband oder Kabelbindern.

Die Werte der Widerstände Rx und Ry können aus der Tabelle entnommen werden. Sie benötigen die richtigen Werte, je nachdem, welche Lautsprecher-Impedanz Ihre Stereo-Anlage hat. Prüfen Sie einfach die Lautsprecher-Impedanz in der Bedienungsanleitung Ihres Verstärkers und setzen Sie Rx und Ry als die entsprechenden Widerstandswerte ein.

## Stückliste

Widerstände 1/4 W, 5%

R1,2 10k

R3,5 390R

R4,6 2k7

Rx,y siehe Text

Kondensatoren

C1 2μ2 16 Tantal

Halbleiter

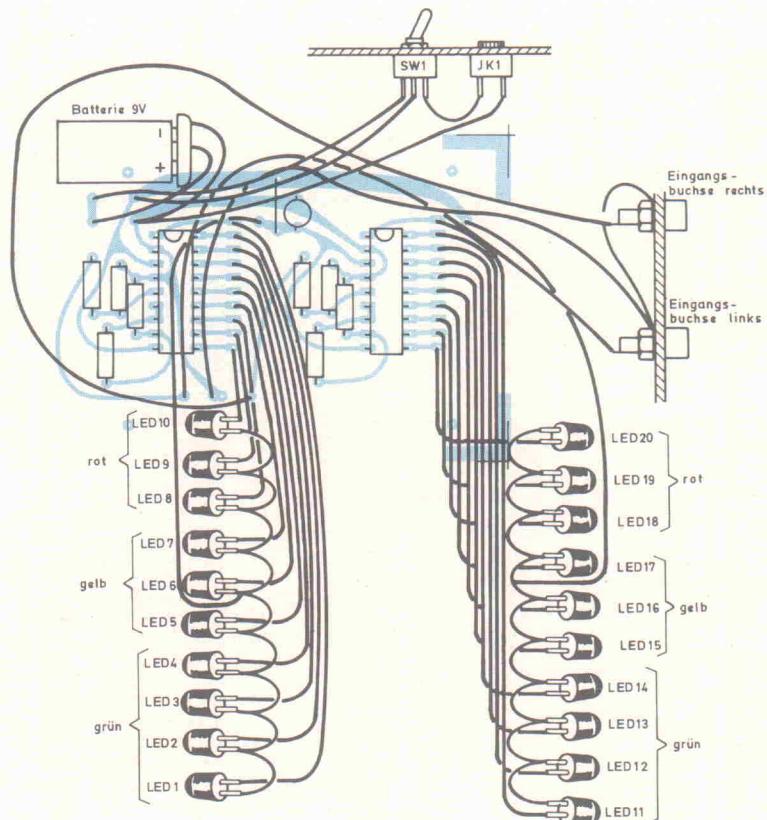
IC1,2 LM3915

LED1

bis 20 Standard-LEDs 3 mm

Verschiedenes

Schalter, Buchse für externe Stromversorgung, Eingangsbuchsen, 9 V Batterie mit Anschlußclip, Gehäuse.



Der Verdrahtungsplan

## Wie funktioniert's?

Aus dem Schaltbild des Stereo-Leistungsmessers ist zu ersehen, daß beide Kanäle gleich sind. Die folgende Beschreibung erklärt deshalb nur die Funktion von einem Kanal (IC1 und die damit verbundenen Bauelemente) – der andere (IC2 und dessen Elemente) arbeiten auf gleiche Weise.

IC1 ist ein LM3915; es wird als Punkt/Zeilen-Anzeigentreiber eingesetzt. Das IC kann eine Reihe von 10 LEDs entweder in der Punktanzeige (nur eine LED leuchtet jeweils) oder in der Zeilananzeige (eine durchgehende Zeile von LEDs leuchtet) anzusteuern. In dieser Bauanleitung sehen Sie den LM3915 in der Zeilananzeige.

Der IC hat intern einen zehnstufigen Spannungsteiler. Wenn die Spannung am Anschluß 5 (infolge der sich ändernden Lautstärke) jeweils eine dieser Stufen übersteigt, leuchtet die entsprechende LED auf.

Wenn z. B. die Eingangsspannung die unteren fünf Teilerstufen des Spannungsteilers übersteigt, leuchten 5 LEDs. Der Spannungsteiler ist in Stufen zu 3 dB eingeteilt. Wenn aber eine Spannung U1 um 3 dB über eine zweite Spannung U2 ansteigt, so bedeutet dies, daß sie um  $\sqrt{2}$  größer ist.

Daraus ergibt sich:

$$U_2 = U_1 \cdot \sqrt{2} = 1,414 \cdot U_1$$

Die Leistung P ergibt sich jetzt:

$$P = \frac{U^2}{R} \quad P_1 = \frac{U_1^2}{R}$$

$$P_2 = \frac{(U_1 \cdot \sqrt{2})^2}{R} = \frac{2 \cdot U_1^2}{R} = 2 \cdot P_1$$

Aus einer Spannungsverstärkung von 3 dB folgt eine Leistungsverdopplung.

Entsprechend kann die Skalierung des Watt-Meters in Stufen von 3 dB oder mit der Angabe der Leistung erfolgen, die dann für jede LED in einer Reihe zu verdoppeln ist.

Um den Stereo-Leistungsmesser an einen beliebigen Verstärker anpassen zu können, ist ein kleiner Rechengang notwendig. Als erstes entnehmen Sie der Beschreibung Ihres Verstärkers (evtl. Bedienungsanleitung), welche Leistung dieser an welchem Lastwiderstand abgibt. Diese Werte setzen Sie in die angegebenen Formeln ein, und schon fällt unten der gesuchte Widerstandswert Ry heraus. Beachten Sie dabei aber, daß die vom Leistungsmesser angezeigte Leistung nur dann stimmt, wenn ein Lautsprecher verwendet wird, dessen Impedanz (ausgedrückt in Ohm) mit dem Lastwiderstand im Rechengang übereinstimmt.

Durch die Beschaltung des IC1 mit R3 und R4 ist festgelegt, daß der Leistungsmesser Vollaussteuerung anzeigt, wenn an Pin 5 eine Spannung von 10 V anliegt.

Nun zum Rechengang: Gegeben sei eine Verstärkerleistung von 25 W an 8 Ohm (Kompakt 81-Verstärker aus Heft 4/81). Dazu suchen wir die Verstärker-Ausgangsspannung Ua:

$$U_a = \sqrt{P \cdot R} \rightarrow \sqrt{25W \cdot 8\Omega} = \sqrt{200} = 14,1V$$

Nach der allgemeinen Spannungssteiler-Regel:

$$\frac{R_{Gesamt}}{R_{Teil}} = \frac{U_{Gesamt}}{U_{Teil}}$$

ergibt sich für unseren Fall:

$$\frac{R_y + R_1}{R_1} = \frac{U_a}{10V}$$

Die Formel wird umgestellt nach Ry:

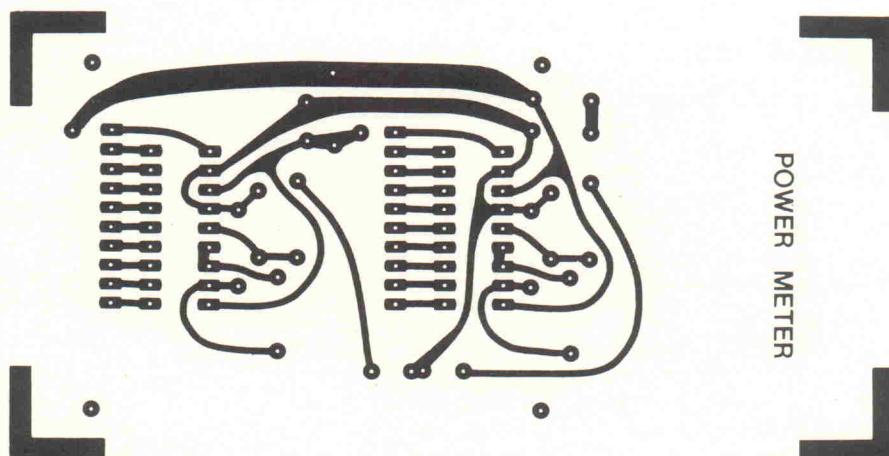
$$R_y = \left( \frac{U_a}{10V} \cdot R_1 \right) - R_1$$

Nun werden die Zahlenwerte eingesetzt:

$$R_y = \left( \frac{14,1V}{10V} \cdot 10k \right) - 10k = 4,1k,$$

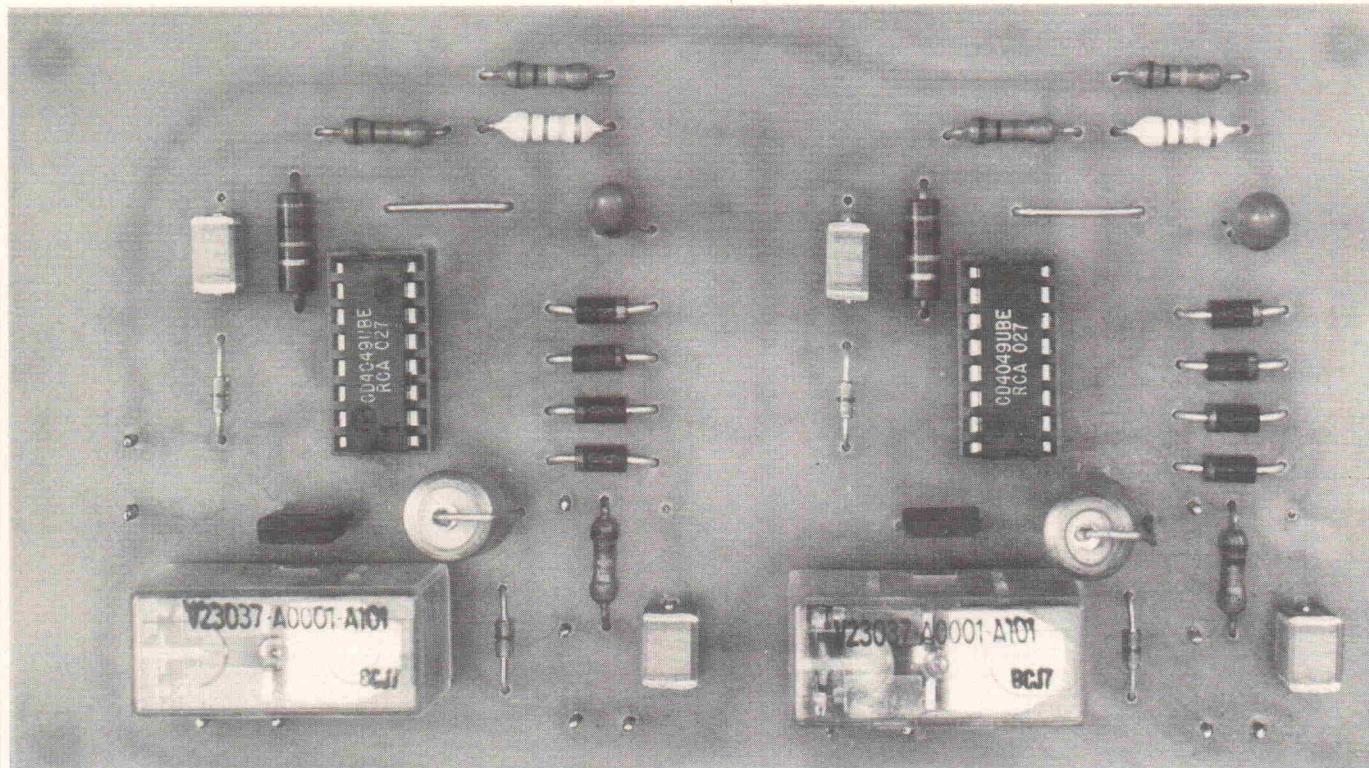
gewählt 3,9k

Das Platinen-Layout für den Stereo-Leistungsmesser



# Lautsprecherschutzschaltung

Ein 20 Watt-Verstärker kann unter Umständen ein teures Lautsprecher-System völlig zerstören. Unachtsamkeit mit Hochleistungsverstärkern hat schon manche Lautsprecherspule zum Schmelzen gebracht wie Käse auf dem Toast . . .



In modernen Transistor-Verstärkern wird zwischen Treiber und Endstufe ebenso wie zwischen Endstufe und Lautsprecher Gleichstromkopplung angewandt (leisenlose Endstufe!). Das bringt den Vorteil, daß keine Koppelkondensatoren mehr im Signalweg liegen, so daß die Zahl der Bauteile reduziert wird und die Wiedergabe der Tiefen besser ist.

Alte Transistorverstärker hatten nur ein einfaches Netzteil, wobei die Transistoren gegen Masse arbeiten. Da ein Wechselstromsignal positive und negative Halbwellen hat, mußte der Verstärker so konstruiert sein, daß das Ausgangssignal eine Gleichspannungskomponente beinhaltet. In den positiven Perioden wird diese Spannung erhöht, in den negativen abgesenkt. Da die Gleichspannung nicht direkt am Lautsprecher anliegen darf, mußte ein Kondensator zwischen Endstufe und Lautsprecher geschaltet werden. Die Impedanz eines Lautsprechers liegt im Bereich von  $8\Omega$ , so daß der Konden-

sator schon mindestens  $5000$  bis  $10\,000\mu F$  haben muß, damit die tiefen Frequenzen auch gut 'rüber' kommen.

Die Gleichspannungskopplung löste diese Probleme. Die Endstufe wird hier von einer 'Plus-Minus-Spannung' versorgt, so daß die Transistoren zwischen einer positiven und einer negativen Spannung arbeiten. Der Mittelwert dieser beiden Spannungen ist null Volt, so daß der Ausgang direkt an den Lautsprecher gekoppelt werden kann. Positive und negative Halbwellen können auf Grund der zweifachen Spannungsversorgung ohne Schwierigkeiten erzeugt werden. Unglücklicherweise hat die Gleichstromkopplung aber auch ihre Nachteile. Der größte Nachteil ist die Gefährdung der Lautsprecher im Falle eines Endstufendefektes. Da alle Stufen gleichstromgekoppelt sind, kann ein kleiner Fehler irgendwo im Verstärker große Auswirkungen am Ausgang haben. Der häufigste Ausfall ist ein 'gestorbener' Treiber- oder Endstufen-Transistor.

Und dann liegt die volle Betriebsspannung am Lautsprecher! Die Membrane stößt gegen den Anschlag, in der Spule fließt ein hoher Strom, der die Temperatur rasend schnell erhöht. Diesen Zustand halten die meisten Lautsprecher nur wenige Sekunden lang aus. Einen höchst dramatischen Vorgang dieser Art konnte ich einmal bei einem teuren Paar Dreiwege-Boxen beobachten. Sie waren an einen 150W-Verstärker angeschlossen, dessen Endstufe defekt war. Schwingspule und Wickelkörper waren nur noch eine einzige verkohlte Masse. So ein Fehler ist gar nicht selten und gehört zu den teuersten Mißgeschicken, die man mit einer modernen HiFi-Anlage erleben kann.

Deshalb haben einige Spitzengeräte eingebaute Schutzschaltungen mit Relais, welche die Lautsprecher sofort abschalten, wenn ein zu hoher Strom fließt. Aber viele Geräte haben so etwas nicht.

Mit dieser Bauanleitung wollen wir nun solche Anlagen vor einem vorzeitigen

Tode bewahren. Die Schaltung 'sieht' in die Lautsprecherleitung hinein und schützt die Lautsprecher in zweifacher Weise. Fließt Gleichstrom (und sei es noch so wenig), so spricht das Relais an und schaltet die Lautsprecher ab. Außerdem kontrolliert die Schaltung aber auch die Höhe der dem Lautsprecher zugemuteten Leistung. Hohe Spitzenbelastungen werden ohne weiteres durchgelassen, wenn aber die Nennleistung des Lautsprechers für mehr als 50 Millisekunden um 50% überschritten wird, dann schaltet das Relais ab. Der Vorteil hoher Leistung bleibt so erhalten und doch wird der Lautsprecher zuverlässig geschützt. Die Schaltung enthält einen monostabilen Multivibrator mit einer Periodendauer von 2 Sekunden, so daß der Lautsprecher automatisch nach 2 Sekunden wieder angeschaltet wird. Herz der Schaltung sind zwei CMOS-ICs. Dadurch ist der Strombedarf gering, so daß ein Ein-Aus-Schalter entfallen kann. Das ist wichtig, denn ein Verstärker-Ausfall tritt bevorzugt im Einschaltmoment auf, und da muß die Schutzschaltung schon wirksam sein.

Wenn das Relais angezogen hat, zieht die Schaltung einen Strom von etwa 50 mA pro Relais. Die Batterie muß also mindestens 100 mA liefern. Wenn die Schutzschaltung nicht andauernd ansprechen muß, sollte es mit der Lebensdauer der Batterie keine Schwierigkeiten geben.

## Aufbau

Benutzen Sie wieder unser Platinen-Layout, löten Sie Widerstände, Kondensatoren und Dioden ein, danach das Relais. Die richtige Polung der Dioden und Elkos ist wichtig. Zum Schluß werden Transistoren und ICs eingelötet. Auch hier ist auf richtige Polung zu achten. Unseren Prototyp haben wir in ein kleines Stahlblechgehäuse gebaut, aber das muß nicht sein. In der Frontplatte sitzt ein 100 k-Stereo-Poti. Damit wird die Ansprechschwelle eingestellt, so daß Sie die Schaltung an die gerade angeschlossene Lautsprechergröße anpassen können. An

der Rückseite sitzen die Buchsen für die Verbindungen zum Verstärker und zu den Lautsprechern. Die Verdrahtung von der Platine zu diesen Bauteilen zeigt die Abbildung der Platine.

Ganz zum Schluß schließen Sie die Batterie an. Die Platine wird im Gehäuse auf Abstandsrollen montiert.

## Ausprobieren

Überprüfen Sie noch einmal die richtige Polarität der Bauelemente. Wenn alles in Ordnung ist, schließen Sie den Verstärker an den Eingang der Schutzschaltung an. Der Lautsprecher wird an den Ausgang der Schutzschaltung angeschlossen. Jetzt schalten Sie die HiFi-Anlage ein. Wählen Sie erstmal eine Musik mit möglichst gleichmäßiger Lautstärke. Stellen Sie den Schwellwertsteller an der Frontplatte der Schaltung auf Minimum und erhöhen Sie langsam die Ausgangsleistung des Verstärkers. Erreicht die Ausgangsleistung den eingestellten Wert, dann muß das Relais ansprechen und den Lautsprecher abschalten. Nach Herunterregeln der Lautstärke muß sich der Lautsprecher nach ca. 2 Sekunden wieder einschalten. Da die Leistungsangaben für Lautsprecher immer etwas zweifelhaft sind, sollten Sie die richtige Einstellung der Ansprechschwelle lieber experimentell herausfinden.

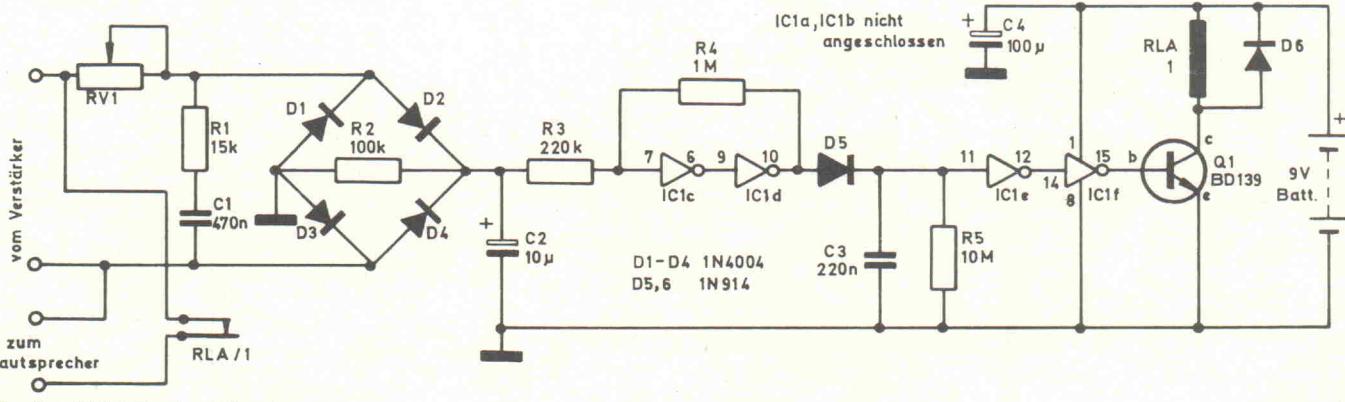
Wenn das System überlastet ist, so hört man das sehr deutlich. Stellen Sie den Regler so ein, daß das Relais schon anspricht, bevor Verzerrungen hörbar werden.

Wir haben die Schutzschaltung eingehend getestet. Wir haben teure Boxen angeschlossen und dann einen Fehler im Verstärker herbeigeführt, der jeden Lautsprecher in Sekunden zerstört hätte. Bei allen diesen Versuchen hat der Schutz hervorragend funktioniert. Ist es nicht ein beruhigendes Gefühl, wenn beim Zusammenbruch Ihres Verstärkers wenigstens die Boxen heil bleiben?

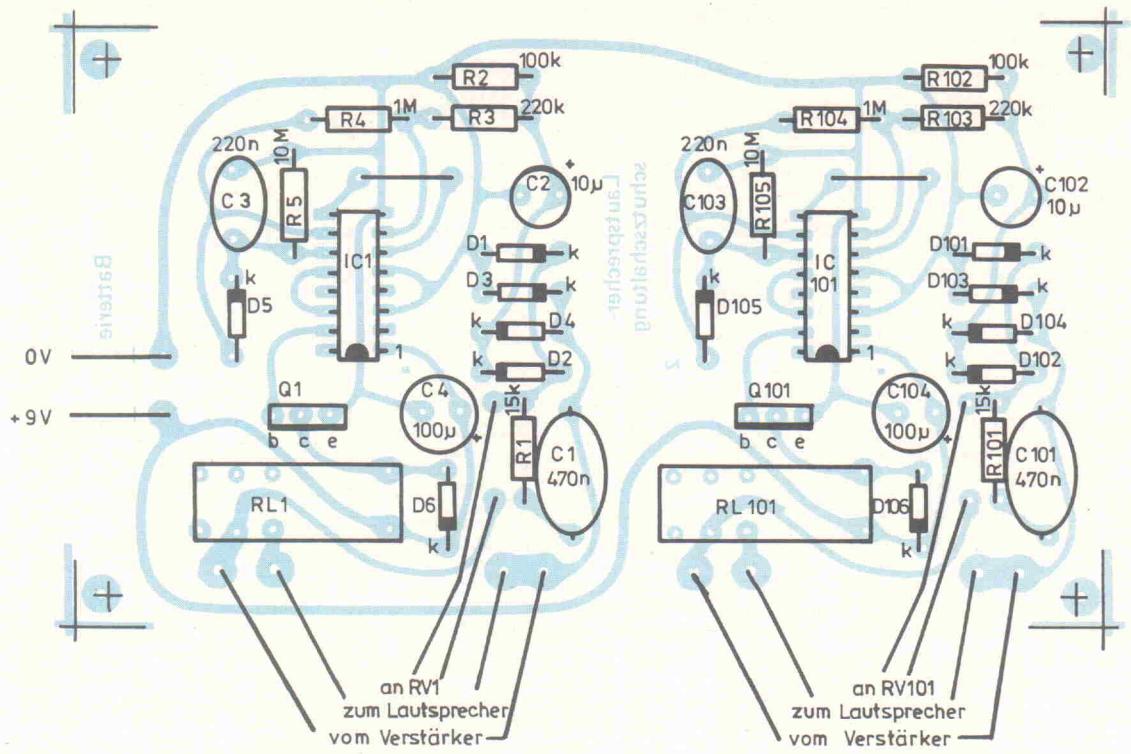
## Wie funktioniert's?

Die Vollweg-Brücke aus D1, D2, D3, D4 richtet die Signalspannung gleich. RV1, R1 und C1 bilden einen Spannungsteiler, der die Empfindlichkeit der Schaltung bestimmt. Für normale NF-Frequenzen hat C1 einen relativ kleinen Widerstand, so daß die Brücke nur durch R1 belastet ist (15 k). Wenn die Frequenz aber klein wird (oder gegen Null geht – Gleichstrom), dann nimmt der Widerstand dieses Kondensators zu, so daß die Schaltung empfindlicher wird. Liegt Gleichspannung am Eingang, dann wirkt C1 als hochohmiger Widerstand und die Schutzschaltung ist extrem empfindlich. Die Signalspannung des Vollweggleichrichters wird durch C2 und R2 geglättet und dann auf einen Schmitt-Trigger gegeben.

Der Schmitt-Trigger besteht aus R3, R4, IC1c und IC1d. Dieses Netzwerk spricht nur auf Spannungen an, die höher als eine eingestellte Spannung sind. Wird diese Spannung überschritten (rund 6,5V), geht der Ausgang auf positives Potential und lädt C3 auf (über D5). Diese Diode verhindert, daß C3 über den Schmitt-Trigger entladen wird, wenn dessen Ausgang wieder negativ wird. Der Kondensator kann also nur über R5 (10 M) entladen werden. Das dauert etwa 2 Sekunden, so daß die Schaltung eigentlich ein monostabiler Multivibrator ist. Zwei weitere Stufen des IC treiben einen Transistor, und dieser wieder steuert das Relais an. Die Diode D6 schützt den Transistor vor den hohen Spannungsspitzen, welche durch Selbstinduktion in der Relaisspule beim Abfallen entstehen.

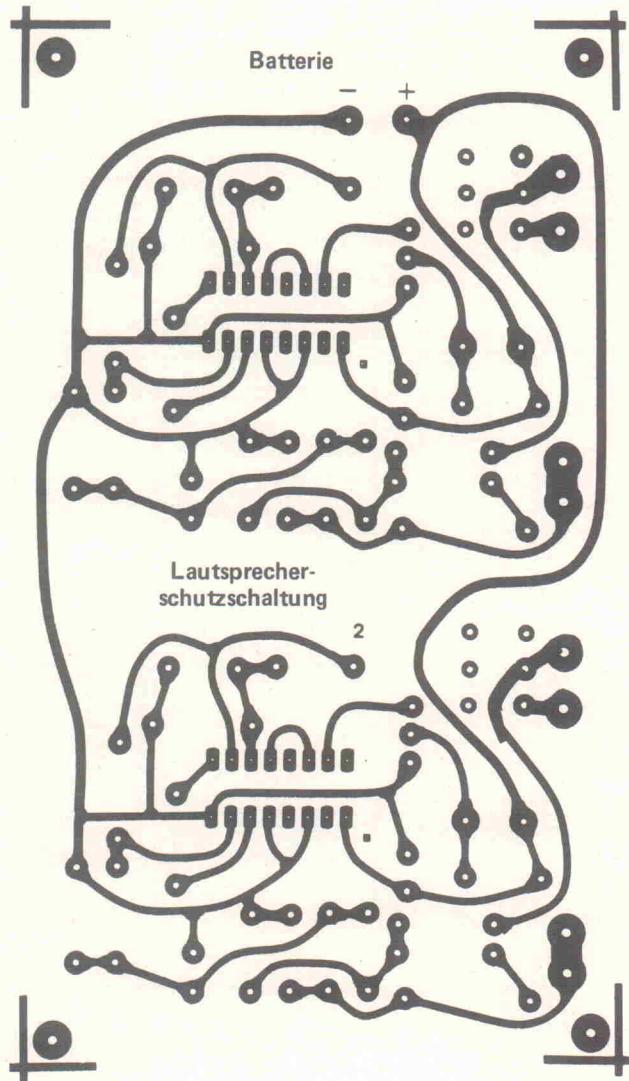


Das Schaltbild für einen Kanal.



Der Bestückungsplan für die Lautsprecherschutzschaltung (oben).

Das Platinen-Layout (unten).



### Stückliste

Für Stereobetrieb werden alle hier angegebenen Teile doppelt benötigt.

Widerstände 1/4 W, 5%

R1	15k
R2	100k
R3	220k
R4	1M
R5	10M

Potentiometer

RV1 100k lin Stereo

Kondensatoren

C1	470n Folie
C2	10μ 25 V Elko
C3	220n Folie
C4	100μ 25 V Elko

Halbleiter

Q1	BD139
D1-D4	IN4004
D5, D6	IN914
IC1	4049B Hex Inverter

Verschiedenes

RL1 Relais Siemens Nr. V23037 - A2 - A101

Gehäuse, Knopf, Schrauben, Buchsen

# VOCODER



Teil 1

**elrad VOCODER**



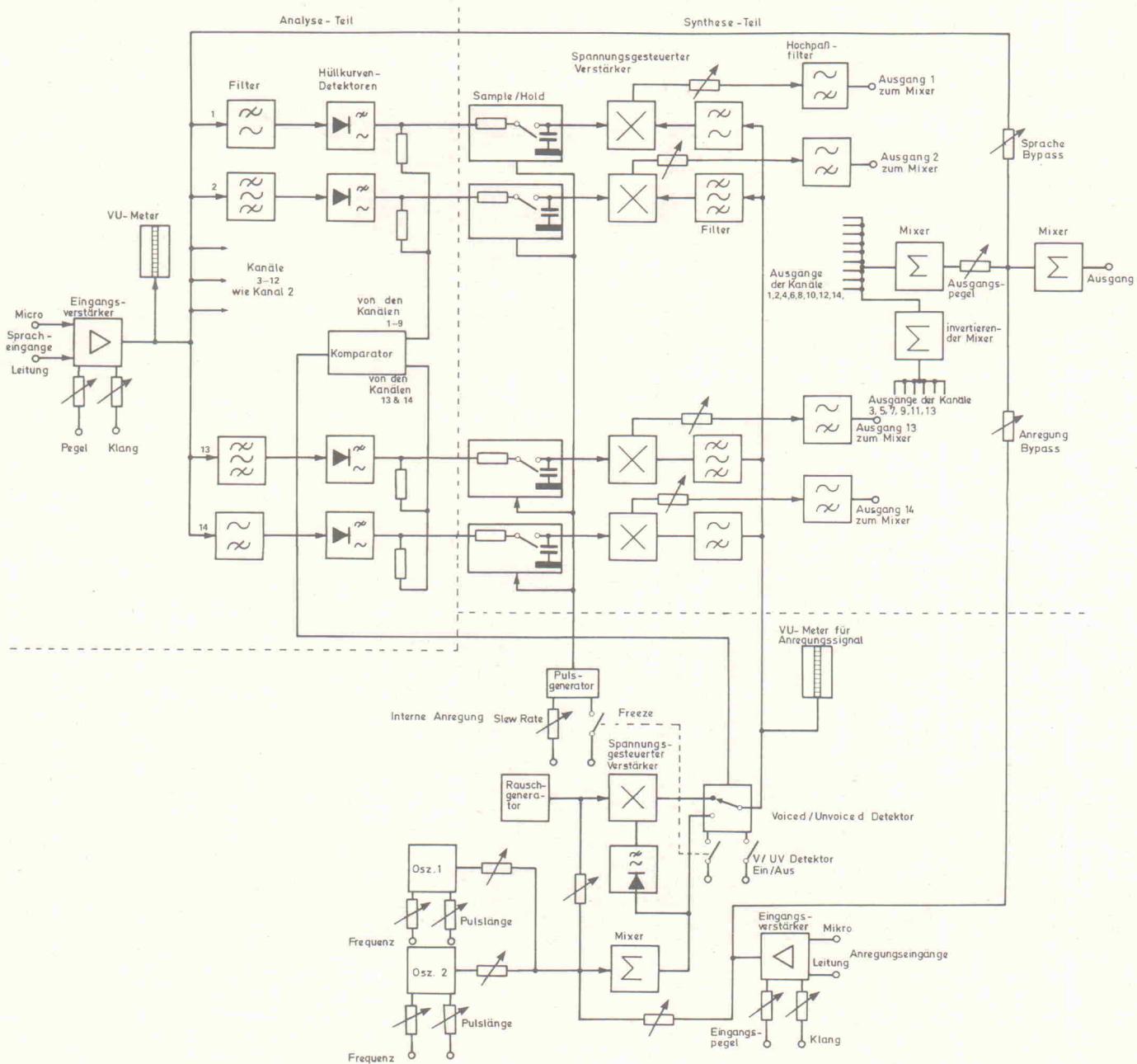
Nachdem wir im Heft 5/81 (Vocoder-Theorie) zu der Erkenntnis gelangt sind, daß ein Vocoder eigentlich gar nicht richtig funktionieren kann, wollen wir Ihnen das Gegenteil beweisen. Unter Berücksichtigung aller Schwierigkeiten und Qualitätsanforderungen ist im Labor von Richard Becker ein Vocoder entwickelt worden, der auch höchsten Ansprüchen genügen wird.

## Technische Daten

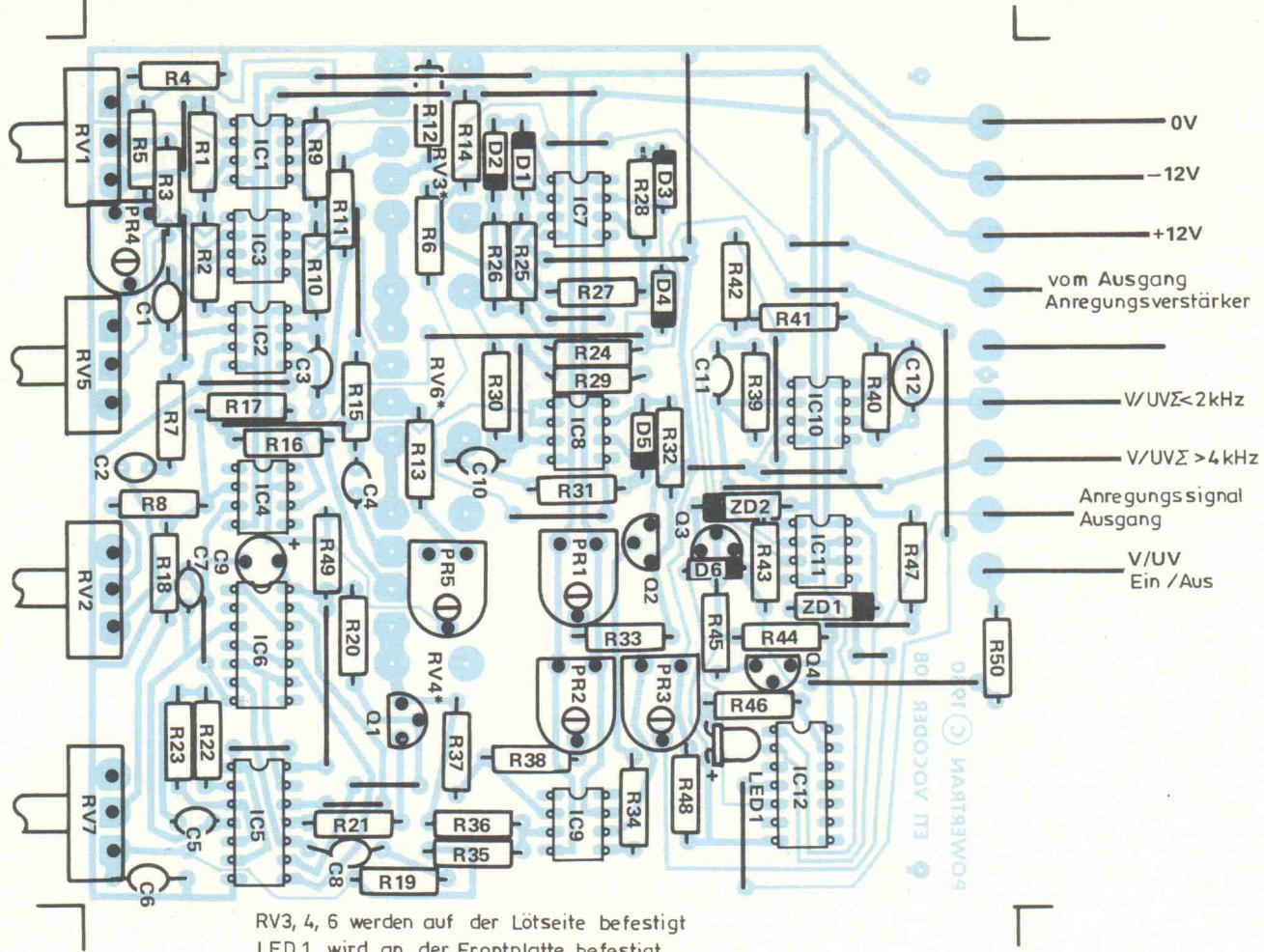
14 Kanäle: Filter – Bandpaßfilter 4. Ordnung mit 1/3 Oktave Frequenzabstand  
 LED Bar-Anzeigen für Sprach- und Anregungssignal  
 Eingangsverstärker für das Sprachsignal:  
 Mikrofoneingang: 1 mV an 100 kΩ  
 Leitungseingang: 500 mV an 10 kΩ  
 Tonhöhensteller: ± 6 dB Höhenanhebung  
 Baßabschwächung/Baßanhebung – Höhenabschwächung  
 Eingangsverstärker für das Anregungssignal:  
 Mikrofoneingang: 10 mV an 100 kΩ  
 Leitungseingang: 500 mV an 10 kΩ  
 Tonhöhensteller: ± 6 dB Höhenanhebung – Baßabschwächung/Baßanhebung – Höhenabschwächung  
 Internes Anregungssignal:  
 Pseudozufalls-Rauschgenerator  
 2 Oszillatoren, Frequenzbereich: 15 Hz–250 Hz  
 Pulsbreite: variabel  
 Flankensteilheitssteuerung: 100 : 1. Speicherung mit Fußschalter  
 Stimmhaft-Stimmlos-Detektor: Automatische Amplitudenbeeinflussung des Rauschsignals, damit es der Hüllkurve des Anregungssignals folgt.  
 Ausgangsverstärker:  
 Steller für Vocoder, Sprachsignal-Bypass und externen Anregungssignal-Bypass  
 Ausgangsspannung: 1 V

Vocoder wird ein recht kompliziertes elektronisches Gerät genannt, mit dem sich das Frequenzspektrum eines elektroakustischen Signals in Teilspektren zerlegen lässt, die dann beliebig wieder zusammengefügt werden können. Wenn wir uns mit dieser Definition begnügen, würden wohl die meisten Leser gelangweilt die nächsten Seiten überschlagen. In Wirklichkeit sind Vocoder alles andere als langweilig!

Speisen Sie doch mal Sprache und das Signal eines Instrumentes in einen Vocoder ein, und Sie werden erleben, daß offenbar das Instrument und nicht der Sprecher spricht oder singt! Benutzen Sie die eingebauten Oszillatoren und ändern Sie deren Frequenz. Als Folge dieser Operation können Sie plötzlich mit einer Mächenstimme sprechen!



Das Blockschaltbild des Elrad-Vocoders



RV3, 4, 6 werden auf der Lötseite befestigt  
LED 1 wird an der Frontplatte befestigt

Der Bestückungsplan für die Anregungsplatine

### Stückliste Anregungsplatine

#### Widerstände 2% Metallfilm

R1,9,29,34, 40,44,45,50	10k
R2,10	5k6
R3,11	18k
R4,12	560R
R5,13	11k
R6,8,16,18, 35,39,43	47k
R7,15	150k
R14,30,42	1M
R17	100k
R19	15k
R20,24,25, 26,27,28	4k7
R21,32	22k
R22	330k
R23	27k
R31	3k9

R33,38	470k
R36,37,46	1k5
R41,47,48	1k
R49	3k3

#### Potentiometer

RV1,2,5,7	10k log
RV3,4,6	10k log
PR1,2	100k Trimmer
PR3	220k Trimmer
PR4,5	2k2 Trimmer

#### Kondensatoren

C1,3	100n Folie
C2,4	10n ker
C5	220p ker
C6	33n Folie
C7	100p ker
C8	10n Folie
C9	10μ 16V Tantal
C10	100n MKH

C11	220n MKH
C12	1μ 0 MKH

Halbleiter	
IC1,2,7,	
10,11	1458
IC3,8	TL082/LF353
IC4	741
IC5	4030
IC6	4006
IC9	CA3080
IC12	4016
Q1,3	BC167
Q2,4	BC257
ZD1,2	5V 1 Z-Diode
D1–D6	1N4148
LED1	TIL209

Verschiedenes  
Lötnägel und Steckverbinder, IC-Sockel,  
Platine, Schalter 1polig Ein.

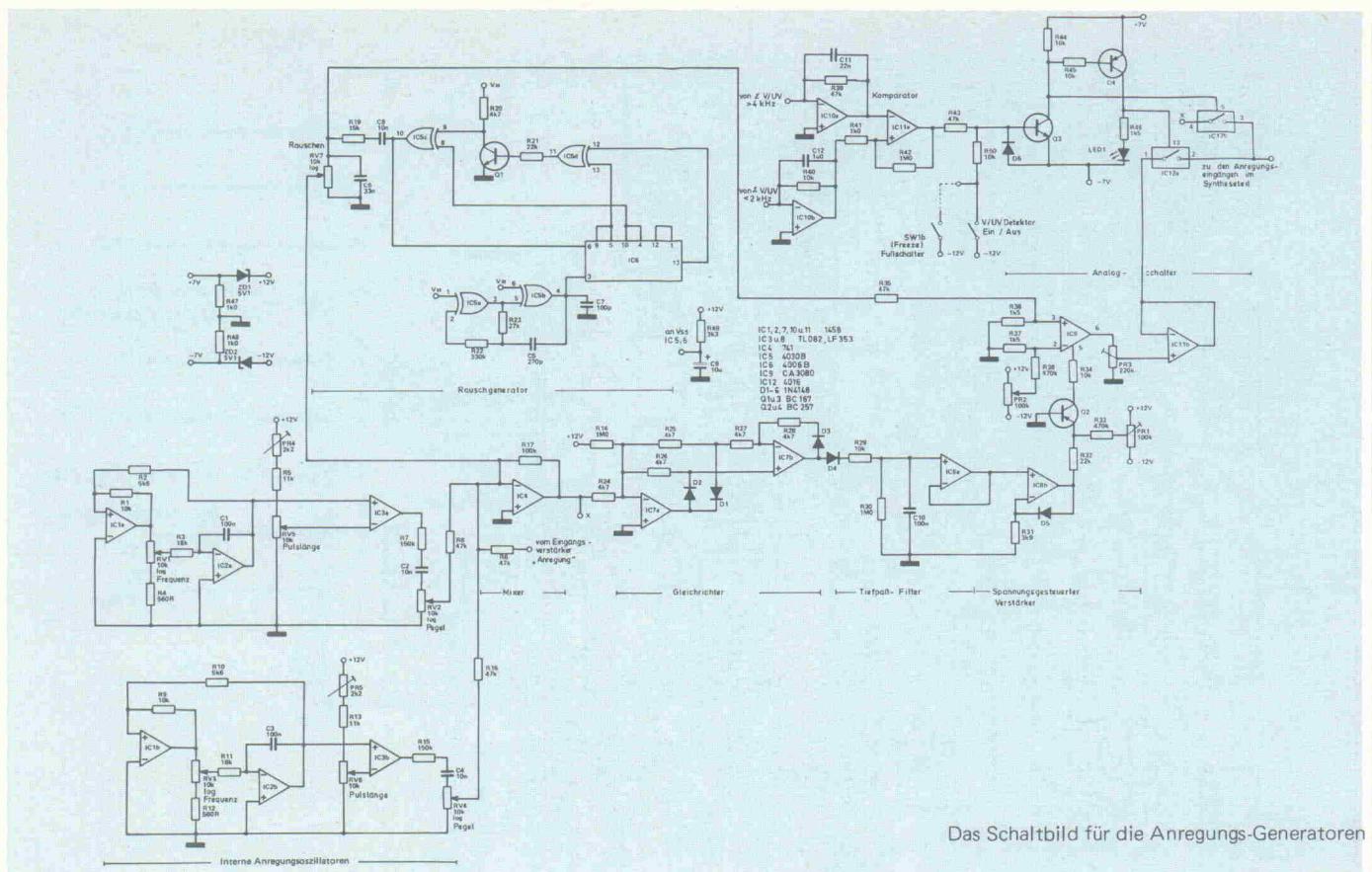
Schalten Sie den Rauschgenerator dazu, und es ist ein Flüstern in der Luft. Der Klang des London Symphony Orchestra erscheint als Vortrag des Karma Sutra! Dies sind nur einige der ungeahnten Möglichkeiten!

Die menschliche Stimme setzt sich aus zwei Grundlauten zusammen: dem Geräusch der Stimmbänder, die vom vorbeistreichenden Luftstrom zum Schwingen angeregt werden, und dem Zischgeräusch,

das entsteht, wenn Luft durch die Zähne gepresst wird. Aus beiden Geräuschen entstehen stimmhafte und stimmlose Laute. Beim Öffnen und Schließen des Mundes und der Nasenhöhle und beim Bewegen der Zunge, die eine Veränderung der Rachenresonanz bewirkt, werden Amplitude und Frequenzspektrum der Grundlaute variiert. Wenn die Variationen von Amplitude und Spektrum analysiert und einer elektronischen Steuerschaltung eingege-

ben werden, lassen sich die Grundlaute durch alle möglichen anderen ersetzen. Und genau das macht der Vocoder!

Der erste Teil eines Vocoders besteht aus einem Spektrumanalysator, dessen Ausgangssignale die Intensität des Schallsignals im jeweiligen Teilspektrum (in diesem Entwurf insgesamt 14) darstellen. Aus den Ausgangssignalen der Filter werden Steuersignale für den Syntheseteil abgeleitet.



Das Schaltbild für die Anregungs-Generatoren

Das Spektrum des Ersatzsignals (Anregungssignal) wird mit Hilfe einer Filterbank, die mit der des Analysesteils identisch ist, in eine bestimmte Anzahl von Teilspektren aufgespalten. Die Frequenzbereiche der Teilspektren entsprechen den jeweiligen Filterbandbreiten.

Das Ausgangssignal jedes Filters wird einem spannungsgesteuerten Verstärker zugeführt, dessen Verstärkung von den oben erwähnten Steuersignalen beeinflusst wird.

Hierbei steuert jedes Filter den ihm zugeordneten Verstärker. Die Summe der Ausgangsspannungen dieser Verstärker entspricht dem Ausgangssignal des Vocoders.

## Die Systematik des Vocoders

Nachdem das eingespeiste Sprachsignal die Vorverstärker und den Frequenzgangkorrektur-Baustein durchlaufen hat, erfährt es also eine Aufspaltung in vierzehn Frequenzbänder (durch die Bandpaßfilter der Filterbank). Die Bandpaßfilter sind zweifach abgestimmte Filter, mit anderen Worten: die beiden Filterstufen weisen geringfügig unterschiedliche Resonanzfrequenzen auf. Damit wird eine Verbreiterung des durchgelassenen Frequenzbandes und eine Abflachung der Spitze der Filterkurve erreicht. Die hohe Güte der Filter bewirkt einen raschen Abfall der Ausgangsspannung außerhalb des Durchlaßbereiches.

Die Hüllkurvendektoren bestehen aus einem aktiven Zweiweggleichrichter und einem Tiefpaßfilter. Dessen Ausgangsspannungen bilden die Steuerspannungen für den Synthese-Teil. Die Steuerspannungen durchlaufen 'Sample-and-Hold-Stufen', die dazu dienen, ein bestimmtes Geräusch 'einzufrieren', es also als 'Dauerlaut' wiederzugeben. Die Sample-and-Hold-Stufen können jederzeit durch einen Fußschalter aktiviert werden.

Diese Stufen werden auch benutzt, um die Änderungsgeschwindigkeit der Steuerspannungen zu beeinflussen (Flankensteilheitsbegrenzer). Man erreicht damit eine langsamere und weichere Änderung der spektralen Zusammensetzung und der Amplitude des Vocoder-Signals und erhält z. B. ein singendes oder pastorales Sprachsignal.

Im Synthese-Teil, in dem das gewünschte Ausgangssignal zusammengesetzt wird, befindet sich eine Filterbank, die mit der des Analysesteils identisch ist. Die Ausgangssignale der Filter gelangen über VCA (spannungsgesteuerte Verstärker) in eine Summierstufe. Hierbei ist zu beachten, daß die Filterausgänge abwechselnd einmal nicht invertiert und einmal invertiert werden, weil eine Phasenänderung des Filterausgangssignals entsteht, wenn die Frequenz des Filtereingangssignals von der Resonanzfrequenz des Filters abweicht. Der Grund hierfür liegt in Phasenauslösungen bei Frequenzen an

den Stellen, an denen sich die Filterflanken aneinandergrenzender Filter überschneiden. Die 'Auslöschfrequenzen' liegen ziemlich genau in der Mitte zweier aufeinanderfolgender Filterresonanzfrequenzen.

Sind die Filterausgänge nicht abwechselnd invertiert, entstehen bei den 'Auslöschfrequenzen' tiefe Einbrüche im Gesamtfrequenzgang. Im vorliegenden Fall sind die ungeradzahligen Filterausgänge 3 bis 13 invertiert.

Die Eingangsstufe für das externe Ersatz- oder Anregungssignal besteht aus einem Vorverstärker, der mit dem des Sprachkanals identisch ist. Das Ausgangssignal des 'Extern'-Vorverstärkers wird mit den Signalen der zwei eingebauten Oszillatoren (die Pulse variabler Länge und Frequenz erzeugen) und mit dem Ausgangssignal des Rauschgenerators 'gemischt'. Das Rauschsignal durchläuft außerdem eine 'AGC-Schaltung' (AGC = Automatic Gain Control – Automatische Verstärkungsregelung), damit seine Ausgangsspannung dem des externen Anregungssignals angepaßt ist. Das Rauschsignal ersetzt die anderen Steuersignale am 'Stimmhaft-Stimmlos'-Detektor (Voiced/Unvoiced-Detector), wenn stimmlose Sprachanteile erkannt werden. Der Detektor entscheidet, ob die Hauptanteile des Sprachsignalspektrums bei niedrigen (unter 2 kHz = stimmhaft) oder bei hohen Frequenzen (4 kHz = stimmlos) liegen.

## Wie funktioniert's?

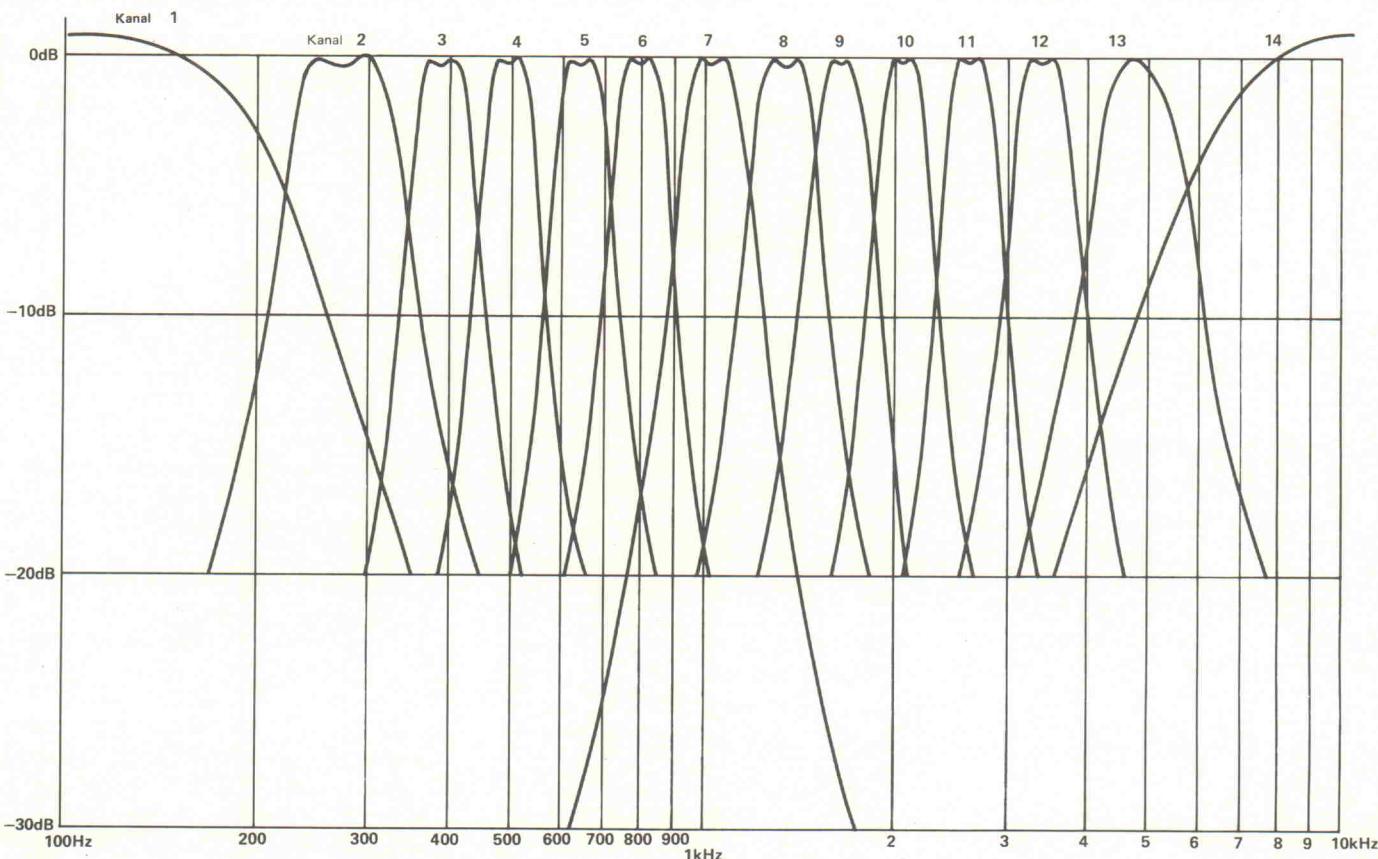
### Interne Anregungsgeneratoren

Die ICs 1 und 2 bilden zwei Oszillatorschaltungen. IC2 ist ein Integrator, der von IC1 angesteuert wird. C1 wird bis auf etwa ein Drittel der Versorgungsspannung aufgeladen. Dann schaltet der Schmitt-Trigger IC1, und C1 wird entladen. Erreicht die Kondensatorspannung die untere Schaltschwelle des Schmitt-Triggers, beginnt der Vorgang von neuem. Am Ausgang von IC2 steht eine dreieckförmige Spannung, die mit einer einstellbaren Gleichspannung in IC3 verglichen wird. Es entsteht eine Pulsfolge mit einstellbarem Tastverhältnis (Verhältnis Pulsdauer : Pausenzeit). Die Ausgangsspannungen der zwei Pulsozillatoren werden zu dem externen Anregungssignal und dem Rauschsignal in IC4 addiert (im allgemeinen Sprachgebrauch spricht man von 'Mischen'). Das ist aber falsch, denn die Signale werden *summiert!*).

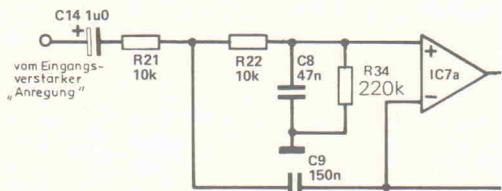
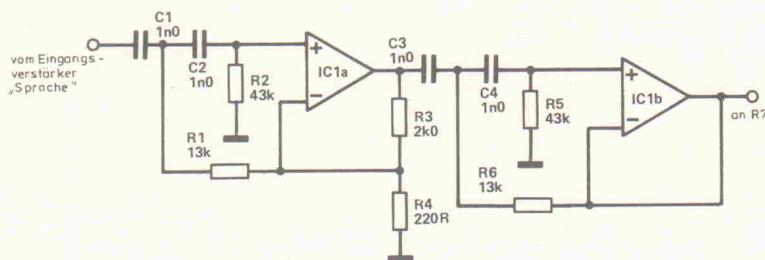
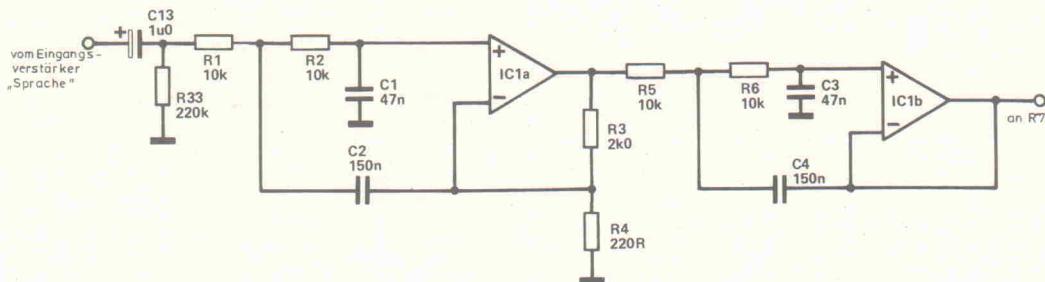
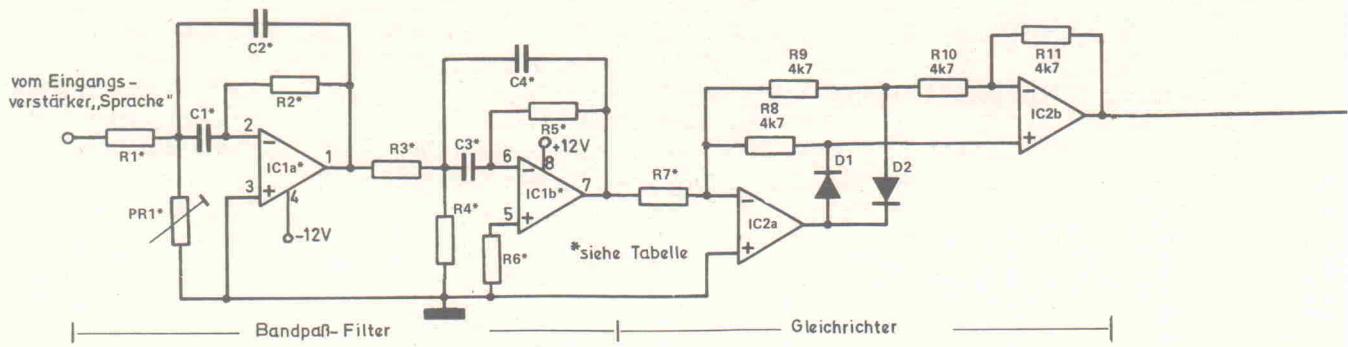
Der Rauschgenerator ist ein Pseudo-Zufallsgenerator. IC 5a und 5b bilden eine Oszillatorschaltung. Die Schwingfrequenz beträgt etwa 40 kHz. Der Oszillator steuert IC6 an, ein 18stufiges Schieberegister, das einige Rückkopplungspfade über die ICs 5c und 5d und Q1 aufweist. Das Ausgangssignal von IC 5c ist eine Pulsfolge, die nach der Filterung durch C8, R19, C6 die Charakteristik eines Rauschsignals mit ziemlich geradem Frequenzgang aufweist.

Das Hauptteil des 'Stimmhaft-Stimmlos'-Detektors besteht aus dem Komparator (Vergleicher) IC 11a, der die Spannungen der Sprachfrequenzen oberhalb 4 kHz mit denen unterhalb 2 kHz vergleicht. Separate Filter hierfür sind nicht erforderlich, da die Steuersignale an den Ausgängen von jedem IC3 im Analyseteil des Vocoders die für den Detektor notwendigen Informationen enthalten. Diese Signale werden in den ICs 10a und 10b aufsummiert und gelangen erst

dann zum Komparator IC 11a. Wenn stimmhafte Sprachanteile an den Komparator gelangen, geht dessen Ausgang auf 'Low', Q3 sperrt, sein Kollektor geht auf 'H', und der Analogschalter- IC 12b wird durchgeschaltet. Dann kann das Signal von IC4 zum Syntheseteil gelangen. Um die Rauschspannung dem Signal von IC4 anzupassen, wird eine automatische Verstärkungsregelung verwendet. IC7 arbeitet als Gleichrichter. Die Schaltung reagiert sowohl auf die positiven als auch auf die negativen Halbwellen, arbeitet also als 'Zweiweggleichrichter'. Das nachfolgende Tiefpaßfilter (IC8a) bewirkt eine Glättung der gleichgerichteten Spannung, so daß dessen Ausgangsspannung der Hüllkurve des Gleichrichtereingangssignals entspricht. IC8b und Q2 bilden Spannungs-Strom-Umsetzer. Der Strom stellt das Steuersignal für den OTA (Operational Transconductance Amplifier) IC9 dar, der die Höhe der Rauschspannung des Rauschgenerators beeinflußt.



Frequenzgang der Analyse- und Synthese-Filter



Das Schaltbild eines Analyse- und Synthese-Kanals

### Analyse- und Synthese-Teil

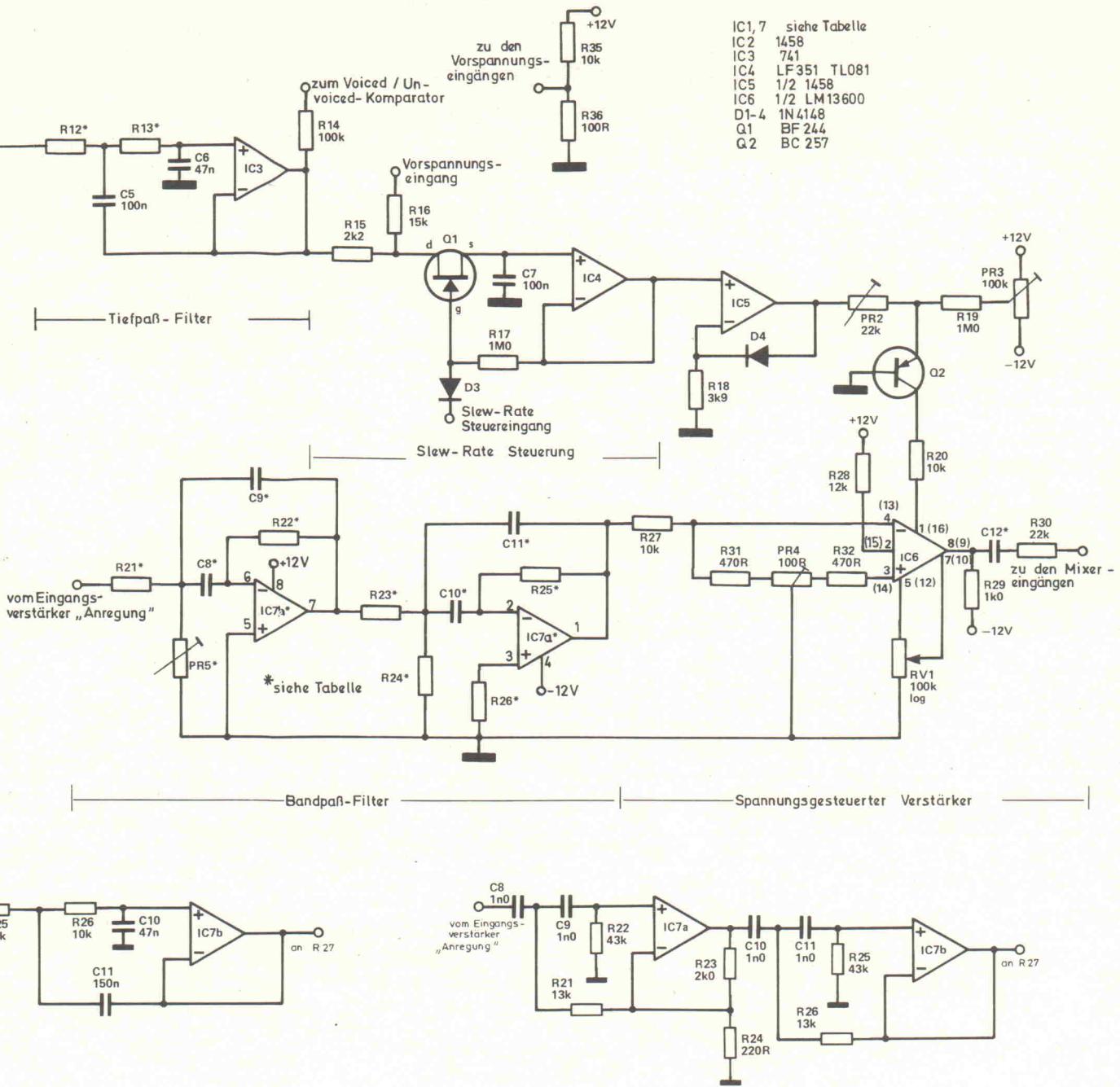
In den Kanälen 2–13 bildet IC1 mit seiner Beschaltung ein aktives Bandpaßfilter. Mit dem Potentiometer PR1 lässt sich die Resonanzfrequenz des ersten Teilstückes einstellen (zum Abgleich der Durchlaßkurve). Bei korrektem Aufbau beträgt die Gesamtverstärkung des Filters 10. In den Kanälen 1 und 14 handelt es sich um ein Tiefpaß- bzw. ein Hochpaßfilter.

IC2 ist wieder als Zweiweggleichrichter geschaltet, gefolgt von einem Tiefpaßfilter mit IC3. Dessen

Grenzfrequenz beträgt entweder 200 Hz oder ein Fünftel der Bandpaß-Filterfrequenz, je nachdem, welche größer ist.

R14 ist ein Entkopplungswiderstand, über den das Signal von IC3 zum Stimmhaft-Stimmlos-Detektor gelangt. IC4 bildet den Steilheitsbegrenzer, mit dem sich die Änderungsgeschwindigkeit des Steuersignals für den spannungsgesteuerten Verstärker des jeweiligen Kanals verändern lässt. Hierbei bilden Q1 und R15 einen veränderbaren Widerstand, der in Verbindung mit C7 ein RC-Netzwerk mit veränderbarer

Zeitkonstante darstellt. Q1 ist ein FET (Feldeffekttransistor) und könnte allein als veränderbarer Widerstand verwendet werden, indem man die Gate-Source-Spannung variiert. Wir verwenden jedoch 14 VCRs (Voltage-Controlled-Resistor = spannungsgesteuerter Widerstand), die parallel gesteuert werden müssen und die sehr sorgfältig selektiert sein müssten, damit der Vocoder vernünftig arbeitet. Um diese Schwierigkeiten zu umgehen, arbeitet Q1 nur als Schalter, der von einem 1 kHz-Rechtecksignal mit variablem Tastverhältnis ein- und ausgeschaltet



wird. Q1 steuert somit die Auf- und Entladezzeit von C7, die vom Tastverhältnis der rechteckförmigen Schaltspannung am Gate von Q1 abhängig ist und außerdem noch von R15 bestimmt wird.

IC5 und Q2 bilden mit ihren Bauelementen einen Spannungs-Strom-Umsetzer. Seine Verstärkung bestimmt das Potentiometer PR2. Die Einstellungsmöglichkeit ist notwendig, da die Verstärkung von IC6 in jedem Kanal unterschiedlich sein kann. Für eine einwandfreie Funktion darf die Eingangsspannung von IC5 nie negativ werden. Um dies zu verhin-

dern, wird eine Korrekturspannung über R15 eingespeist.

Die Korrekturspannung tritt noch in Verbindung mit der Gesamtoffsetspannung der ICs 1–5 auf. Diese Gesamtfehlerspannung lässt sich mit der durch PR3 einstellbaren Kompen-sationsspannung auf 0 bringen. IC6 ist ein OTA, für den der altbekannte CA3080 eingesetzt werden könnte. Heute ist jedoch der bessere LM13600 erhältlich. Er verursacht durch Linearisierungsdioden im Eingang nur sehr geringe Verzerrungen. Ihr Ruhestrom wird über R28 zugeführt. Die Verstärkung ist

vom Strom an Anschluß 1 abhängig. Die Ausgangsspannung des OTA gelangt an den Verstärkungssteller RV1 (im allgemeinen Sprachgebrauch 'Lautstärkeregler' genannt), weiter an die Pufferstufe IC6 und dann über C12 und R30 an einen Summierverstärker (Mischer). C12 und R30 bilden ein Hochpaßfilter, das die Steuersignalanteile unterdrückt.

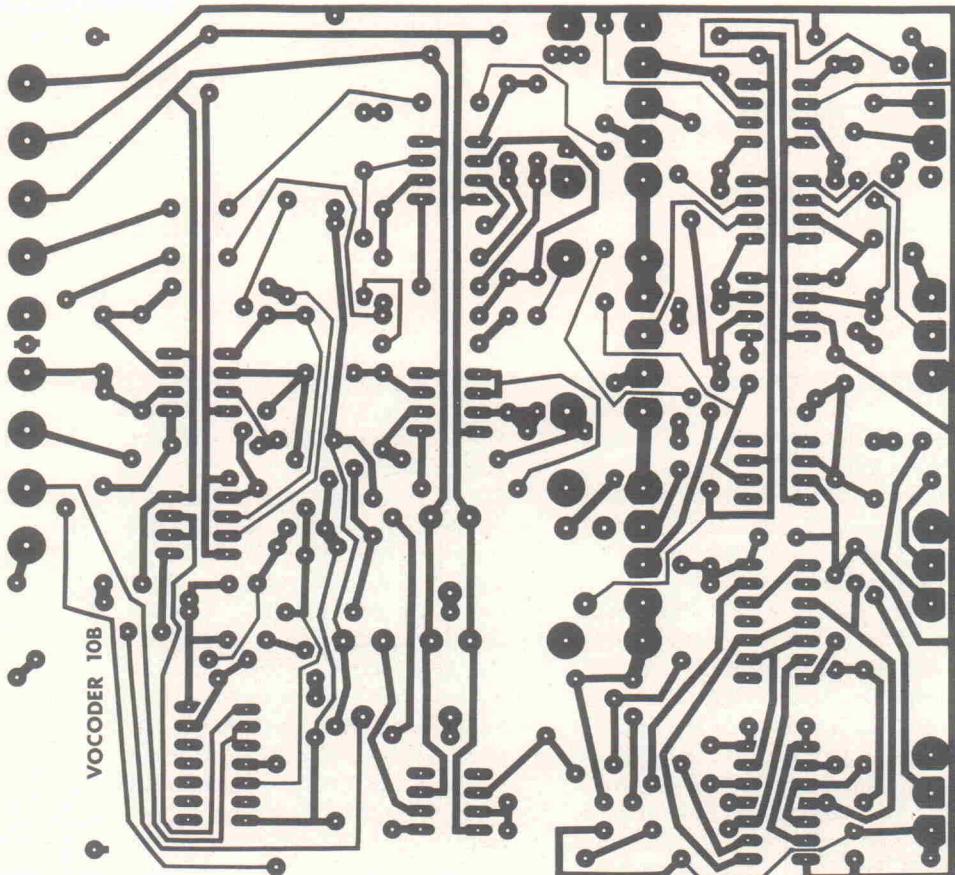
Das Anregungssignal (meistens Musik) wird dem OTA über IC7 angeboten. IC7 mit seinen Bauelementen entspricht dem Filter mit IC1.

Kanal	PR1,5	R1,21	R2,22	R3,23	R4,24	R5,25	R6,26	R7	R12,13	C1,3,8,10	C2,4,9,11	C12	IC1,7
1	—	10k	10k	2k0	220R	10k	10k	4k7	68k	47n	150n	220n	TL082/LF353
2	2k2	2k0	82k	24k	910R	110k	110k	4k7	47k	68n	68n	47n	1458
3	1k0	6k2	180k	47k	560R	220k	220k	4k7	30k	39n	39n	33n	1458
4	1k0	6k2	180k	47k	430R	220k	220k	4k7	24k	33n	33n	27n	1458
5	1k0	6k2	180k	47k	430R	220k	220k	3k6	18k	27n	27n	22n	1458
6	1k0	6k2	180k	47k	430R	220k	220k	3k0	15k	22n	22n	18n	1458
7	1k0	6k2	180k	47k	560R	220k	220k	2k4	12k	15n	15n	15n	1458
8	1k0	6k2	180k	47k	560R	220k	220k	1k8	12k	12n	12n	12n	1458
9	1k0	6k2	180k	47k	510R	220k	220k	1k5	12k	10n	10n	10n	1458
10	1k0	6k2	180k	47k	470R	220k	Drahtbrücke	1k2	12k	8n2	8n2	8n2	TL082/LF353
11	1k0	6k2	180k	47k	430R	220k	Drahtbrücke	1k2	12k	6n8	6n8	6n8	TL082/LF353
12	1k0	6k2	180k	47k	560R	220k	Drahtbrücke	1k2	12k	4n7	4n7	4n7	TL082/LF353
13	2k2	2k0	82k	24k	1k1	110k	110k	1k2	12k	3n3	3n3	4n7	1458
14	--	13k	43k	2k0	220R	43k	13k	1k2	12k	1n0	1n0	4n7	1458

Tabelle der Bauteile, die von Kanal zu Kanal unterschiedlich sind

Stückliste Filterplatine					
Widerstände 2% Metallfilm		R30	22k	C6	47n MKH
R1–7,		R31,32	470R	C13,14	1μ Tantal
21–26	siehe Tabelle 1	R33,34	220k	Halbleiter	
R8,9,10,11	4k7	R35	10k	IC1,7	siehe Tabelle 1
R12,13	siehe Tabelle 1	R36	100R	IC2,5	1458
R14	100k	Potentiometer		IC3	741
R15	2k2	RV1	100k log	IC4	TL081/LF351
R16	15k	PR1,5	siehe Tabelle 1	IC6	LM13600
R17,19	1M	PR2	22k Trimmer	D1–4	1N4148
R18	3k9	PR3	100k Trimmer	Q1	BF244
R20,27	10k	PR4	100R Trimmer	Q2	BC257
R28	12k	Kondensatoren		Verschiedenes	
R29	1k	C1–4,8–12	siehe Tabelle 1	IC-Sockel, Lötnägel, Steckverbinder.	
		C5,7	100n MKH		

Einen kompletten Satz Folien für den Elrad-Vocoder sind beim Elrad-Folien-Service zum Preis von 7,00 DM incl. Versandkosten erhältlich. Diese Folien sind zum direkten Belichten auf fotopositiv beschichtetes Basismaterial geeignet.



Platinen-Layout der Anregungsplatine

# VOCODER

Dieser Teil behandelt den Aufbau und die Inbetriebnahme des Elrad-Vocoders.

Teil 2

Der Aufbau beginnt mit dem Bestücken der Stromversorgungsplatine. Die Transistoren Q1 (TIP30A) und Q2 (TIP29A) werden unter Zwischenlage von Glimmerscheiben und die Platine über Abstandshülsen auf die Rückwand geschraubt. Da sich die Transistoren auf der Unterseite (Lötseite) der Platine befinden, müssen sie vorher angelötet werden. Zur leichten Montage kann man die Glimmerscheiben mit Wärmeleitpaste auf die Rückwand kleben, sonst benötigt man mindestens drei Hände! Bei der Montage zuerst die Transistoren und erst dann die Platine anschrauben! Die elektrische Prüfung kann mit 1 kΩ-Belastungswiderständen erfolgen (die dann natürlich wieder entfernt werden müssen!).

Danach erfolgt der Aufbau der restlichen Platinen. Verwenden Sie grundsätzlich isolierte Drähte für die Drahtbrücken auf den Platinen. Bei Aufbau der LED-Anzeigeplatten muß man beachten, daß die Lötnägel der 'Anregung'-Anzeigplatine (excitation) auf der Bauteilseite und die der 'Sprachaussteuerung'-Platine (speech) auf der Lötseite stehen. Sonst lassen sich die Stecker nicht aufschieben! Wo Klinkenbuchsen einzubauen sind, ist folgendes Schema zweckmäßig: Zunächst an die Buchsen kurze kräftige Drähte (ca. 1 mm Ø) anlöten, Buchsen so einbauen, daß die Drähte zur zugehörigen Platine zeigen, Platine in die richtige Position bringen und die Drähte durch die entsprechenden Lötaugen der Platine stecken. Nun die Platine anschrauben und erst jetzt die Drähte an den Lötaugen anlöten. Die überstehenden Drahtenden abzwicken! Die Platine 'Interne Anregung' (internal excitation) ist besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Die Potentiometer RV1, RV2, RV5 und RV7 stehen auf der Bauteilseite, RV3, RV4 und RV6 auf der Lötseite. Um den richtigen Abstand zwischen den oberen und unteren Potis sicherzustellen, sind die Anschlüsse der oberen Potis bis zum Anschlag in die Platine einzuschlieben.

Damit der Aufbau des Analyse-/Syntheseteils nicht unnötig erschwert wird, be-

steht diese Baugruppe aus zwei Platinen. Nachdem die Platinen vollständig bestückt sind, werden sie mit den Verschraubungen der Potentiometer an der Frontplatte befestigt. Die Platinen lassen sich einzeln leichter ausrichten und die gegenüberstehenden Längsleiterbahnen sind nun mit verzinnten oder versilberten blanken Drähten zu verbinden. Die Platinen werden mit Abstandshülsen auf das Chassis geschraubt, damit sie sich bei der weiteren Verdrahtung nicht verziehen! Nun sind noch alle Anschlüsse der Anregungseingänge (excitation input) und auch die anderen Ein- und Ausgänge zu verbinden (insgesamt sieben Stränge). Führen Sie diese Verdrahtung sehr sorgfältig durch und vermeiden Sie einen unübersichtlichen Drahtverhau. Denken Sie bitte daran, daß Sie eventuell Ihr eigenes Machwerk einmal reparieren müssen. Eine saubere und übersichtliche Verdrahtung spart dann sehr viel Zeit! Vervollständigen Sie die Verdrahtung der restlichen Platinen.

## Warnung

Ein Vocoder ist kein Wochenend-Projekt! Obwohl der Abgleich so einfach ist, daß man ohne großen Meßgeräteaufwand auskommt, gestaltet sich eine Fehlersuche nach falschen Bauteilen und kalten Lötstellen zur Lebensaufgabe, sofern man nicht über das nötige Wissen verfügt, um die Funktion jeder Stufe verstehen zu können. Unsere Erfahrung in der Reparatur von nicht funktionierenden Geräten hat uns immer und immer wieder gezeigt, daß 99,99% der Fehler auf das Konto dessen geht, der die Platine bestückt und verdrahtet hat. Wenn Sie sich also nicht ganz sicher sind, ob Ihre Fähigkeiten als Elektroniker ausreichen, besorgen Sie sich **vor** Baubeginn jemanden, der über das nötige Wissen **und** die entsprechenden Meßgeräte verfügt, um Ihnen bei Schwierigkeiten helfen zu können!

## Inbetriebnahme

Zunächst die Versorgungsspannungsleitungen zu allen Platinen überprüfen, dann alle

Trimmpotis in Mittelstellung bringen. Es wird nun ein sinusförmiges Signal in den Spracheingang eingespeist. Die Eingangsspannung so einstellen, daß die 6. LED der Sprachaussteuerungsanzeige (speech) gerade zu flackern beginnt. Die Eingangsspannung entspricht dann etwa 400 mV.

## Abgleich Analyseteil

Als nächster Schritt wird im Analyseteil auf der Hauptplatine die Wechselspannung am Anschluß 7 von IC1, Kanal 2, gemessen. Dazu die Frequenz des Testgenerators solange verändern, bis die angezeigte Spannung ein Maximum erreicht. Poti PR1 gegen den Uhrzeigersinn zurückdrehen, dann wieder aufdrehen, bis die Spannung 4 V bei Filterresonanz beträgt. Nach dem gleichen Verfahren werden die übrigen Filter im Analyseteil abgeglichen.

Zwischen die Vorspannungsschiene (bias; Spannung kommt von Spannungsteiler R35, R36) und die +12V-Versorgungsleitung einen 56 Ω-Widerstand schalten. Das Steilheitsbegrenzerpoti (slew rate control) im Uhrzeigersinn voll aufdrehen, überprüfen, ob der Pulsgenerator funktioniert (wenn man die Eingangsleitung eines Verstärkers in die Nähe der Steilheitsbegrenzerplatine legt, ist ein Pfeifton zu hören) und den 'Stimmlos'-Detektor (unvoiced detector) abschalten.

## Abgleich Syntheseteil

Den Testoszillator an den externen Anregungseingang (external excitation High input) anschließen und das zum Kanal 2 gehörende Anregungsfilter wie das Filter im Analyseteil abgleichen (mit der Ausnahme, daß die Spannung nun an Anschluß 1 von IC7 gemessen werden muß, und das zugehörige Potentiometer PR5 ist). Bei voll aufgedrehtem Poti RV1 (Hauptplatine) ist das Trimmpoti PR2 so einzustellen, daß am Ausgang der OTA-Pufferstufen ebenfalls 4 V anstehen (IC6, Anschluß 8 bzw. 9). Diesen Abgleich für die übrigen Filter wiederholen, einschließlich Kanal 1 und 14, wobei jedoch nur PR2 einzustellen ist.

## Anregungs-Platine

Schalten Sie nun den Vocoder an einen Verstärker an, drehen Sie die Lautstärkepotis (volume control) für alle Kanäle und den Vocoder-Ausgang im Uhrzeigersinn auf. Drehen Sie die Potis für den Sprach- und den Anregungseingang (speech-, excitation input) im entgegengesetzten Uhrzeigersinn bis zum Anschlag. Drehen Sie den Pegel für einen der beiden internen Anregungs-Oszillatoren auf und verstellen Sie die Trimmpotis PR4 oder PR5 auf der Anregungsplatine (je nachdem, welcher Oszillator in Betrieb ist) solange, bis das zu hörende Signal gerade eben verschwindet, wenn das 'Pulsbreite'-Poti (shape) entgegengesetzt dem Uhrzeigersinn an den Anschlag gedreht wird. Wiederholen Sie diesen Abgleich für den anderen Oszillator.

### Rauschunterdrückung

Der  $56\Omega$ -Widerstand zwischen der Vorspannungsschiene und der +12V-Versorgungsspannung wird entfernt. Die Lautstärkepotis aller Kanäle und die Oszillator-signal-Potis (level) auf 'leise' stellen. Drehen Sie das Poti für die Rauschspannung (noise level) auf Maximum, drehen Sie dann das Kanal 1-Poti auf und verstellen Sie Trimm-potis PR3 auf der Hauptplatine. Die Einstellung, kurz bevor das Rauschen verschwindet, ist die richtige. Wiederholen Sie diesen Abgleich für die übrigen Kanäle. Klemmen Sie nun die NF-Leitun-

## Wie funktioniert's?

## Ausgangsverstärker

Die Ausgänge der Kanäle 3, 5, 7, 9, 11, 13 werden in IC1a 'gemischt', die der Kanäle 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 in IC1b. Deren Ausgangssignale gelangen zu IC2 und werden dort mit dem Sprachsignal (speech) und dem externen Anregungssignal (external excitation) 'gemischt'.

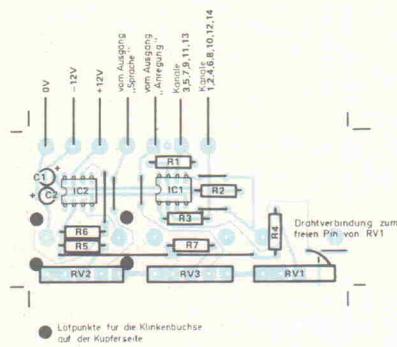
gen von den Anregungs- und Spracheingängen (excitation inputs; speech inputs) von der Analyse- und Syntheseplatine ab und verbinden Sie vorübergehend das Anregungssignal (excitation) mit dem Spracheingang (speech input) der Analyseplatine, so daß das Rauschsignal an den Analyseteil gelangen kann. Drehen Sie das Lautstärke-Poti für Kanal 1 und den Rauschregler (Noise level) auf. Verstellen Sie das Trimmpoti PR4 auf der Hauptplatine, bis das als tieffrequentes Rumpelgeräusch am Ausgang hörbare Steuer-Signal ein Minimum erreicht. Wiederholen Sie diesen Abgleichvorgang für die übrigen Kanäle und stellen Sie dann den Originalzustand der Anschlüsse wieder her.

Schalten Sie den Stimmhaft-Stimmlos-detektor (voiced/unvoiced detector) ein und legen Sie ein hochfrequentes Signal ( $\approx 10$  kHz) vom Testoszillator auf den Spracheingang (speech input). Sie werden bemerken, daß nun die LED des Stimmhaft-Stimmlosdetektors (V/UV LED) leuchtet. Drehen Sie alle Kanal-Potis und das Rauschsignal-Poti auf. Sie müßten dann ein Rauschen hören. Trimm-potis PR2 wird auf die Mitte des Bereiches eingestellt, an dessen beiden Enden eine Begrenzung der Rauschsignalamplituden hörbar ist. Drehen Sie das Rauschsignal-Poti auf der Frontplatte auf Minimum und verstellen Sie Trimmpotis PR1 (Anregungs-Platine), bis das Rauschen gerade eben verschwindet. Drehen Sie das Rauschsignalpoti wieder auf und verän-

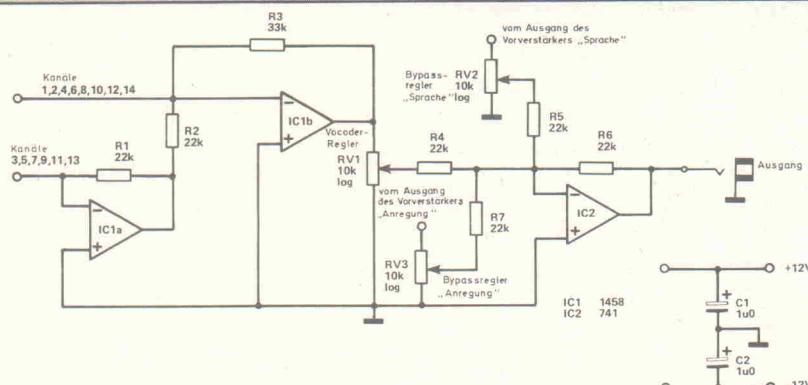
dern Sie die Frequenz des Testoszillators. Nun Trimmoti PR3 so einstellen, daß die Rauschspannung um etwa 6 dB (also etwa auf die Hälfte) abfällt. Sie können diesen Vorgang an der Aussteuerungsanzeige für das Anregungssignal (excitation) verfolgen, wenn die LED des Stimmhaft-Stimmlösdetektors leuchtet (V/UV LED). Damit sind die Abgleicharbeiten beendet. Überprüfen Sie nun noch einmal sehr sorgfältig, ob alle Verbindungen, die während des Abgleichs um- oder abgeklemmt werden mußten, wieder richtig angeschlossen sind. Bis Sie nun virtuos auf allen 'Tasten' spielen können, wird sicher ein wenig Zeit vergehen. Aber wie bei allen anderen Dingen macht auch hier Übung den Meister!

Im Rahmen dieses Artikels konnten wir Ihnen nur einige Anwendungsbeispiele aufzeigen.

Berichten Sie uns doch mal über Ihre Erfahrungen mit dem Elrad-Vocoder! Wenn Sie Schwierigkeiten beim Aufbau oder Abgleich haben sollten, stellen Sie als erstes fest, in welcher Stufe oder Baugruppe der Fehler steckt. Das wichtigste Hilfsmittel dabei ist das Blockschaltbild. Erst wenn Sie den Fehler eingekreist haben, können Sie die Einzelschaltbilder zu Hilfe nehmen, um das defekte Bauteil aufzuspüren.



## Bestückungsplan für den Ausgangsverstärker.



Schaltbild für den Ausgangsverstärker.

## Stückliste Ausgangsverstärker

### Widerstände, 1/4W, 5%

R1,2,4,5,6,7 22k

R3 33k

### Potentiometer

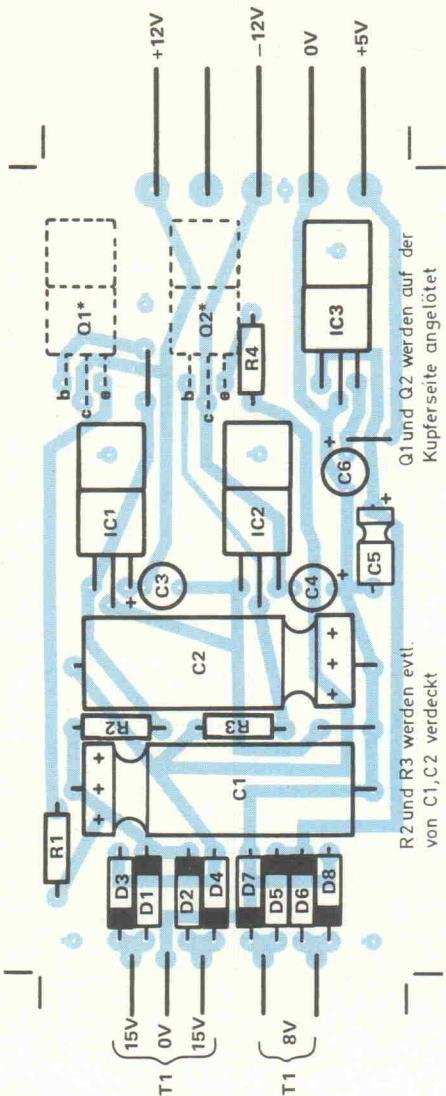
RV1,2,3 10k log mit Lötwinkel

## Kondensatoren

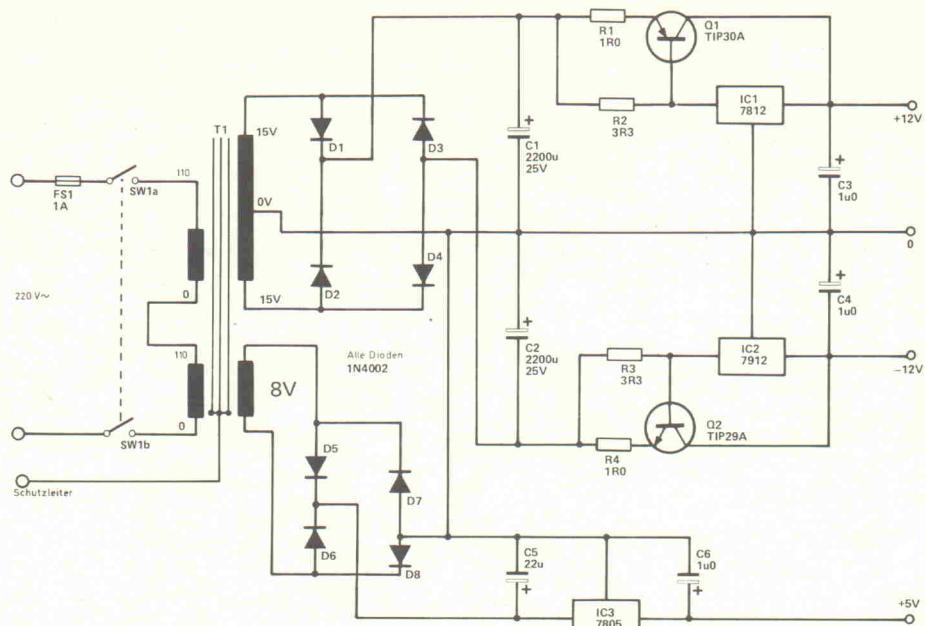
C1,2 1μ0

IC1

IC2 741



Bestückungsplan für das Netzteil.



Schaltbild für das Netzteil.

### Stückliste Netzteil

Widerstände, 1/2W, Metallglasur

R1,4 1R0  
R2,3 3R3

Kondensatoren

C1,2 2200 $\mu$ , 25V Elko  
C3,4,6 1 $\mu$ 0 Tantal  
C5 22 $\mu$ , 25V Elko

Halbleiter

D1-8 1N4002  
IC1 7812  
IC2 7912  
IC3 7805  
Q1 TIP30A  
Q2 TIP29A

Verschiedenes

Trafo T1: 15V - 0V - 15V bei 1A,  
8V bei 0,4 A, Steckverbinder, Lötnägel,  
Kühlkörper, Glimmerscheiben.

### Wie funktioniert's?

#### Stromversorgung

Die gleichgerichteten Trafospannungen werden mit den Kondensatoren C1, C2 und C5 geglättet. IC1 und

Q1 bilden den Regler für +12V, IC2 und Q2 für -12V und IC3 für +5V. Die Transistoren Q1 und Q2 übernehmen ca. 75% des Laststromes und verhindern damit eine Überheizung der Spannungsregler-ICs. Die Anzeigeplatinen werden aus der

5V-Versorgung gespeist. Da diese Spannung nicht besonders gut gesiebt sein muß, ist der Siebkondensator C5 klein. IC3 soll nur die Spannung auf 5V begrenzen und nicht unbedingt ausregeln.

### Stückliste

#### Flankensteilheits-Begrenzer

Widerstände, 2%, Metallfilm

R1,2 15k  
R3,6,8 2k2  
R4,5,7 10k  
R9,10 47R  
R11 220R  
R12 470R  
R13 1k0

Potentiometer  
RV1 1M log mit Lötwinkele

Kondensatoren

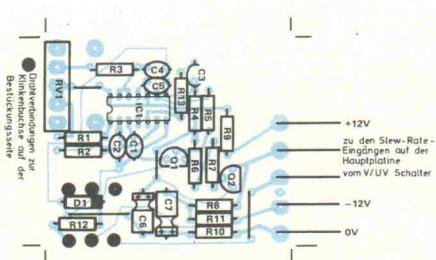
C1,5 10n ker  
C2 33n Folie  
C3 100p ker  
C4 560p ker  
C6,7 22 $\mu$ , 25V, Elko

Halbleiter

IC1 LM556  
Q1 BC349  
Q2 BC388  
D1 1N4148  
LED1 TIL220

Verschiedenes

Fußschalter mit Gehäuse, Stereoklinkenbuchse, Steckverbinder, Lötnägel, IC-Sockel

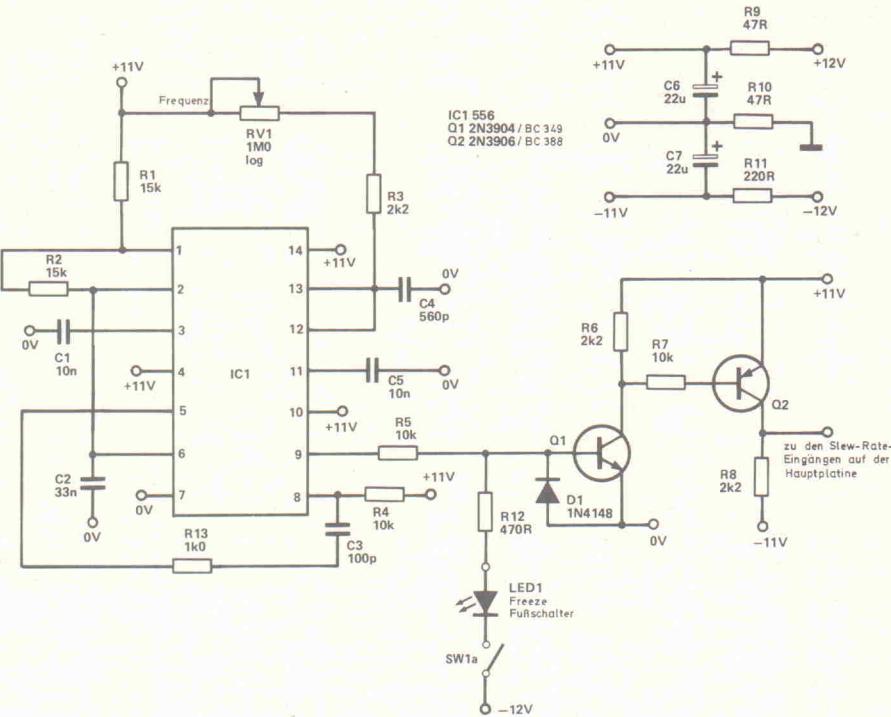


Bestückungsplan für den Flankensteilheits-Begrenzer.

## Wie funktioniert's?

### Flankensteilheitsbegrenzer (slew rate control)

Er besteht aus einem Pulsgenerator mit variabilem Tastverhältnis (Verhältnis Pulsdauer zu Pausenzeit). IC1, ein 556, enthält zwei Zeitgeber. Das IC bildet über die Anschlüsse 1 bis 6 und der äußeren Beschaltung einen 1 kHz-Pulsgenerator mit einem Tastverhältnis von 2:1. Die frequenzbestimmenden Bauteile sind R1, R2 und C2. Das Ausgangssignal triggert über C3 einen monostabilen Multivibrator, der durch entsprechende Beschaltung der Anschlüsse 8 bis 13 dargestellt wird. Die Breite des Ausgangspulses (Pulsdauer) bestimmen C4, R3 und RV1. Q1 wirkt als Pufferverstärker. Q2 ist der Ausgangsverstärker, dessen Ausgangsspannung im Rhythmus der Pulse zwischen  $\pm 11$  V liegt. Der Speicherschalter (freeze = einfrieren) hält den Ausgang von Q2 auf  $-11$  V. Dadurch werden alle FETs des Analyse- und Syntheseteils gesperrt. Damit die Schaltspitzen keine Rückwirkungen auf die Stromversorgung haben, wird der Steilheitsbegrenzer über R9, R10, R11 und C6, C7 entkoppelt.



Schaltbild für den Flankensteilheits-Begrenzer.

### Stückliste Eingangsverstärker

#### Widerstände, 1/4W, 5%

R1,5,12	100k
R2 (Sprache)	470R
R2 (Anregung)	5k6
R3	22k
R4	11k
R6,11	1k5
R7,9	51k
R8,10	47k

#### Potentiometer

RV1	10k log mit Lötwinkel
RV2	47k lin mit Lötwinkel

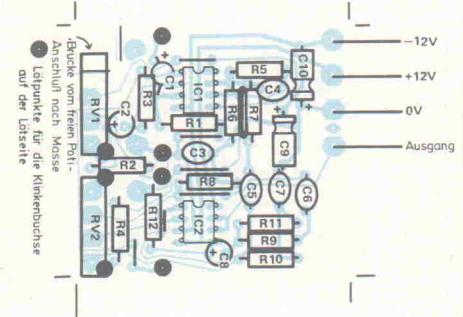
#### Kondensatoren

C1,8	1μ 16V Tantal
C2	22μ, 16V Tantal
C3,7	220n Folie
C4	68p ker
C5,6	2n2 Folie
C9,10	22μ, 25V Elko

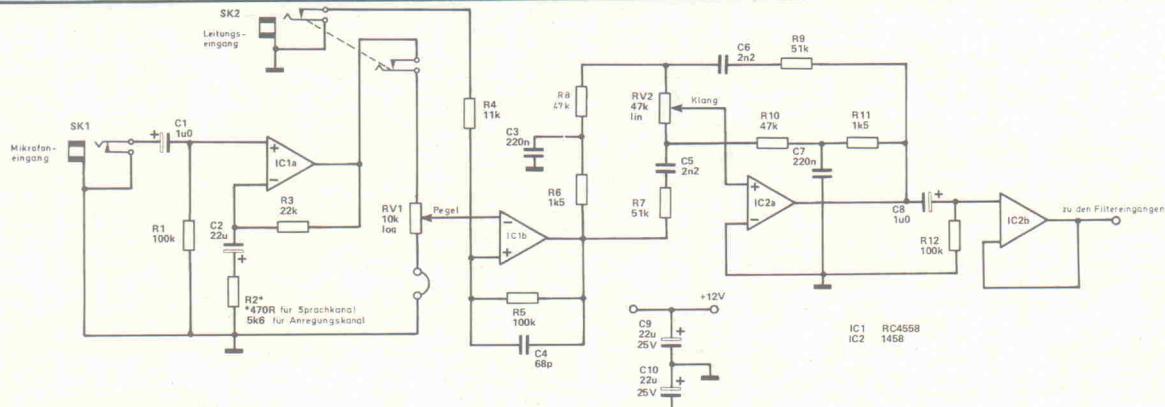
#### Halbleiter

IC1	RC4558
IC2	1458

Verschiedenes  
Steckverbinder, Lötägel, IC-Sockel,  
Klinkenbuchse



Bestückungsplan für den Eingangsverstärker.



Schaltbild für den Eingangsverstärker.

## Wie funktioniert's?

### Eingangsverstärker

Der Eingangsverstärker verwendet ein IC RC4558, das eine rauscharme Version des 1458 darstellt. Die Gesamtverstärkung dieser Stufe hängt von der Wahl des Eingangs ab. Sie beträgt etwa 1 für den Leitungseingang (Line oder High input) und etwa 500 für den Mikrofoneingang (Mic oder Low input) beim Spracheingang (speech), bzw. 50 beim Anregungseingang (excitation). Die Gesamtverstärkung verteilt sich auf die ICs IC1a und IC1b. Wird der Eingang SK1 benutzt und SK2 nicht,

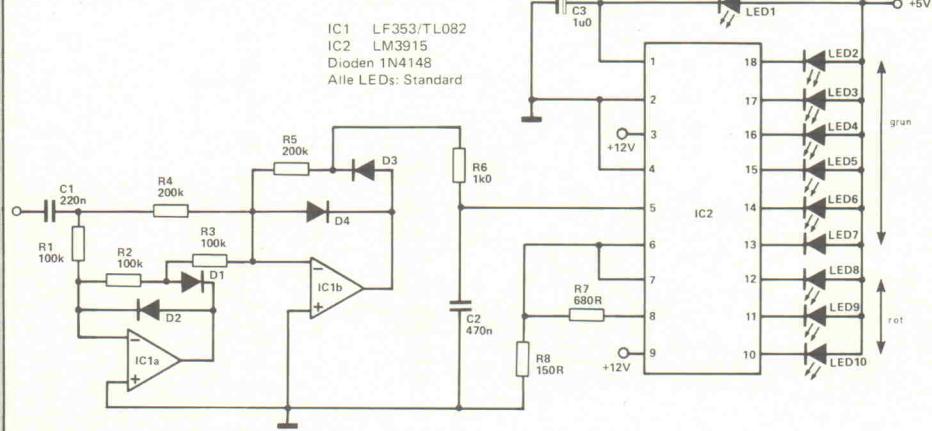
gelangt das Signal zum Poti RV1 über den Schaltkontakt von SK2. Gleichzeitig liegt R4 über den zweiten Schalter von SK2 auf null Volt (Masse). Dadurch wird die Verstärkung von IC1b auf 10 eingestellt. Wird Eingang SK2 verwendet, wird IC1 abgetrennt und die Verbindung R4–0V geöffnet. IC1b hat nun die Verstärkung 1. IC2 bildet mit seiner Beschaltung eine Frequenzgangkorrekturstufe mit einem einzigen Bedienknopf: Höhenanhebung mit gleichzeitiger Tiefenabsenkung oder Tiefenanhebung mit gleichzeitiger Höhenabsenkung. R7, C5 und R9, C6 bilden Hochpaßfilter, während

R6, C3 und R11, C7 Tiefpaßfilter darstellen. Wenn der Schleifer des Potis 'Tone' am rechten Anschlag steht (im Uhrzeigersinn auf das Poti geschaut), liegt der Eingang von IC2 über C5, R7 am Eingang der Stufe, während RV2 in Reihe mit den Gegenkopplungsbauelementen R9, C6 liegt. Dadurch steigt die Verstärkung für hohe Frequenzen. Gleichzeitig wird über das Gegenkopplungsnetzwerk R11, C7, R10 die Verstärkung für die tiefen Frequenzen vermindert. Der umgekehrte Zustand entsteht, wenn der Schleifer des Potis am linken Anschlag steht.

## Wie funktioniert's?

### LED-Aussteuerungsanzeige

IC1 bildet einen Zweiweg-Spitzenwertgleichrichter, der C2 auf die Spitzenspannung des Eingangssignals auflädt. IC2 ist ein logarithmischer Anzeigetreiberbaustein, dessen Verstärkung von R7, R8 abhängt. Die LEDs zeigen eine 3 dB-Stufung. Die roten LEDs leuchten, wenn die Filter übersteuert werden. Die LEDs haben ihre eigene Stromversorgung (+5V).



Schaltbild für die LED-Aussteuerungsanzeige.

## Stückliste LED-Aussteuerungsanzeige

Widerstände, 1/4W, 5%

R1,2,3	100k
R4,5	200k
R6	1k
R7	680R
R8	150R

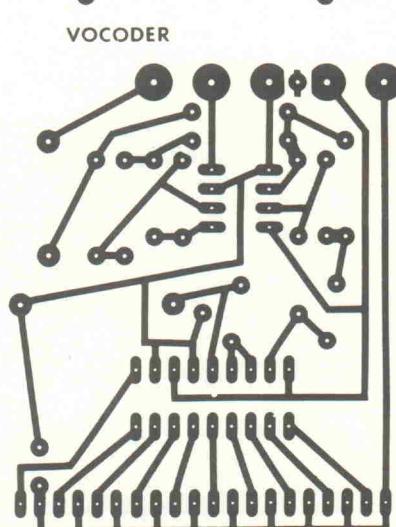
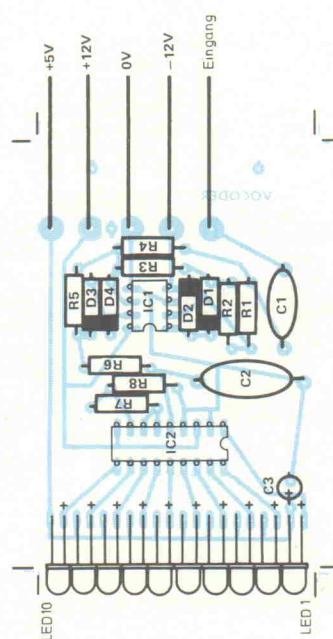
Kondensatoren

C1	220n Folie
C2	470n Folie
C3	1μ0, 16V Tantal

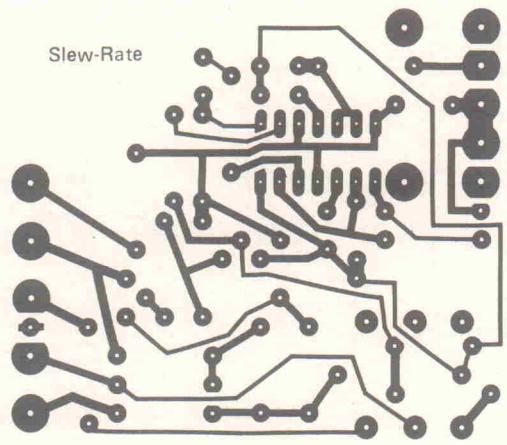
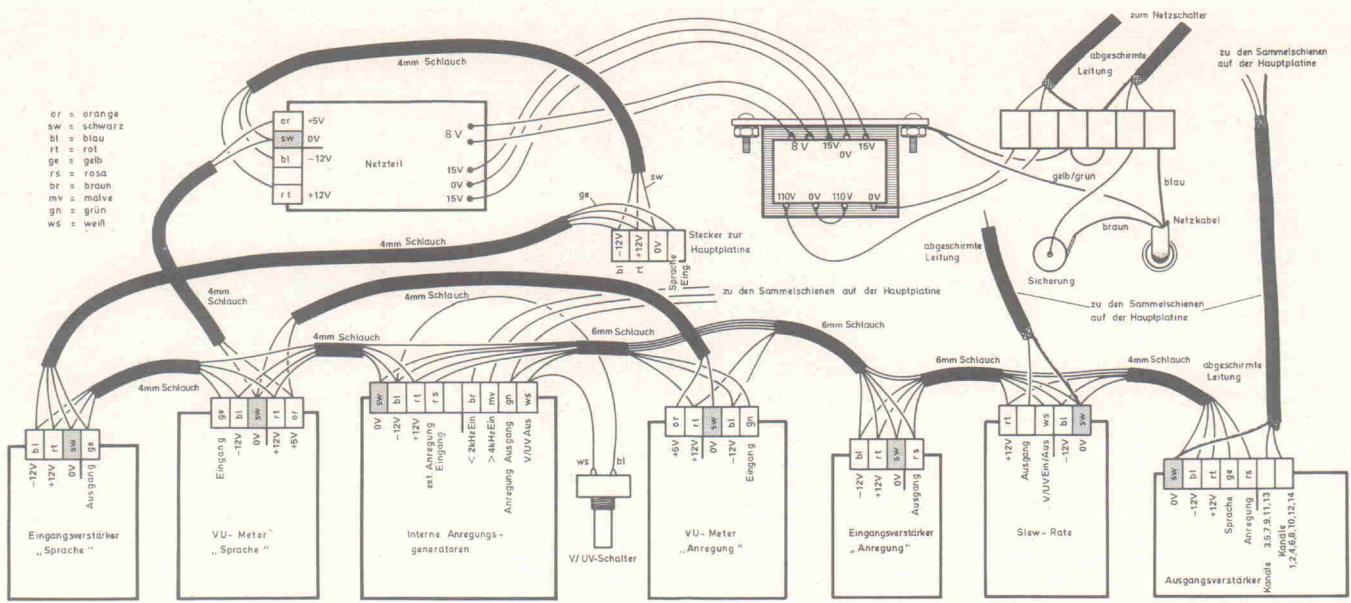
Halbleiter

IC1	TL082/LF353
IC2	LM3915
D1-4	1N4148
LED1-7	TIL211 (grün)
LED8-10	TIL209 (rot)

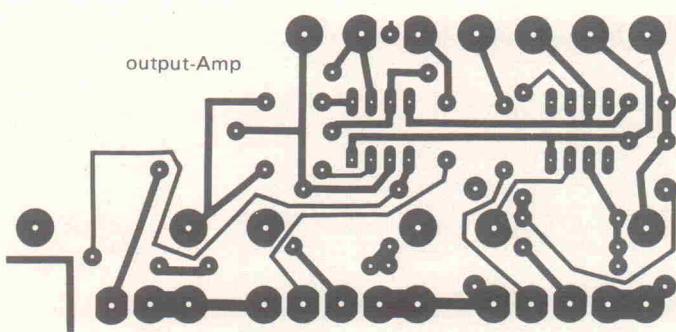
Verschiedenes  
Steckverbinder, Lötnägel, IC-Sockel



Bestückungsplan und Platinen-Layout für die LED-Ansteuerungsanzeige.

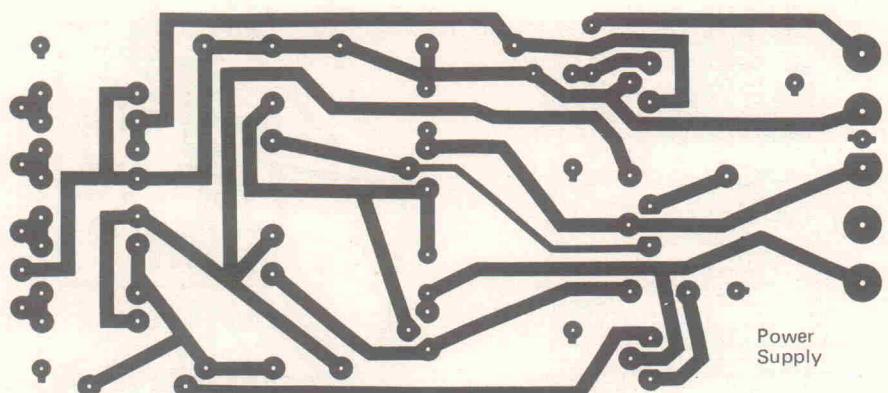


Layout für den Flankensteilheitsbegrenzer.

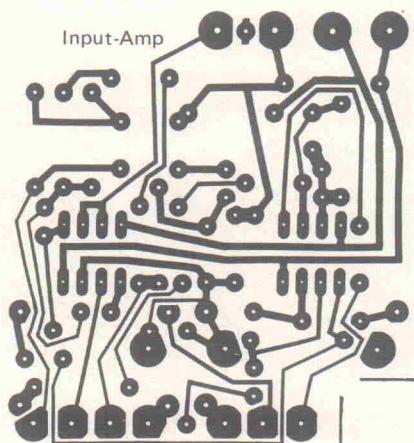


Layout für den Ausgangsverstärker.

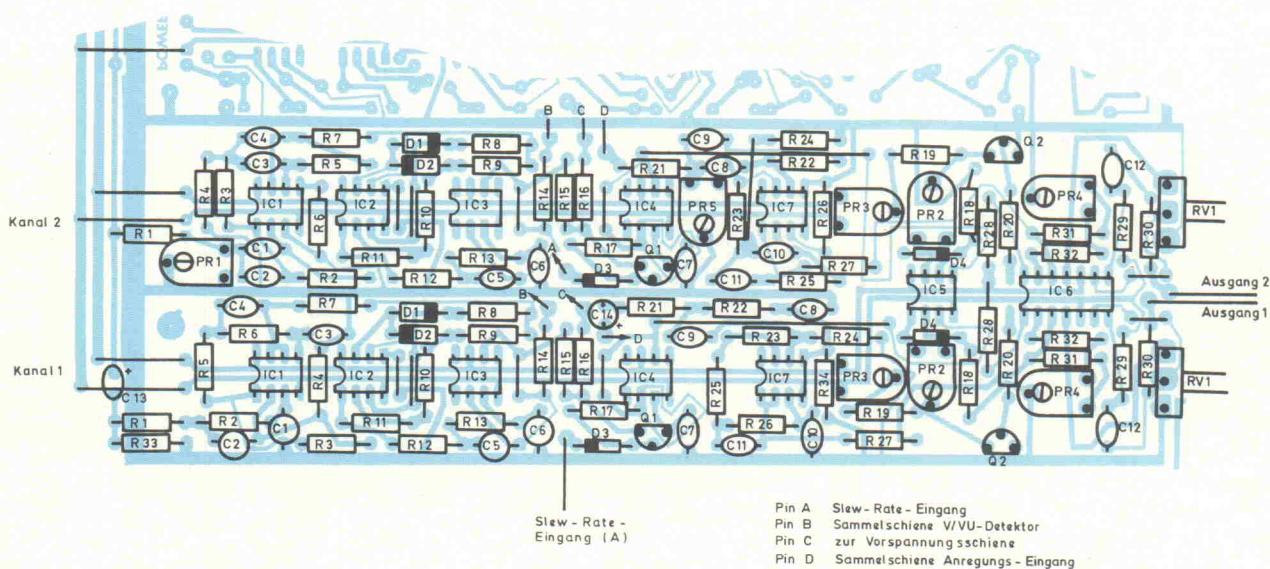
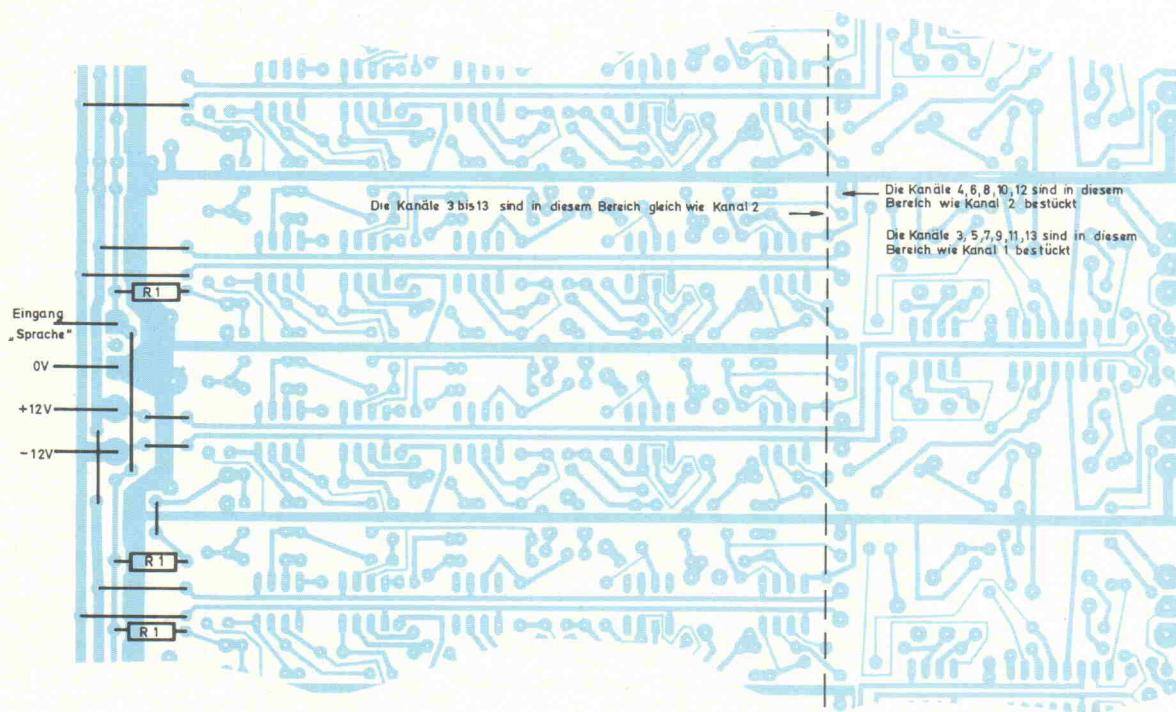
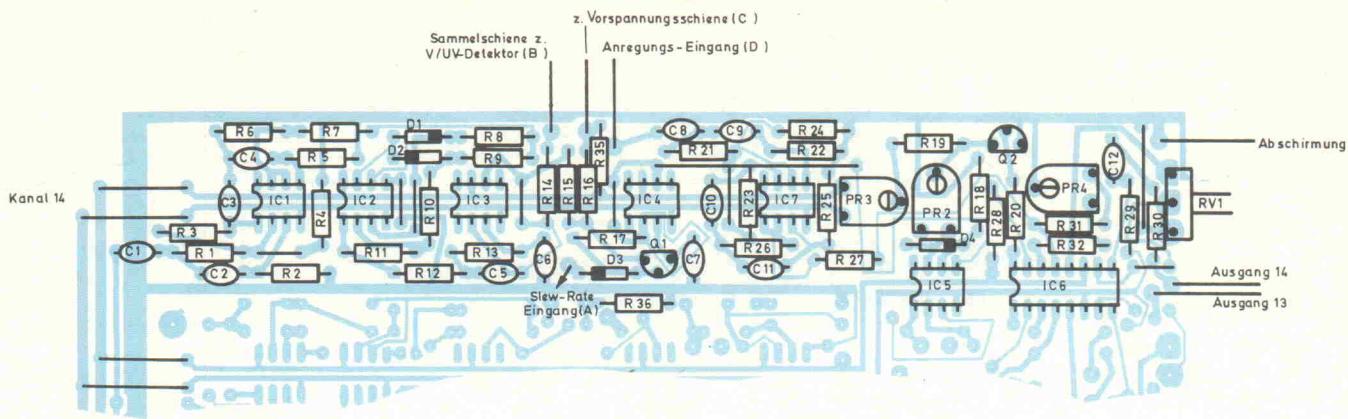
Das Platinenlayout der Hauptplatine ist zu groß, um es im Heft abdrucken zu können. Wir bitten deshalb interessierte Leser um Zusendung eines adressierten Freiumschlags (DIN A4). Sie erhalten dann einen Abdruck des Layouts auf Papier im Maßstab 1:1.



Layout für das Netzteil.



Layout für den Eingangsverstärker.



Bestückungsplan für die Hauptplatine des Elrad-Vocoders (Synthese- und Analysekanäle).

# Wochenend-Projekt

## FET-Voltmeter

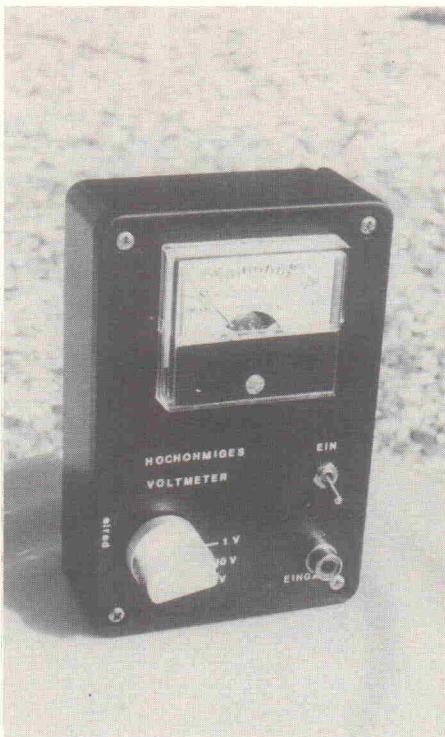


Eine Bauanleitung, die sich auch für den Hobby-Neuling eignet. Einfach, preiswert, aber doch sehr nützlich – so kann man dieses Meßgerät charakterisieren.

Obwohl ein gewöhnliches Vielfachmeßgerät normalerweise "nichts anderes als die reine Wahrheit" anzeigt, kann es manchmal bei Gleichstrommessungen zu falschen Anzeigen führen. Das Problem taucht bei der Messung von hochohmigen Stromkreisen auf, wenn nur ein Strom von einigen  $\mu\text{A}$  oder weniger fließt. Bei den meisten Mehrfachgeräten, die ca. 50  $\mu\text{A}$  für Vollausschlag benötigen, ist der Strom in dem zu testenden Stromkreis offensichtlich für den Zeigerausschlag nicht ausreichend. Herkömmliche, preiswerte Vielfachmeßgeräte haben einen Innenwiderstand von  $20\text{k}\Omega/\text{V}$ , bestenfalls  $50\text{k}\Omega/\text{V}$ . Will man z. B. eine Spannung von 0,6V über einem  $1\text{M}\Omega$  Widerstand messen, so entsteht durch die Messung mit dem beschriebenen Vielfachmeßgerät eine Parallelschaltung  $1\text{M}\Omega/20\text{k}\Omega$  (Innenwiderstand Vielfachmeßgerät). Die zu messenden 0,6 V brechen total zusammen, und man mißt auf dem Instrument eine sogenannte Hausnummer.

Dieses Problem kann durch die Anwendung unseres Voltmeters mit hoher Eingangsimpedanz gelöst werden.

Das Gerät besitzt drei Meßbereiche von 1, 10, und 100 V Vollausschlag, und die Eingangsimpedanz beträgt über 11 Megohm. Erreicht wird diese hohe Impedanz mit einem Op Amp (CA 3140), der einen FET-Eingang besitzt.



Das Voltmeter eingebaut in ein kleines Plastikgehäuse

wenden sollte. Für das Meßinstrument wird in dem Gehäuse ein relativ großes Loch benötigt. Plastik oder Aluminiumgehäuse können üblicherweise mit Hilfe einer Laubsäge oder einer Bogensäge bearbeitet werden. Eine andere Methode wäre, eine Reihe von Bohrungen von  $\approx 3\text{ mm}$  Ø mit geringem Abstand auf einem mit dem Zirkel aufgetragenen Kreis nebeneinander zu setzen. Das Mittelstück wird dann mit Hilfe einer kleinen Rundfeile entfernt. Zum Abgleich des Gerätes wird SW1 auf den 10 V-Bereich gebracht, RV1 auf maximalen Widerstand (voll im Uhrzeigersinn) gestellt und der +Eingang an den +Pol einer Gleichstromquelle angeschlossen. Zur Messung der Speisespannung wird ein gewöhnliches, möglichst genaues Vielfachmeßgerät benutzt und danach mit RV1 auf die gleiche Meßanzeige abgeglichen. Das Gerät ist dann betriebsbereit. Die Spannungsteilerwider-

stände R1 ... R3 bestimmen weitgehend die Meßgenauigkeit des Gerätes. Darum ist es hier ratsam, engtolerierte ( $\approx 2\%$ ) Metallschichtwiderstände zu benutzen. Bekommt man für R3 keinen Wert von 110k, so schaltet man einen 100 k und 10 k Widerstand in Reihe.

### Wie funktioniert's?

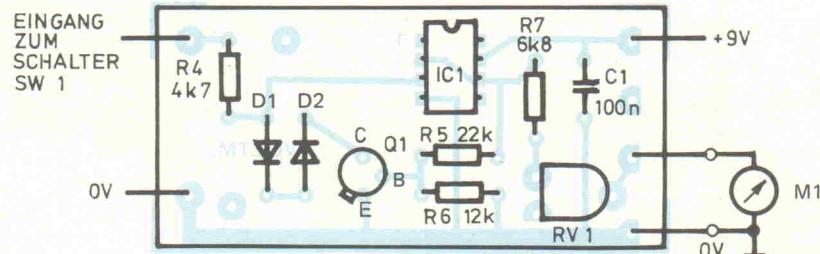
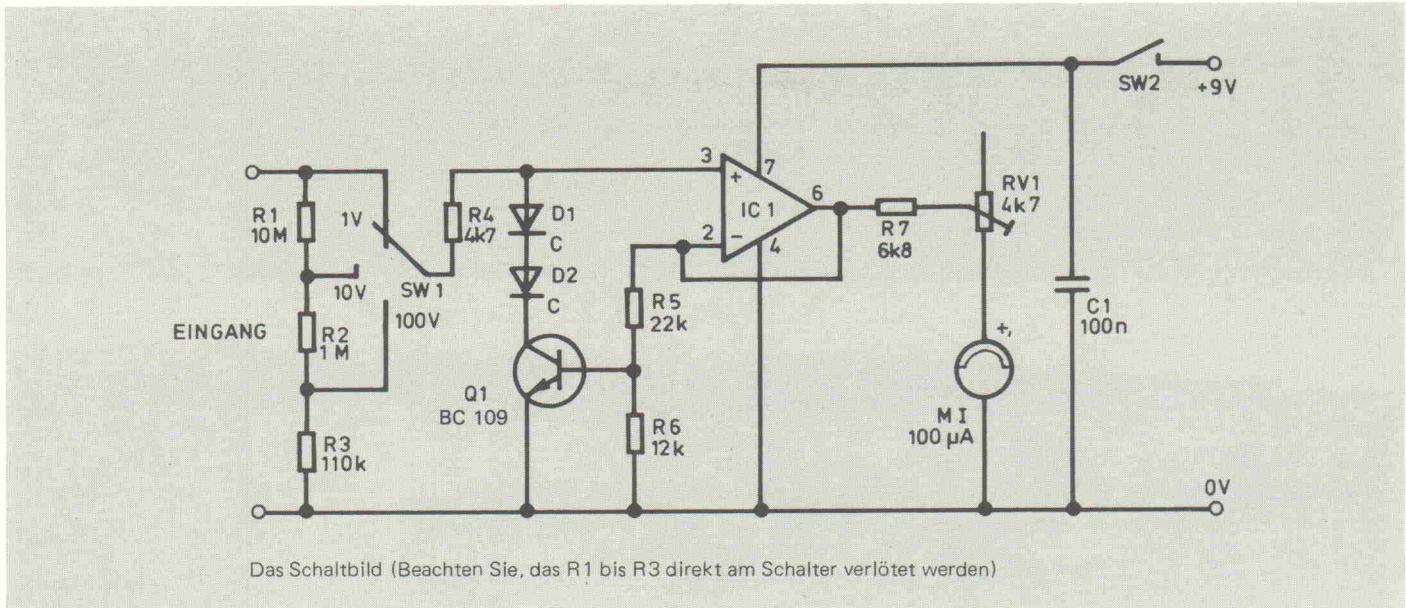
Das Herz der Schaltung ist der Operationsverstärker (IC1). Der invertierende Eingang des ICs ist direkt mit dem Ausgang verbunden, die typische Schaltung eines Impedanzwandlers. Damit ergibt sich ein sehr hoher Eingangswiderstand (theoretisch  $\infty$ ), der ja auch in unserer Schaltung gewünscht wird. Die Spannungsverstärkung ist praktisch = 1 (theoretisch muß noch die Spannung über den  $\pm$  Eingang des OPs abgezogen werden). Die Widerstände R7 und RV sowie das Instrument M1 bilden ein Voltmeter am Ausgang von IC1. Mit RV1 wird der Vollausschlag auf 1 Volt festgelegt. Da der Eingangswiderstand des ICs wesentlich höher ist als die Teilerwiderstände R1–R3, wird der Eingangswiderstand praktisch nur durch diese Widerstände bestimmt. Die Eingangsspannung wird durch die Eingangswiderstände mit den Faktoren 1, 10 und 100 geteilt.

Der Transistor Q1 hat in der Schaltung die Schutzfunktion bei Überlast. Im normalen Betrieb ist der Transistor gesperrt. Liegt aber eine wesentlich höhere Spannung als 1 V am Ausgang von IC1 wird der Transistor Q1 über die Basis durchgesteuert. Über die Dioden D1 und D2 wird die Spannung dann auf harmlose 1V4 begrenzt und Schaden vom Gerät ferngehalten. Die gesamte Stromaufnahme beträgt nur ca. 1,2mA, was eine hohe Lebensdauer der Batterie ermöglicht.

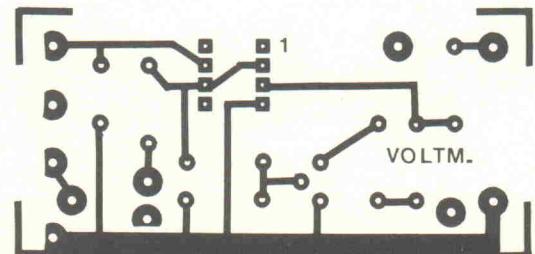
### Aufbau

Die Schaltung mit den in Bild 2 angegebenen Bauteilen ist auf einer kleinen gedruckten Platine untergebracht. Die Widerstände R1 bis R3 werden nicht auf der Platine montiert, weil es zweckmäßig ist, sie direkt am Schalter anzulöten.

Da IC1 einen FET-Eingang besitzt und gegen größere statische Aufladungen anfällig ist, sollte er zuletzt eingebaut werden, wobei man unbedingt eine IC-Fassung ver-



Der Bestückungsplan



Das Platinenlayout für das Voltmeter

### Stückliste

Widerstände 1/4 W

- R1 10M 2% oder besser (Metallfilm)
- R2 1M 2% oder besser (Metallfilm)
- R3 110k 2% oder besser (Metallfilm)
- R4 4k7 5%
- R5 22k 5%
- R6 12k 5%
- R7 6k8 5%
- RV1 Trimpot 4k7

Kondensatoren

- C1 100n

Halbleiter

- IC1 CA3140
- Q1 BC109 o. BC207
- D1, D2 1N4148

Sonstiges

- SW1 Schalter 3 Stellungen, SW2 Ein-Schalter, M1 100 μA Drehspulinstrument, Platine, 9 V Batterie, Gehäuse.

## Digitaltechnik im Experiment

Lehrgang Elektronische Datenverarbeitung  
Dipl.-Ing. H. Weidner

„Elektronische Datenverarbeitung“ ist ein Schlagwort, das wohl schon jedem einmal begegnet ist. In diesem Zusammenhang ist dann von Computern die Rede, ja sogar von Elektronengehirnen.

Was ist jedoch die elektronische Datenverarbeitung (abgekürzt EDV) wirklich? Weithin bekanntgeworden sind die elektronischen Rechenanlagen, ohne die heute kein Versandhaus, keine Bank und keine Versicherung existieren könnte.

In diesem Heft wird der Leser von Grund auf die Methoden der Digital-Technik kennenlernen. Zunächst werden einfache Techniken besprochen; aufbauend auf den logischen Verknüpfungen werden digitale Schaltungen, Register und Rechenwerke erklärt, und am Ende des Heftes weiß der Leser, wie ein Mikroprozessor funktioniert. Der Inhalt beschränkt sich jedoch nicht auf die reine Rechentechnik; viele praktische Anwendungen der Digitaltechnik, wie z. B. Zählschaltungen, Zeitmesser oder die Steuerung einer Ampelanlage, werden besprochen.

Und nun noch das Wichtigste: Dieses Heft bringt den Stoff nicht trocken wie ein Lehrbuch, sondern der Leser erwirbt seine Kenntnisse an Hand von vielen eigenen Experimenten! Jede Schaltung, jeder Versuch kann vom Leser selbst aufgebaut und ausprobiert werden.

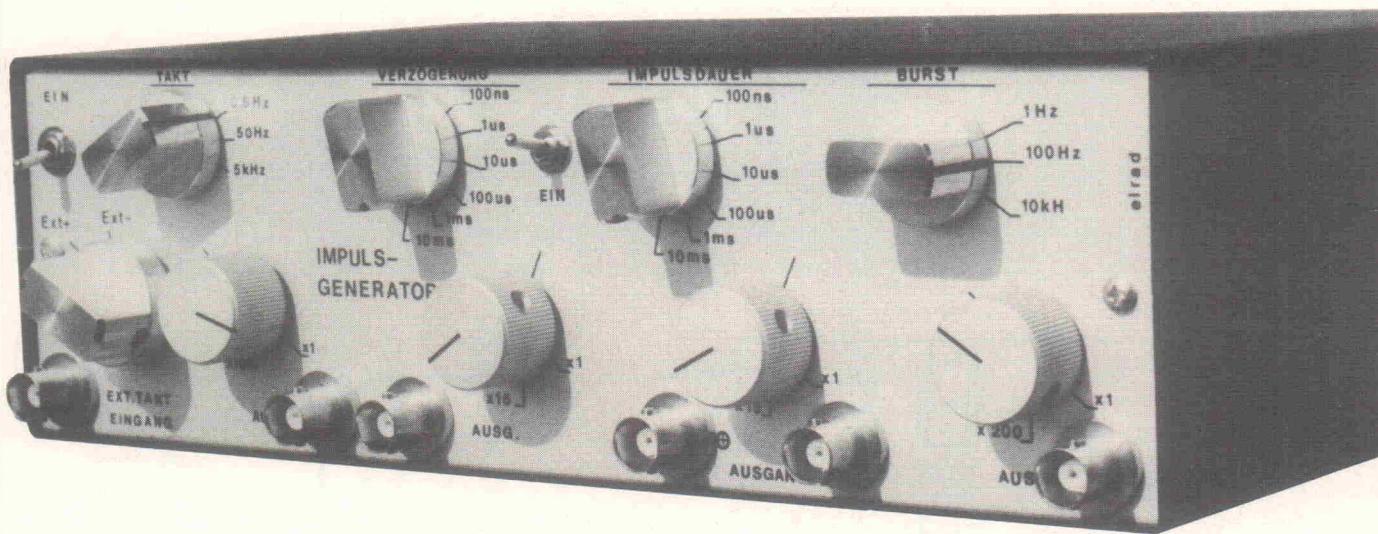
**Umfang: 48 Seiten, Preis: DM 7,80**

Lieferung erfolgt per Nachnahme (+ DM 3,— Versandkosten) oder gegen Verrechnungsscheck (+ DM 1,50 Versandkosten)

**Elrad-Versand · Postfach 2746 · 3000 Hannover 1**

# Impulsgenerator

Impulsgeneratoren finden vielfältige Anwendung in modernen Elektronikwerkstätten und Laboratorien und sollten auch im Hobbylabor nicht fehlen.



In seiner einfachsten Form kann ein Impulsgenerator zum Testen sowohl von einfachen Digitalschaltungen als auch zum Prüfen des Einschwingverhaltens von NF-(Tonfrequenz-) oder höherfrequenten Verstärkern (z. B. Ultraschall) verwendet werden. In erweiterter Ausführung, mit einem Verzögerungs-Impuls-Tonburst-Generator, kann dieses Gerät bei dem Aufbau von so ausgestorbenen Systemen wie Ultraschall-Bewegungs-Detektoren, Entfernungsmessern oder RADAR-Geräten verwendet werden.

Der Elrad-Impulsgenerator ist ein ausgesprochen vielseitiges Gerät. Es hat zwei eingebaute Impulsgeneratoren (einen Verzögerungs- und einen Impulsbreitengenerator), die im Parallel- oder Serientakt arbeiten können. Im parallelen Betrieb erzeugt die Schaltung von jedem Taktimpuls zwei unabhängig voneinander einstellbare Impulse. Bei serieller Antaktung gibt die Schaltung einen Ausgangsimpuls ab, der mit der vom Verzögerungsgenerator vorgegebenen Periodendauer durch den Taktimpuls verzögert wird. Die Impulsbreite sowie die Pausenzeit sind über den vollen Bereich von 100 nS bis 150 mS stufenlos veränderbar. Die beiden Impulsgeneratoren können entweder intern oder durch ein externes Signal angesteckt werden. Der interne Taktgenerator übersteicht den vollen Bereich von 0,5 Hz bis 500 kHz und kann sowohl di-

rekt abgenommen als auch mit externen Signalen über ein Gatter verknüpft werden. Das Taktsignal steht für externe Anwendungen an einer Ausgangsbuchse zur Verfügung.

Der Verzögerungsimpuls der Schaltung kann an einer Einzelbuchse abgenommen werden, während der Hauptimpuls in direkter oder invertierter Form an einem Buchsenpaar anliegt. Der Hauptimpuls kann auch zur Triggerung und Verknüpfung mit dem Tonburstgenerator benutzt werden. Das Tonburstsignal ist sowohl mit dem Taktsignal als auch mit der ansteigenden Flanke des Hauptimpulses voll synchronisiert und über den ganzen Bereich von 1 Hz bis 1 MHz veränderbar.

Alle Ausgänge des Gerätes sind gepuffert und kurzschlußfest. Die Ausgangs-Signale werden über TTL-Bausteine mit festen Anstiegs- und Abfallzeiten von etwa 20 nS herausgeführt. Das vollständige Gerät nimmt im Mittel etwa 40 mA auf und kann entweder über einen 6 V-Batteriesatz oder ein stabilisiertes 5V-Netzteil mit Spannung versorgt werden.

## Der Aufbau

Der Aufbau wird genau nach dem Bestückungsplan vorgenommen und dürfte keine Probleme aufwerfen. Zuerst werden die Brücken und die Kontaktstifte für die

externen Verbindungen gesetzt. Es folgen IC-Fassungen, Widerstände und Kondensatoren. Die Halbleiter werden zum Schluß bestückt.

Achten Sie auf die Polarität der Halbleiter und Elektrolytkondensatoren. Denken Sie daran, daß zwei Verbindungsleitungen auf die Platinenoberseite führen und daß auf der Unterseite mit isoliertem Schaltdraht PIN 1 von IC3 mit den PINs 1 und 2 von IC5 sowie PIN 6 von IC3 mit den PINs 9 und 10 von IC5 gebrückt werden.

## Funktionstest

Bringen Sie SW2 in die Stellung INT CLK und legen Sie das Signal von Bu 2 auf den Kanal 1 eines Zweikanalosiloskop und schalten SW7 ein. Arbeitet der Taktgenerator richtig, muß ein Rechtecksignal erscheinen, das sich mit Hilfe von RV1 und SW1 im Bereich von 0,5 Hz bis 500 kHz verändern läßt. Ist kein Taktsignal erkennbar, überprüfen Sie die Verbindungen zwischen SW2, IC6 und IC1, um den Fehler zu finden. Arbeitet alles richtig, schalten Sie SW2 in die Stellung GATED CLK und überprüfen, ob die Verknüpfung des Taktsignals mit dem Signal an Bu 1 erkennbar ist, schließlich prüfen Sie, ob die externen Taktsignale an Bu 2 liegen, wenn Sie SW 2 in die Stellungen EXT CLK+ oder EXT CLK- bringen.

Jetzt verbinden Sie Bu 3 mit Kanal 2 des Oszilloskops, wobei Sie SW2 in die Stellung INT CLK bringen und Bu 2 weiterhin mit Kanal 1 verbunden ist. Durch Synchronisation über den Kanal 1 überprüfen Sie jetzt, ob der Verzögerungsimpuls an Bu 3 synchron erzeugt wird und über den vollen Bereich durch RV2 und SW3 verändert werden kann.

Als nächstes betrachten Sie den Ausgang Bu 5 über Kanal 2 auf dem Bildschirm. Hier-

zu stellen Sie SW4 in die DELAY-OFF-Stellung und prüfen Sie, ob die Impulsbreite an Bu 5 synchron erzeugt wird und über den vollen Bereich durch RV3 und SW5 verändert werden kann.

Wenn alles funktioniert, bringen Sie SW4 in die Stellung DELAY ON und überprüfen Sie, ob die Impulsbreite in bezug auf den Takt mit Hilfe von RV2 und SW3 verzögert werden kann und außerdem, ob an Bu 6 das invertierte Ausgangssignal zur Verfügung steht.

Zuletzt überprüfen Sie, ob ein mit dem Tonburst verknüpftes Signal an Bu 4 verfügbar ist und ob sich die Tonfrequenz über den vollen Bereich durch RV4 und SW6 verändern lässt.

Wenn Sie die obengenannten Funktionsprüfungen durchführen, beachten Sie, daß die Impulsdauer (oder Summe der Impulsdauer bei Verzögerungsbetrieb) immer kleiner als die Periode des Taktsignals sein muß und die Periode des Tonsignals kleiner als die Impulsbreite.

## Stückliste

Widerstände 5%, 1/4 W

R1	22k
R2	10M
R3	1k0
R4	4k7
R5, 7, 10, 11, 12	47R
R6, 8	1k5
R9	10k

Potentiometer

RV1	22k Log.
RV2, 3	22k Lin.
RV4	2M2 Log.

Kondensatoren

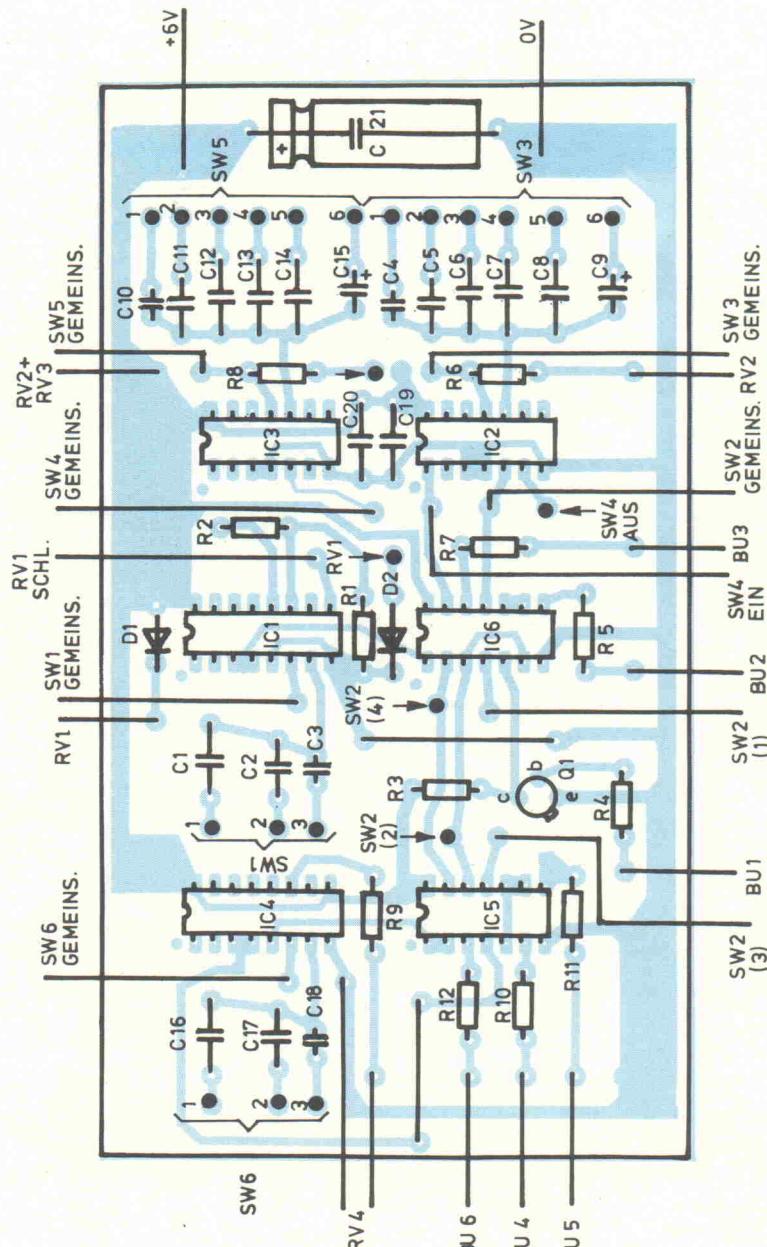
C1, 8, 14, 16	1 $\mu$ 0 MKH
C2, 6, 12, 17	10n Styroflex
C3, 18	47p Keramik
C4, 10	82p Keramik
C5, 11	1n0 MKH
C7, 13, 19, 20	100n MKH
C9, 15	10 $\mu$ 16V Tantal
C21	1000 $\mu$ 10V liegend

Halbleiter

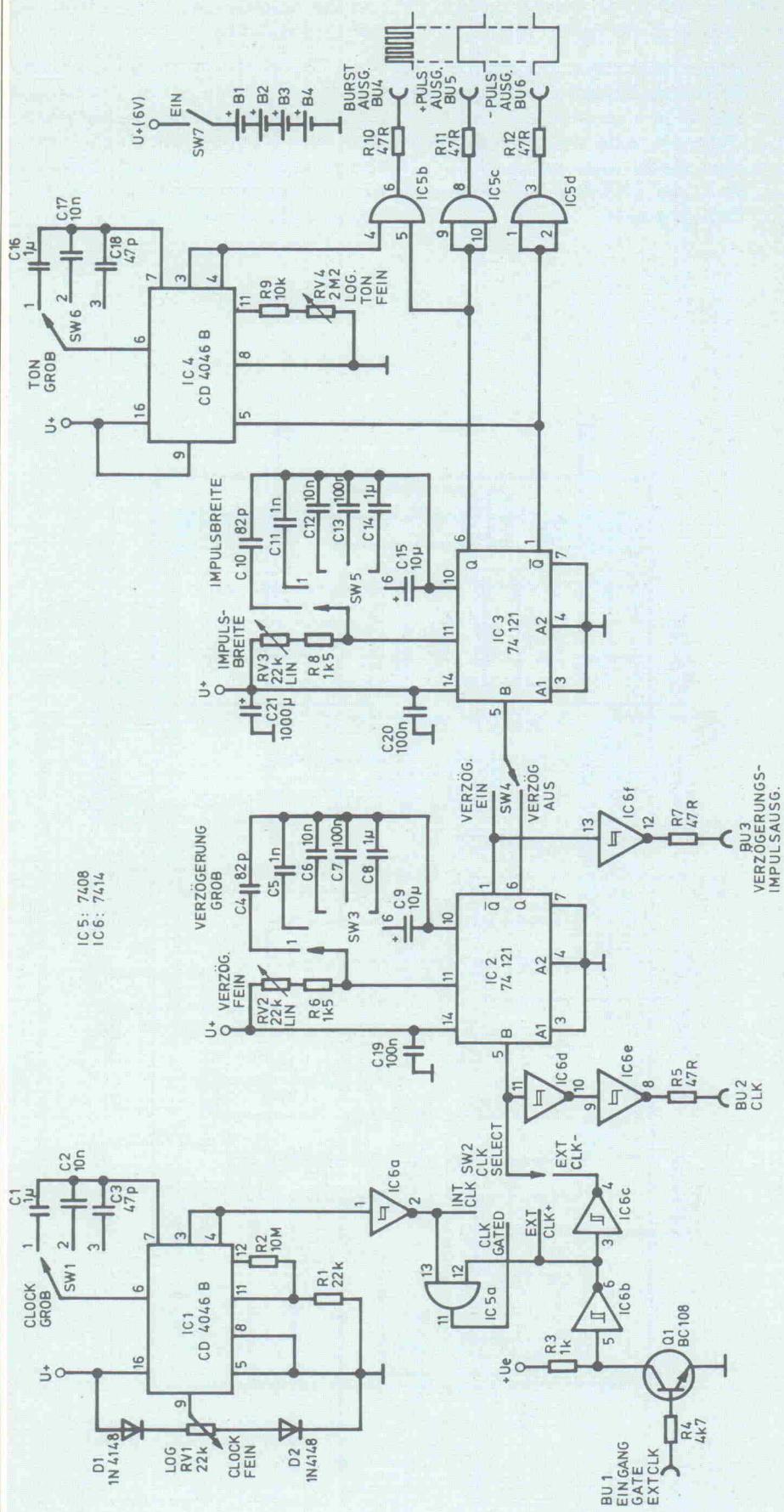
IC1, 4	CD4046B
IC2, 3	74121N
IC5	7408N
IC6	7414N
Q1	BC108
D1, 2	1N4148

Sonstiges

Platine, Gehäuse, SW1 und SW6  
Drehschalter 1 x 3, SW2 Dreh-  
schalter 1 x 4, SW3 und SW5 Dreh-  
schalter 1 x 6, Batterie 6 V oder  
Netzteil 5 V, BNC-Buchsen.



Der Bestückungsplan [bitte beachten Sie die Brücken auf der Unterseite der Platine. Von Pin 6 (IC3) → Pin 9 und 10 (IC5) und Pin 1 (IC3) → Pin 1 und 2 (IC5)].



## Wie funktioniert's?

Die Schaltung besteht aus einem Taktgenerator (IC1), zwei Impuls generatoren (IC2 und IC3), einem über ein Gatter verknüpften Tongenerator (IC4) sowie einigen Gattern und Invertern. Die beiden Impuls generatoren bilden das Herz dieses Projektes. Sie sind mit dem TTL Monoflop 74 121 aufgebaut. In unserer speziellen Anwendung werden diese Monoflops durch die positive Flanke des Taktsignals, das an PIN 5 geführt ist, getriggert. Sie geben dann einen Ausgangsimpuls ab, dessen Dauer durch die RC-Zeitglieder an PIN 10 und 11 bestimmt wird.

Beachten Sie, daß der positive Ausgangsimpuls von PIN 6 und der negative oder invertierte Impuls von PIN 1 kommt. Dadurch werden beide Monoflops zur gleichen Zeit getriggert, wenn die Triggerung von IC3 durch PIN 6 von IC2 erfolgt (effektive Parallelanaktung). Der Impuls von IC3 kann deshalb in bezug auf das Haupttaktsignal nicht verzögert werden. Wenn IC3 jedoch von IC2 durch PIN 1 getriggert wird, verzögert sich der Impuls von IC3 in bezug auf das Haupt signal. In der Praxis sind der Haupt und Verzögerungsimpuls über den gesamten Bereich von 100 nS bis 150 mS unabhängig voneinander einstellbar.

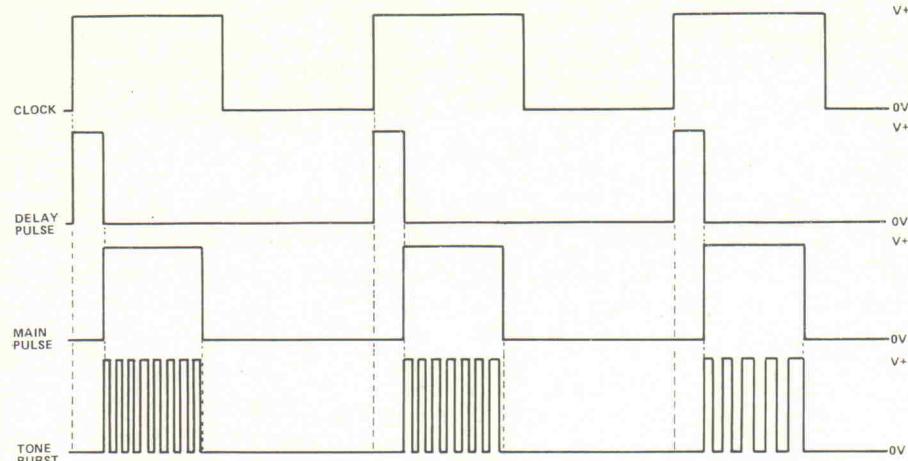
Der Impulsgenerator kann entweder durch den internen Taktgenerator (IC1) oder ein externes Takt signal angetaktet werden. Der interne Taktgenerator ist um die VCO Innenschaltung einer 4046 B PLL Schaltung (Phasensynchronisation) aufgebaut und überdeckt den Frequenzumfang von 0,5 Hz bis 500 kHz durch drei mit Schalter anwählbare Bereiche. Jeder Bereich ist nähernd im Verhältnis 200:1 mit einem Poti durchstimmbar. Der Ausgang von diesem Generator wird über IC6a gepuffert (ein TTL-Inverter mit Schmitt-Trigger Funktion) und kann zur Antaktung des Impulsgenerators entweder direkt oder über das UND-Gatter IC5a benutzt werden. Im zuletzt genannten Fall muß das Gatter-Ausgangssignal von IC6a mit einem von Bu 1 kommenden externen Signal über das UND-

Gatter IC5a verknüpft werden. Externen Gatterausgangs- oder Takt-signale können an Bu 1 angelegt werden. Diese Signale werden über Transistor Q1 verstärkt und invertiert und durch IC6b nochmals invertiert und aufbereitet. Das sich ergebende Signal kann je nach Stellung von SW2 entweder über IC5a mit dem internen Taktsignal verknüpft werden oder wird direkt zur Triggerung des Impulsgenerators benutzt. In der Stellung EXT CLK+ von SW2 befinden sich die erzeugten Impulse in Phase mit dem externen Taktsignal und bei Stellung EXT CLK- in Gegenphase. Dieses gegenphasige Signal steht nach doppelter Invertierung durch IC6d und IC6e an Bu 2 zur Verfügung.

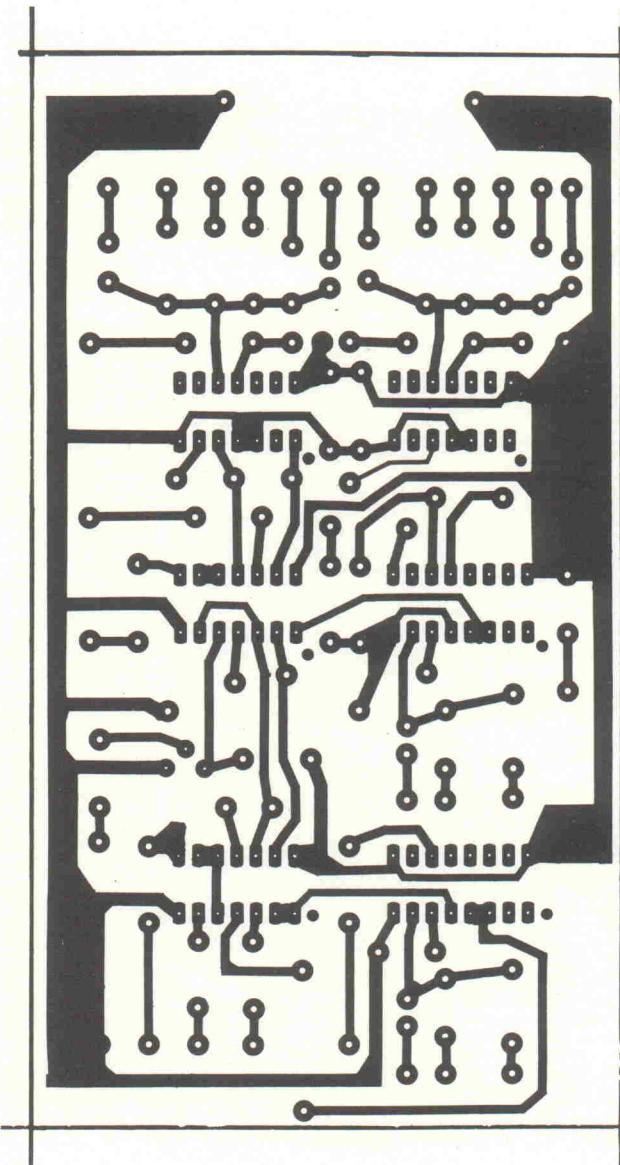
Der Ausgangsimpuls des Verzögerungs-Schaltkreises IC2 wird über IC6f gepuffert und kann an Bu 3 abgenommen werden. Gleichzeitig werden der direkte und invertierte Hauptausgangsimpuls über den Puffer IC5c und IC5d an Bu 5 bzw. Bu 6 geführt. Ein Tonburst-Signal ist an Bu 4 verfügbar und wird wie folgt erzeugt:

IC4 ist ein Breitband-Rechteckgenerator, der mit der VCO-Innenschaltung des CMOS ICs 4046 B aufgebaut wurde. Dieser Generator hat einen Frequenzumfang von 1 Hz bis 1 MHz mit drei durch einen Schalter vorwählbaren, sich überlappenden Bereichen. Jeder Bereich ist durch RV4 im Verhältnis 200:1 einstellbar. Der Ausgang dieses Oszillators ist auf einen Eingang des UND-Gatters IC5B geführt, während der andere mit dem positiven Impuls ausgang von IC3 verbunden ist. IC4 wird nur dann freigegeben, wenn PIN 5 auf logisch 'L' liegt. In unserer Schaltung ist PIN 5 direkt mit dem invertierten Impuls ausgang von IC3 verbunden, folglich sind die Signale von IC4 präzise mit den Taktsignalen des Impulsgenerators synchronisiert und haben die gleiche Burstdauer wie die Impulslänge von IC3.

Der vollständige Impulsgenerator hat eine mittlere Stromaufnahme von etwa 40 mA und kann entweder durch einen 6 V-Batteriesatz oder ein stabilisiertes 5 V-Netzteil mit Spannung versorgt werden.



Die Impulsdiagramme



Das Platinenlayout

# CMOS Logik-Tester

Immer wieder stellt man beim Überprüfen von Logikschaltungen fest, daß das richtige 'Handwerkzeug' fehlt. Dabei kann ein sogenannter Logiktester manchmal sogar den teuren Oszilloscopen ersetzen. Unser speziell für CMOS-ICs ausgelegter Tester zeigt exakt gültige 'High'- oder 'Low'-Pegel sowie ungültige Spannungen und offene Kreise an. Die nötige Spannung bezieht der Stift von der untersuchten Schaltung.

## H', L' oder gar nichts

Ohne Eingangssignal bleibt die interne Stromquelle abgeschaltet, und keine der LEDs leuchtet. Bei einem gültigen Signalpegel wird dagegen eine der beiden LEDs leuchten.

Liegt das Eingangssignal zwischen 30 und 70 Prozent der Versorgungsspannung, also außerhalb der allgemein gültigen Werte für CMOS-Logik ICs, werden beide LEDs leuchten. Dies geschieht ebenfalls bei einem oszillierenden Eingangssignal. Wir haben zwar keine Vorkehrungen für die Erkennung kurzzeitiger Impulse getroffen, aber man kann die Schaltung mit einem einfachen 555er Monoflop nachrüsten. Wenn sie von Pin 10, IC2 getriggert wird, kann sie sowohl positive als auch negative Flanken detektieren.

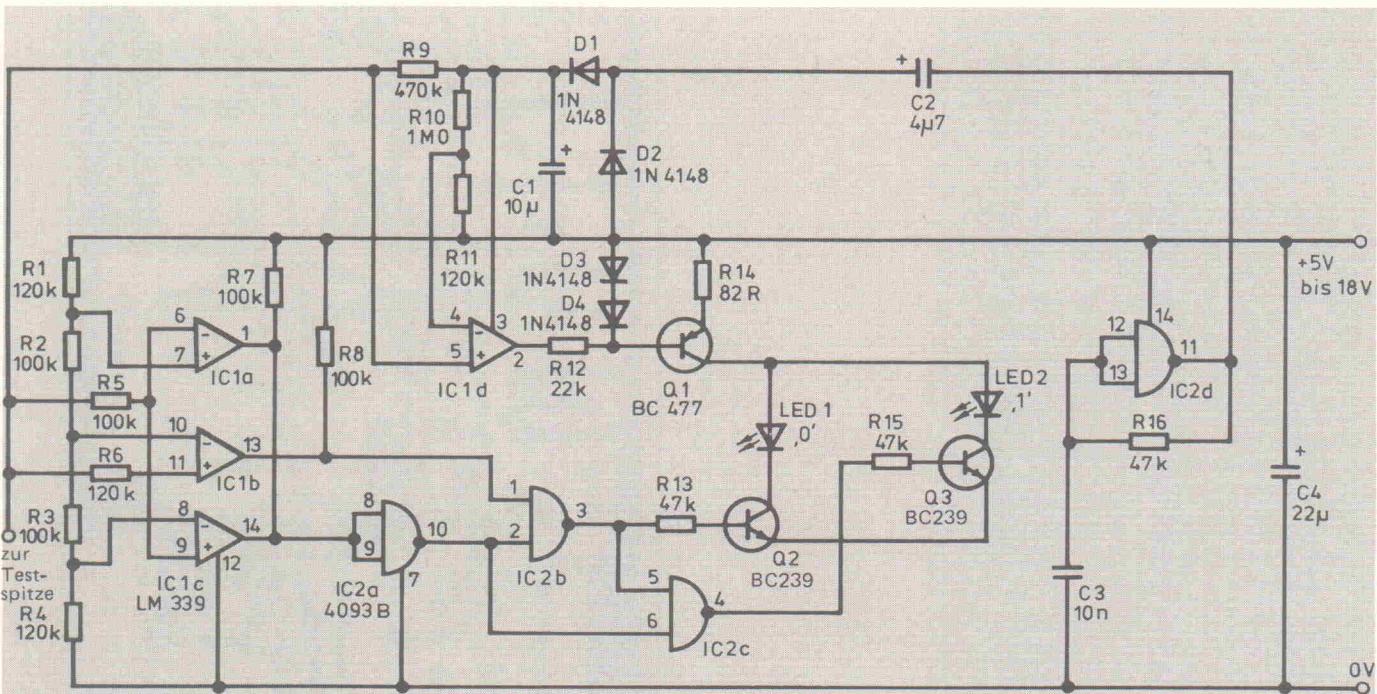
## 2 Chips, 2 LEDs

Die Verwendung eines Quad-Komparator ICs und eines Quad-NAND-Gatters mit Schmitt-Trigger-Eingängen ermöglichte ein sehr durchdachtes Verhalten mit nur einer Handvoll IC-Chips und Transistoren. Sie sollten die angegebenen Transistoren verwenden, denn wir haben sie wegen ihrer hohen minimalen Stromverstärkung spezifiziert. Bei den LEDs sind sie nicht so festgelegt, Sie können beliebige Typen oder Farben verwenden. Der LED-Strom ist durch R14 bestimmt, Sie können seinen Wert verkleinern, wenn Sie eine hellere Anzeige haben wollen. Bei den angegebenen Widerstandswerten fließt ein Strom zwischen 10 und 15mA in Abhängigkeit von der Größe der Versorgungsspannung. Wir haben eine Kon-

stantstromquelle zum Treiben der LEDs vorgesehen, um das Problem zu hoher LED-Ströme bei hohen Versorgungsspannungen zu vermeiden.

Obwohl CMOS-Schaltkreise bereits bei 3V Versorgungsspannung einwandfrei arbeiten, waren wir der Meinung, daß es nicht lohnt, den notwendigen zusätzlichen Aufwand zu treiben, um ein einwandfreies Funktionieren unseres Testers bei diesem Spannungswert zu gewährleisten. Wir haben mit unserem Prototypen gute Ergebnisse zwischen 4,5V und 18V erhalten.

Wenn Sie die von uns abgedruckte Platine verwenden, kann beim Aufbau eigentlich nichts schiefgehen. Natürlich können Sie den Aufbau auch 'zu Fuß' machen. Halten Sie die Verbindungsleitungen kurz,

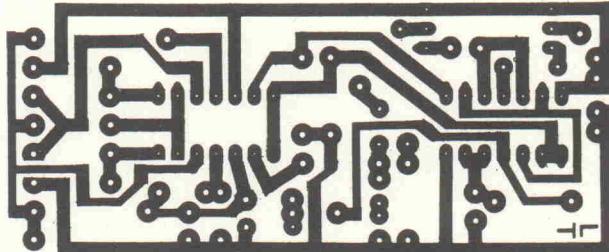
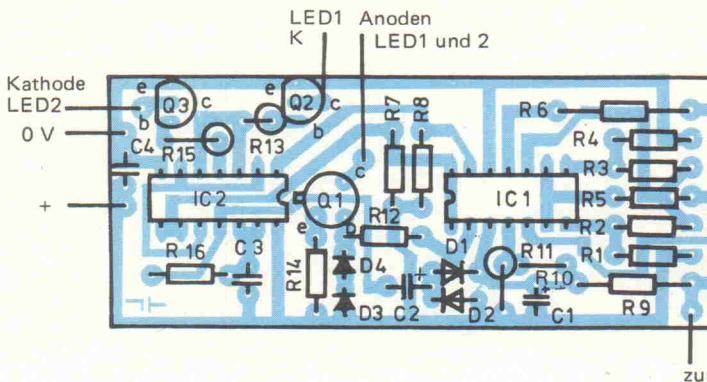


Das komplette Schaltbild

insbesondere die an den Komparatoreingängen. Für die höheren Kapazitäten haben wir Tantalkondensatoren mit 35V Spannungsbereich eingesetzt. Sie sind sehr klein und wirkungsvoll und die zusätzliche Geldausgabe wert. Sie können

die Schaltung in eine kleine Verobox einbauen oder irgendein anderes kleines Gehäuse verwenden. Wie auch immer Sie es anstellen, der CMOS-Logik-Tester ist eine wertvolle Ergänzung Ihrer Test- und Meßinstrumente und zahlt sich bei der

Fehlersuche in CMOS-Schaltungen sehr schnell aus.



Bestückungsplan (links) und Platinenlayout (rechts) für den Logik-Tester.

## Wie funktioniert's

Der gültige Bereich für CMOS-Logikpegel liegt unter 30% ('L') und über 70% ('H') der Versorgungsspannung. Wir haben vier Komparatoren vorgesehen, um festzustellen, ob die Eingangsspannung die richtige Polarität hat und in einem der beiden gültigen Bereiche liegt. Ein offener Stromkreis kann mit der Schaltung ebenfalls festgestellt werden.

Das Gatter IC2d ist als Oszillatator mit einer Frequenz zwischen 1 kHz und 5 kHz geschaltet, abhängig von den Bauteiltoleranzen und der Versorgungsspannung. Sein Ausgang ist kapazitiv an den Diodenkreis D1, D2 gekoppelt. Über C1 baut sich eine Spannung zwischen 3 und 15 V auf, jedenfalls größer als die positive Versorgungsspannung. Damit wird die Versorgung für den LM 339 Quad-Komparator gebildet. IC1d vergleicht die Eingangsspannung an der Messspitze mit einer Spannung, die etwas höher als die positive Versorgungsspannung ist. Solange der Eingang offen ist, bleibt der Ausgang von IC1d abgeschaltet. Wenn am Eingang eine Spannung mit einem Wert innerhalb des Versorgungsbereiches anliegt, schaltet der Komparator auf 'Low', es fließt ein Strom durch R12, und damit wird

die Konstantstromquelle Q1 aktiviert. Dies bedeutet, daß bei offenem Eingang Q1 gesperrt ist und damit keine der LEDs leuchten kann.

Die Komparatoren IC1a und IC1c sind konventionell mit einem Fensterbereich an ungültigen Spannungen geschaltet. Solange die Eingangsspannung in einem ungültigen Bereich liegt, bleibt der Ausgang dieser beiden Komparatoren hoch. Dieses Signal wird durch IC2a invertiert, damit schalten IC2b und IC2c hoch, steuern Q2 und Q3 durch, und beide LEDs leuchten. Ein oszillierendes Signal am Eingang bringt die LEDs ebenfalls zum Leuchten.

Solange eine gültige Eingangsspannung anliegt, bleibt der Ausgang von IC2a hoch, und LED1 oder LED2 leuchten je nach dem Pegel des Eingangssignals. Der Komparator IC1b wird benutzt, um die Eingangspolarität festzustellen, indem man sie mit der halben Versorgungsspannung an der Verbindung von R2 und R3 vergleicht. Anzumerken bleibt noch, daß das zu testende Gatter einen Strom von etwa 50 µA über die positive Hilfsspannung und den dazugehörigen Vorwiderstand R9 erhält, wenn es gerade auf einer logischen '0' steht.

## Stückliste

Widerstände 1/4W, 5%
R1,4,6,11 120k
R2,3,5,7,8 100k
R9 470k
R10 1M0
R12 22k
R13,15,16 47k
R14 82R

Kondensatoren
C1 10µ 35V Tantal
C2 4µ7 35V Tantal
C3 10n Keramik
C4 22µ 35V Tantal

Halbleiter
IC1 LM339
IC2 CD4093B
Q1 BC477
Q2,3 BC169, BC239
D1-D4 1N4148
LED 1,2 LED 5 mm

Sonstiges
Gehäuse, Platine

# FM-Stereotuner

Passend zum Kompakt-Verstärker folgt nun der Stereotuner für hohe Ansprüche mit Frequenzvorwahl und manuellen Einstellungsmöglichkeiten, LED-Frequenzskala und Amplitudenanzeige. Das Gerät besitzt außerdem eine automatische Suchlaufschaltung und eine LED-NF-Pegelanzeige.

Das Herz dieses ungewöhnlichen FM-Stereotuners ist ein fertig aufgebautes Tunermodul mit der Bezeichnung 7254 von Larsholt. Der Tuner ist mit Varicap-Dioden (Kapazitätsdioden) aufgebaut, wodurch über eine einstellbare Gleichspannung abgestimmt werden kann.

Es sind gerade eine Handvoll Bauelemente und ein stabilisiertes 12V-Netzteil notwendig, um zusammen mit dem Modul einen funktionstüchtigen Tuner aufzubauen. Mit Schaltern wird die Stummschaltung (muting), die automatische Frequenzkontrolle (AFC) und der Mono/Stereo-Betrieb gewählt. Das NF-Ausgangssignal des Moduls (ungefähr 200 mVeff) kann direkt in den Eingang eines Stereovorverstärkers eingespeist werden.

## Die Abstimmanzeige

Im hier beschriebenen Tuner haben wir für das Basismodul 7254 verschiedene Abstmöglichkeiten vorgesehen. Zum einen können fünf feste Stationen mit Potentiometern voreingestellt werden und zum anderen ist auch die normale Abstimmung mit Hilfe eines 10-Gang-Potentiometers möglich. Bei diesem Gerät können die FM-Sender aber auch mit Hilfe einer speziellen Suchlaufschaltung gefunden werden. Der Suchlauf stoppt dann selbsttätig auf der Sendefrequenz starker FM-Stationen. Über 'Suchtasten' kann diese

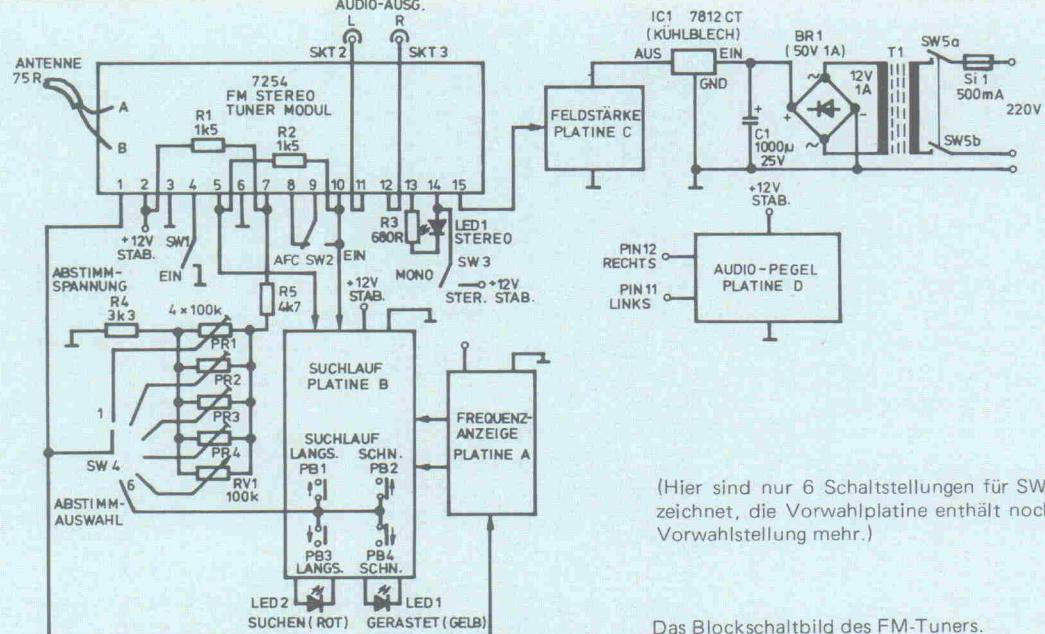
Schaltung so eingestellt werden, daß die ungefähre Position einer gewünschten Station sehr schnell gefunden wird oder daß unerwünschte Stationen unterdrückt werden. Unser FM-Tuner ist so ausgelegt, daß der Frequenzbereich von 87,5–104,5 MHz überdeckt wird. Die Frequenzskala besteht aus einer LED-Zeile mit 30 Leuchtpunkten. Alternativ dazu kann auch eine speziell von Larsholt gefertigte digitale LCD-Frequenzanzeige (Typ 9005-A) benutzt werden. Außerdem besitzt das Gerät eine Feldstärkeanzeige und für jeden Kanal eine NF-Pegelanzeige. Diese Anzeigen bestehen jeweils aus LED-Zeilen mit 10 Leuchtpunkten. Das vollständige Gerät mit allen Optionen wirkt besonders im Suchlaufbetrieb mit all den festen und veränderlichen Leuchtanzeigen sehr interessant. Als Erweiterung folgt dann im nächsten Heft noch eine Ratio-Mittenanzeige.

## Der Aufbau

Wir nehmen stark an, daß Sie jede Einheit (mit oder ohne Optionen) des Gerätes vor dem Einbau in das endgültige Gehäuse einmal überprüfen. Am besten fangen Sie mit dem Aufbau des Netzteiles an. Es muß überprüft werden, ob eine stabile Spannung von 12V am Ausgang von IC1 auftritt.

Anschließend beschalten Sie das 7254-Modul vorübergehend so, wie im ursprünglichen Bestückungs- und Anschlußplan angegeben. Folgende Bauelemente müssen angeschlossen werden: R1, R2, R3, LED1, SW1, SW2, SW4, PR1 bis PR5, RV1, R4, R5. Beachten Sie, daß wir in unserem Prototyp 7 selbstverriegelnde Drucktasten (einschließlich der einen für den automatischen Suchlauf) für SW4 verwendet haben. Sie besitzen zusammen mit den Vielgangtrimmern PR1–5 eine eigene Leiterplatine. Verbinden Sie nun die Tunereinheit mit dem 12V-Netzteil, die NF-Ausgänge mit einer Vor- und Leistungsverstärkerkombination und schließen Sie eine Antenne an (1–2 m Draht sollten für den Probebetrieb ausreichen). Jetzt wird eingeschaltet. SW4 kommt in Stellung 6 (manuelle Abstimmung), SW1 (muting) wird ausgeschaltet, ebenfalls SW2 (AFC). Mit SW3 (Mono/Stereo) in Stellung 'Mono' können Sie jetzt überprüfen, ob die Einheit mit RV1 durchgestimmt werden kann. Achten Sie auch darauf, daß die Rauschunterdrückung zwischen den Stationen wirksam ist, wenn SW1 eingeschaltet wird. Falls notwendig, kann die Güte der Rauschunterdrückung am 100 k-Potentiometer des 7254-Moduls wie gewünscht eingestellt werden.

Nun wird überprüft, ob die Einheit auch



Das Blockschaltbild des FM-Tuners.

in den 5 Vorwahlstellungen des Schalters SW4 funktioniert. Nach Umschaltung von SW3 auf Stereobetrieb muß LED1 aufleuchten, wenn eine in Stereo sendende Station eingestellt wird. Außerdem darf das Rauschen nicht übermäßig anwachsen. Gegebenenfalls kann es mit dem 10 k-Potentiometer des 7254 Moduls so beeinflußt werden, daß ein einwandfreier Stereobetrieb zustande kommt.

Anschließend wird die LED-Frequenzskala auf Platine 'A' aufgebaut. Die quadratischen LEDs werden horizontal installiert. Die LEDs sollten mit großer Sorgfalt eingesetzt werden, damit ihre Leuchtflächen in einer Ebene liegen.

Nach Fertigstellung wird die LED-Zeile an das Netzteil und Pin 1 des 7254-Moduls angeschlossen. Mit PR2 soll jetzt die Spannung zwischen Punkt 'A' und Masse auf 1,75 V eingestellt werden. Überprüfen Sie, ob der gesamte Skalenbereich mit RV1 bei manueller Abstimmung erfaßt werden kann.

## Automatischer Suchlauf

Die Schaltung für den automatischen Suchlauf ist ebenfalls eine Option. Sie muß sehr sorgfältig abgeglichen werden. Die Platine wird entsprechend Bestückungsplan aufgebaut. Für die Kondensatoren C1a,b müssen verlustarme Tantalkondensatoren verwendet werden. Zur Funktionsprüfung wird die Brücke auf der Platine vorübergehend entfernt, der Anschluß an die Tunerschaltung durchgeführt, die automatische Frequenzkontrolle (SW2) ausgeschaltet und SW4 in Position 'auto' gebracht. Sowohl mit den 'schnellen' als auch mit den 'langen' Suchtasten (PB1-4) muß die gesamte Frequenzskala durchstimmbar sein. Wenn alles in Ordnung ist, wird die Brücke wieder eingefügt.

Nun wird mit SW4 der manuelle Betrieb gewählt und mit RV1 eine genügend starke Station eingestellt. Anschließend erfolgt ein sorgfältiger Abgleich mit PR2, so daß gerade dann ein Übergang vom 'Such'- in den 'Stop'-Betrieb (Such-LED 22 erlischt, Stop-LED23 leuchtet auf) erfolgt, wenn die Feldstärkeanzeige den Maximalwert überschreitet.

Dieser Vorgang sollte mehrere Male wiederholt werden, um sicherzugehen, daß die Stop-LED als Maximalwertanzeiger für die Feldstärkeanzeige fungiert.

Nun wird SW4 in Stellung 'automatische Abstimmung' gebracht und mit PB4, dem 'schnellen Rechtslaufknopf', die Skalenanzeige ganz rechts eingestellt. Danach wird PB4 losgelassen. Jetzt stimmt der

automatische Suchlauf den Tuner langsam nach links durch, bis ein starker Sender gefunden ist. Ist dessen Feldstärkemaximum gerade überschritten, leuchtet die Stop-LED 23 auf. Auch danach kann gelegentlich die Such-LED kurzzeitig aufleuchten. Das passiert immer dann, wenn ein Puls zur Korrektur der Frequenzabstimmung erzeugt wird. Durch vorsichtige Einstellung von PR2 wird die gleiche Wirkung erzielt.

Der automatische Suchlauf erfolgt stets von rechts nach links und stoppt nur dann vollständig, wenn ein ausreichend starker Sender gefunden wird (vorübergehendes Stoppen ist auch bei schwachen Sendern möglich). Um eine gewünschte Station schnell zu finden, kann mit den Suchknöpfen ein Vorabgleich durchgeführt werden, der etwas links von der gesuchten Station liegt. Im automatischen Suchlaufbetrieb muß die AFC abgeschaltet sein.

## Stereo NF-Pegel-Anzeige

Die Stereo NF-Pegelanzeige ist eine weitere Option und gibt die Größe der Tunerausgangssignale an. Die Schaltung dazu wird auf den Platinen 'Dr' und 'DI' aufgebaut. Die Anzeige besteht wiederum aus 10 quadratischen LEDs pro Kanal. Die Einstellung von Höhe und Abstand erfolgt genauso wie bei der Feldstärkeanzeige. Zur Überprüfung der Einheit wird der OV-Punkt direkt an die Masse des Netzteils angeschlossen. Dann wird PR1 (auf Platine 'DI') so eingestellt, daß die Anzeige gerade nicht übersteuert, wenn starke NF-Signal-Spitzen auftreten.

### Feldstärkeanzeige

Als nächstes kann die LED-Feldstärkeanzeige (Option) auf Platine 'C' aufgebaut werden. Wieder werden rechteckige LEDs verwendet.

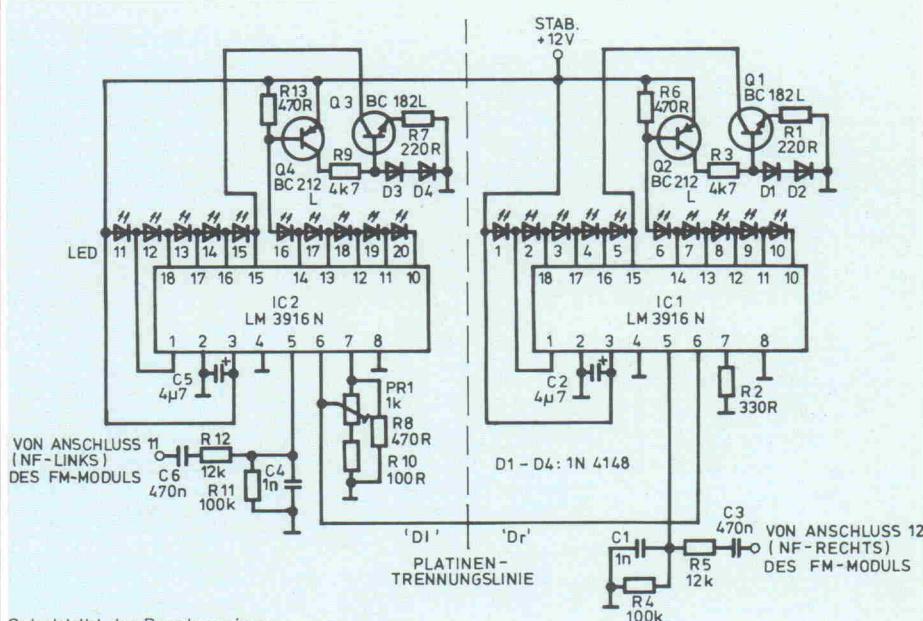
In diesem Fall werden die LEDs senkrecht eingebaut. Besondere Sorgfalt ist auch hier notwendig, um die LEDs im richtigen Abstand zu fixieren. Achten Sie dabei auf gleiche Abstände zur ersten und letzten LED. Sind diese Arbeiten abgeschlossen, dann wird die Anzeigeeinheit an das Netzteil und das 7254-Modul angeschlossen.

Die Überprüfung erfolgt wieder bei manueller Abstimmung. PR1 wird so eingestellt, daß bei gerade noch ausreichendem Antenneneingangssignal nur die unterste LED anspricht. Unter den meisten Empfangsbedingungen werden dann in der Regel nur die untersten drei bis sieben LEDs aufleuchten.

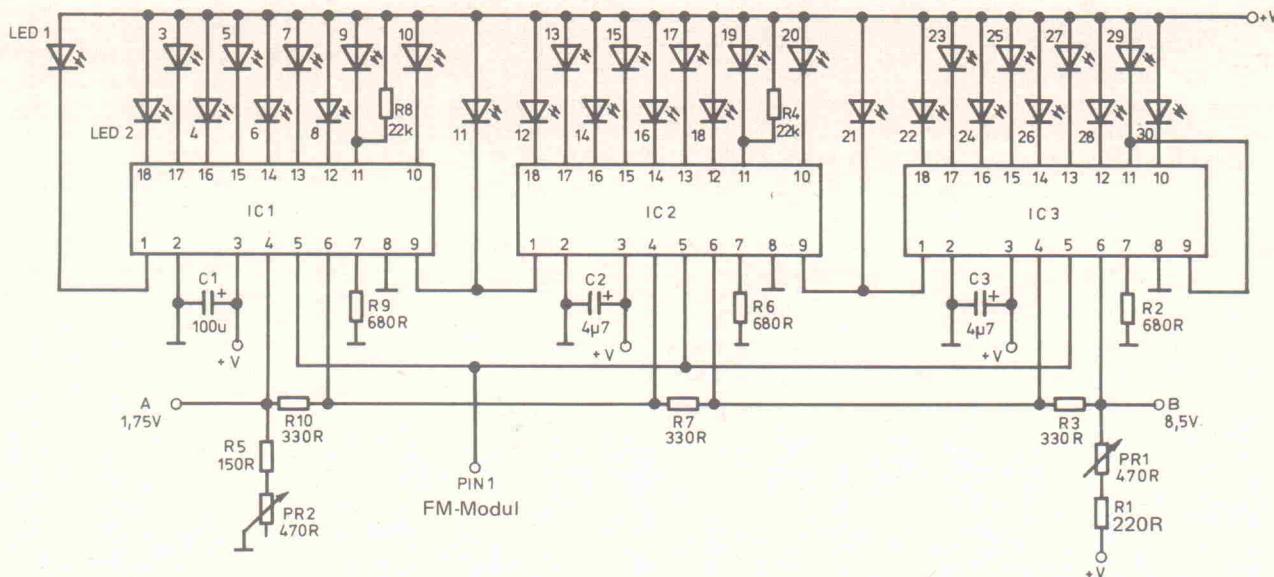
## Das Gehäuse

Wenn alle Module des Gerätes bei freier Verdrahtung überprüft worden sind, können sie in das endgültige Gehäuse eingebaut werden. Achten Sie darauf, daß die Versorgungsleitungen aller Einheiten sternförmig direkt an die Anschlüsse des Netzteiles geführt werden, um Brummschleifen zu vermeiden.

Wir haben das gleiche Gehäuse wie beim Kompaktverstärker benutzt (siehe Stückliste). Ein entsprechender Frontplattenentwurf folgt im nächsten Heft. Ebenfalls wollen wir in einem der nächsten Hefte den Tuner mit einer Mittenanzeige noch ergänzen.



Schaltbild der Pegelanzeigen.



Die Frequenzskala (Platine A).

### Wie funktioniert's?

Das Herzstück des FM-Empfängers ist ein fertig aufgebautes Larsholt FM-Stereotuner-Modul vom Typ 7254 mit eingebauten Varicap-Dioden. Sie werden mit einer externen Gleichspannung an Pin 1 des Moduls durchgestimmt.

Im hier beschriebenen Gerät kann die Abstimmspannung sowohl über einen Spannungsteiler (R1–R5–PR1 bis PR5–RV1–R4) aus der stabilisierten 12 V-Versorgung oder in der automatischen Suchlaufschaltung erzeugt werden. In beiden Fällen wird zur Anzeige der Abstimmspannung ein aus 30 LEDs bestehendes 'Voltmeter' als Frequenzskala benutzt.

Das 7254 Tunermodul hat eine Reihe nützlicher Ausgangsanschlüsse. An Pin 7 wird eine AFC-Spannung erzeugt, die zusammen mit dem Abstimm-Spannungsteiler zum Halten eingestellter Sender verwendet werden kann. An Pin 15 tritt ein feldstärkeproportionales Signal auf, mit dem im hier beschriebenen Gerät die aus 10 LEDs aufgebaute Feldstärkeanzeige gesteuert wird.

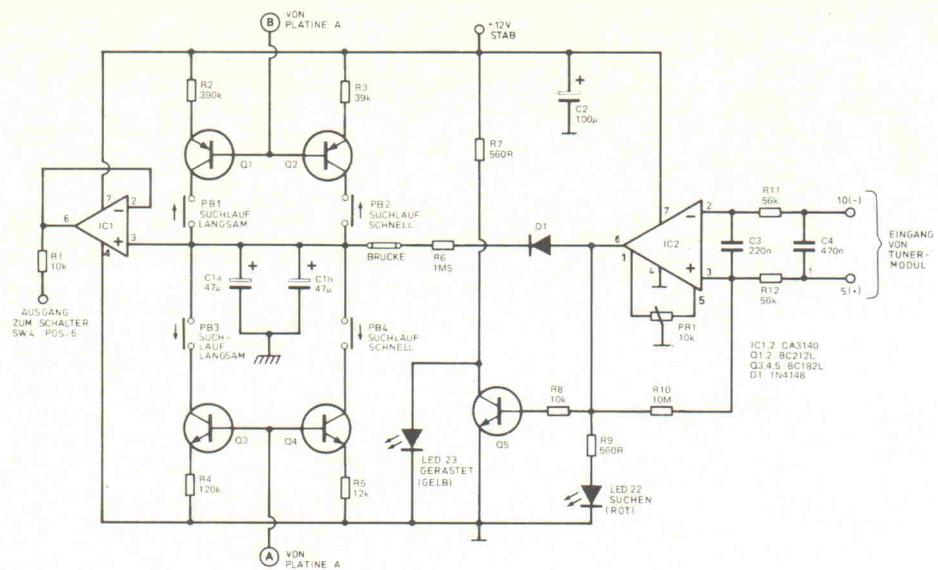
Feldstärkeabhängige Steuersignale werden zwischen Pin 5 und 10 erzeugt. Sie werden hier benutzt, um die automatische Suchlaufschaltung zu steuern. An Pin 11 und 12 können die decodierten Stereo-Signale abgenommen und auf NF-Pegelanzeigen und nachfolgende Stereo-Vor- und Leistungsverstärker gegeben werden. Die aus 30 LEDs

bestehende Frequenzskala ist nichts anderes als ein erweitertes LED-Voltmeter, das mit drei in Serie geschalteten LM3914 (IC zur Ansteuerung von LED-Zeilen), die im Punktmodus betrieben werden, aufgebaut ist. Die untere und obere Grenze der Spannungsskala wird durch feste Referenzspannungen festgelegt, die in Pin 4 von IC1 (1,75V) und Pin 6 von IC3 (8,5V) und über den aus PR2–R5–R10–R7–R3–PR1–R1 bestehenden Spannungsteiler eingespeist werden. Das Eingangssignal des LED-Voltmeters wird von Pin 1 des Tunermoduls abgenommen und gelangt auf die Pins 5 von IC1 . . . IC3. Diese Spannung ist der eingestellten Frequenz direkt proportional. Daher arbeitet das LED-Voltmeter als Frequenzskala. Die aus 10 LEDs bestehende Feldstärkeanzeige ist ebenfalls ein erweitertes LED-Voltmeter mit dem IC LM3914. In diesem Fall arbeitet das IC jedoch im Leuchtbetrieb. Die obere und untere Grenze der Skala wird wieder durch feste Spannungen bestimmt, die den Pins 4 bzw. 6 der verwendeten ICs zugeführt werden. Die Eingangsspannung für diese Anzeige stammt von Pin 15, dem Signalstärke-Ausgang des Tunermoduls.

Die Stereo-NF-Regelanzeigen bestehen aus zwei nahezu identischen logarithmischen Voltmetern mit je 10 LEDs. Jedes Voltmeter ist mit einem IC vom Typ LM3916 aufgebaut. Es handelt sich um eine VU-Version des LM3914. Die Empfindlichkeit wird mit PR1 (Platine 'DI')

je nach persönlichem Geschmack auf ein paar hundert Millivolt für Vollaussteuerung eingestellt. Die NF-Signale werden jeweils in Pin 5 der ICs eingespeist. Sie kommen über ein einfaches Netzwerk direkt vom FM-Tuner. Die Anzeigen reagieren nur auf die positiven Halbwellen der wechselspannungsmäßig eingekoppelten Audiosignale. Die LEDs sind in ungewöhnlicher Weise an die LM3916 angeschlossen. Jedes IC arbeitet im Punktmodus, so daß immer nur ein Ausgang zur gleichen Zeit leitend ist. Zusätzlich sind die LEDs aber in zwei Serien zu je 5 LEDs mit jedem IC verbunden und erzeugen eine Leuchtbandanzeige.

Der Nutzen dieser Anzeige liegt in der Stromersparnis. In normaler Leuchtband-Darstellung mit 10 erleuchteten LEDs braucht jede einen Strom von ungefähr 10 mA. Der gesamte Stromverbrauch beträgt also ca. 100 mA. In der hier verwendeten Beschaltung fließt der Strom jeder Fünfergruppe durch die in Serie geschalteten LEDs, so daß der gesamte Stromverbrauch bei 10 erleuchteten Dioden nur 20 mA beträgt, obwohl jede einzelne weiterhin 10 mA verbraucht. Zur Erläuterung der Arbeitsweise soll IC1 betrachtet werden. Bedenken Sie, daß immer nur ein Ausgang des ICs leitend sein kann. Wird beispielsweise Pin 1 leitend, leuchtet LED1 auf und zieht einen Strom von ca. 10 mA aus dem Netzteil. Leitet Pin 18, leuchten die in Serie liegenden LEDs 1 und 2 auf, und durch



Der Sendersuchlauf (Platine B).

beide fließt der gleiche Strom von 10 mA.

In ähnlicher Weise leuchten alle in Serie geschalteten LEDs 1–5 auf, wenn Pin 15 niederohmig wird. Dabei fließt über alle 5 Dioden der gleiche Strom von insgesamt 10 mA in Pin 15 des ICs. Leitet nun Pin 14, leuchtet nur LED 6 auf und zieht 10 mA. Dieser Strom erzeugt an R1 einen Spannungsabfall, so daß Q1 leitend wird. Damit wird die Konstantstromquelle Q2 in Betrieb gesetzt, die einen festen Strom von ungefähr 20 mA durch die Serienschaltung aus LED1–5 treibt. Daher leuchten insgesamt 6 LEDs gleichzeitig auf und benötigen dafür nur einen Strom von insgesamt 20 mA.

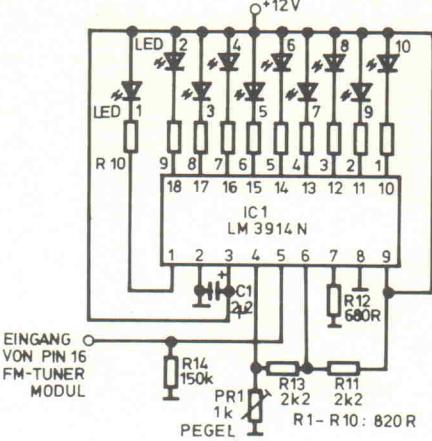
In gleicher Weise leuchtet das gesamte aus LED6–10 gebildete Band auf, wenn Pin 10 niederohmig wird, während die Speisung des Leuchtbands aus LED1–5 über die Konstantstromquelle erfolgt. Daher können alle 10 LEDs bei einem Strom von insgesamt nur 20 mA erleuchtet werden.

Die Suchlaufschaltung ist sehr einfach. Zum besseren Verständnis nehmen Sie an, daß die Brücke offen sei. Die Tantalkondensatoren C1a und C1b haben sehr geringe Verluste und werden zur Speicherung der Abstimmspannung verwendet. Diese Spannung kann dann über den Impedanzwandler IC1 und SW4 auf Pin 1 des 7254 Tunermoduls gelangen. Die Transistoren Q1 bis Q4 arbeiten als Konstantstromquellen und werden zur definierten Auf-

oder Entladung der C1-Kondensatoren mit den Suchlauftasten PB1 bis PB4 benutzt. Auf diese Weise kann das gesamte Frequenzband des Tuners überdeckt werden. Werden die Tasten losgelassen, versucht C1 die Abstimmspannung zu halten, aber in der Praxis fließt die Kondensatorladung aufgrund von Verlusten im Dielektrikum langsam ab, und die Spannung ändert sich. Daher verringert sich die Arbeitsfrequenz des Tuners. Die Stop-Sektion der Suchlaufschaltung wird von den Pins 5 und 10 des Tunermoduls gesteuert.

Diese Ausgänge sind normalerweise zum Anschluß eines analogen Zeigerinstruments gedacht. Wenn Sie in der angegebenen Polarität ein empfindliches Instrument anschließen, werden Sie feststellen, daß die Anzeige normalerweise positiv ist (zur Funktionsprüfung sollten Sie das auf jeden Fall einmal tun).

Sie wird jedoch zu Null oder leicht negativ, wenn ein genügend starker Sender exakt eingestellt ist. In dieser Schaltung liegen die beiden Pins über einem einfachen Netzwerk an den Eingängen des Spannungskomparators IC2. Der Ausgang von IC2 liegt hoch, wenn kein Sender eingestellt ist oder ein schlechter Abgleich vorliegt und springt auf Null, wenn eine ausreichend starke Station korrekt eingestellt wird. Wenn also keine Station eingestellt ist, lädt IC2 die Tantalkondensatoren über D1 und R6 langsam auf. Damit wird aber auch der Tunermodul 7254 langsam zu hohen Frequenzen durchgestimmt (Suchlauf).

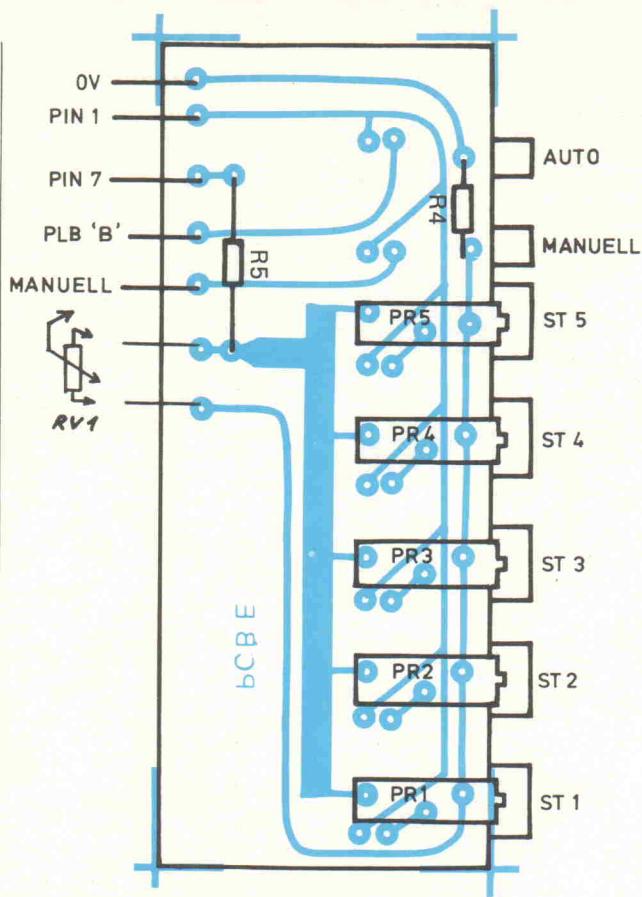


Die Feldstärkeanzeige (Platine C).

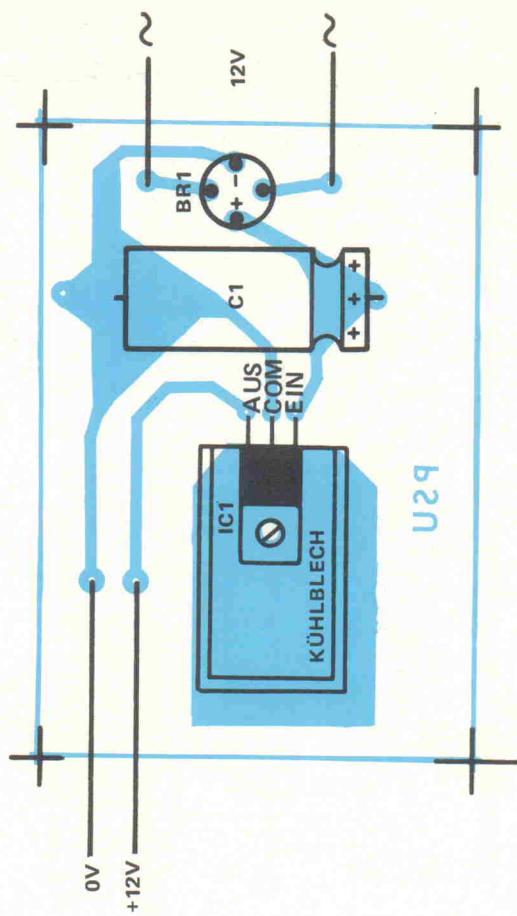
Während dieses Suchlaufbetriebes leuchtet LED22 auf. Q5 leitet ebenfalls und hält die Stop-LED dunkel. Ist nun eine ausreichend starke Station gefunden und richtig abgestimmt worden, springt der Ausgang von IC2 auf Null, so daß C1 nicht länger über R19 aufgeladen werden kann. D1 sperrt und verhindert, daß sich C1 über IC2 entlädt. Gleichzeitig erlischt LED22, Q5 sperrt und die Stop-LED23 zieht über R7 Strom und leuchtet auf. Ist auf diese Weise eine Station gefunden und festgehalten worden, entlädt sich C1 aufgrund der genannten Verluste langsam, so daß die Abstimmspannung zu sinken beginnt. Doch jedes Mal, wenn der Abgleich nicht mehr ganz stimmt, schaltet IC2 kurzzeitig 'hoch', und C1 wird auf den richtigen Wert nachgeladen. Dieser Vorgang wird durch ein kurzzeitiges Aufleuchten von LED22 angezeigt.

R10 erzeugt in der Komparatorschaltung eine kleine Hysteres. Beachten Sie auch, daß die Schaltschwelle ein wenig mit PR2 beeinflußt werden können. Auf diese Weise ist es möglich, störende, zwischen Pin 5 und 10 des Tunermoduls auftretende Offsets zu kompensieren. Wenn der Suchlauf nicht richtig stoppt, kann dieser Offset zu groß sein. Durch Parallelschaltung eines Widerstandes (der richtige Wert muß experimentell ermittelt werden) zu den entsprechenden Pins des Tunermoduls kann dieser Störeffekt behoben werden.

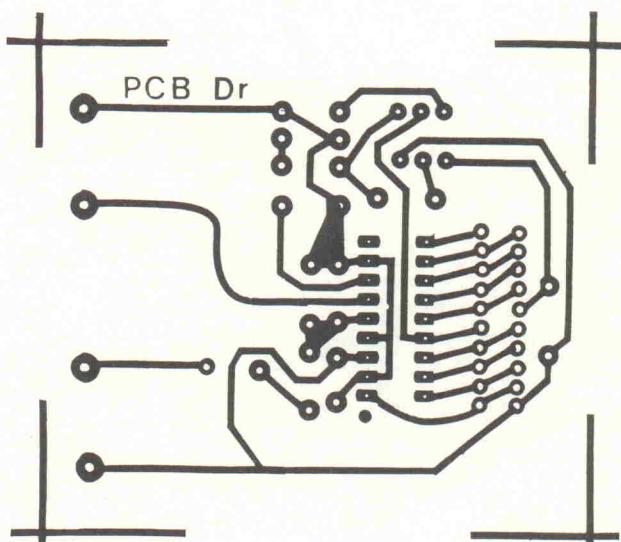
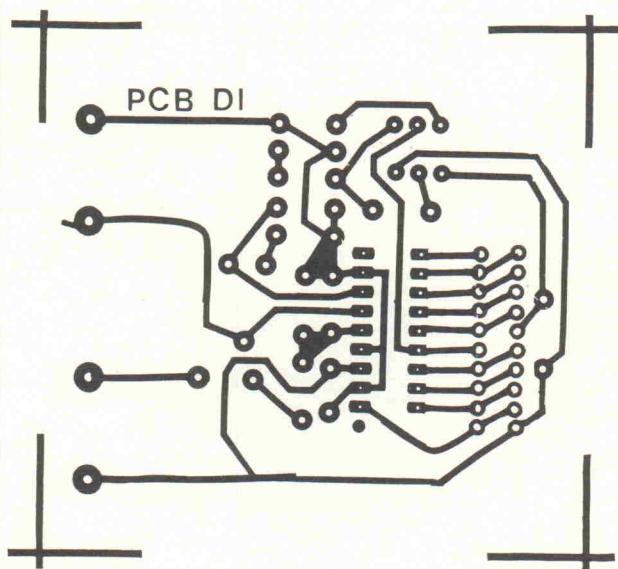




Die Vorwahlplatine (verlöten Sie die Schalter mit Stiften oberhalb der Trimmer).



Das Netzteil

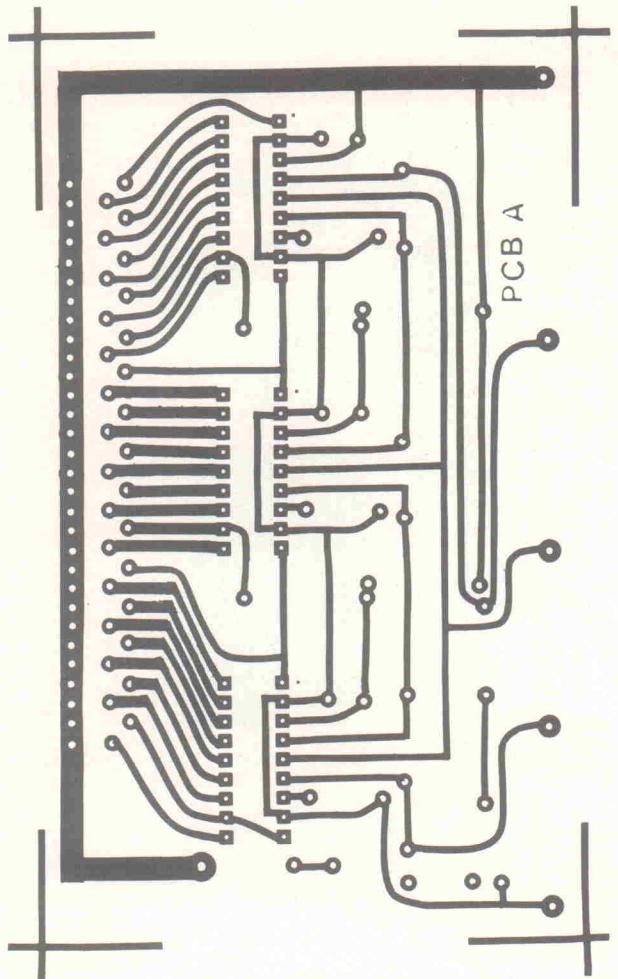


Die Platinenlayouts für die Audio-Pegelanzeigen.

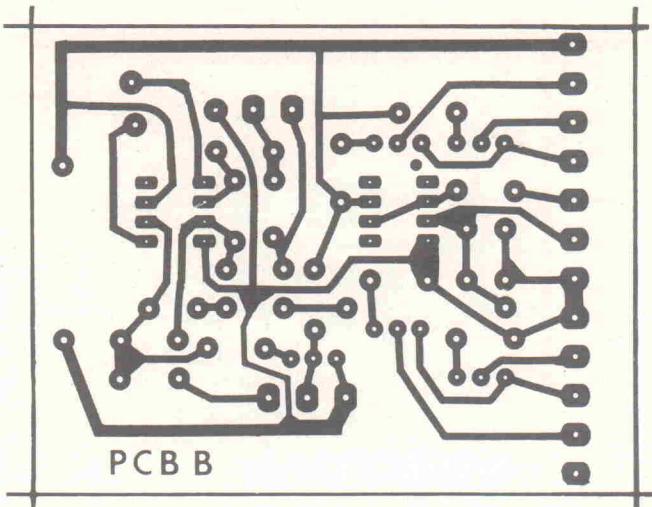
**Elektronik  
die unter  
die Haut geht**

**elrad**  
magazin für elektronik

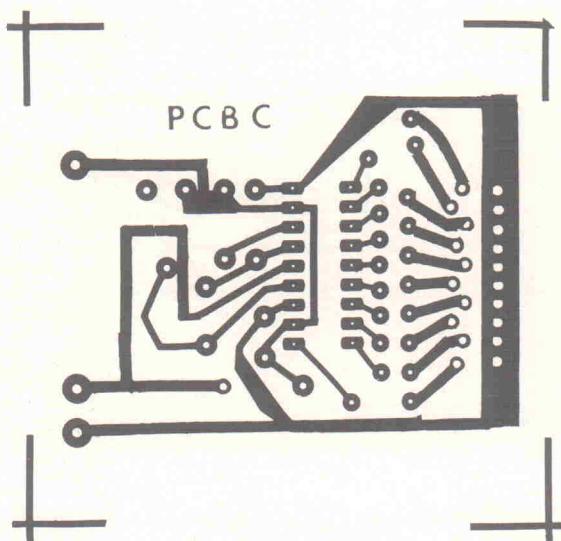
*informativ, kritisch,  
gründlich, aktuell*



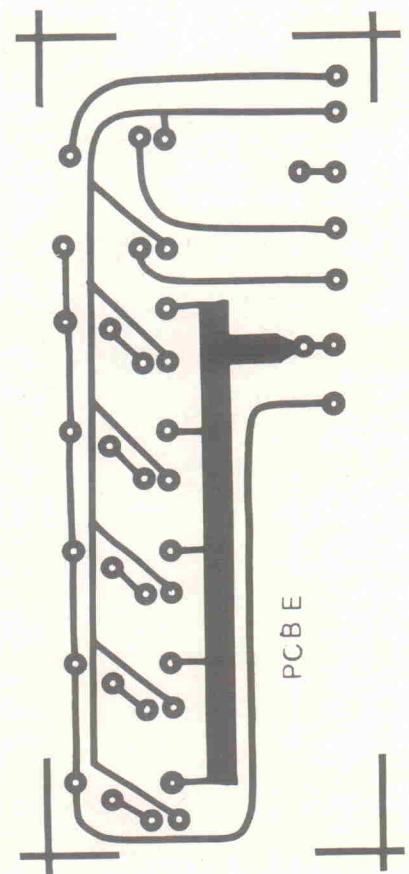
Die Frequenzskala



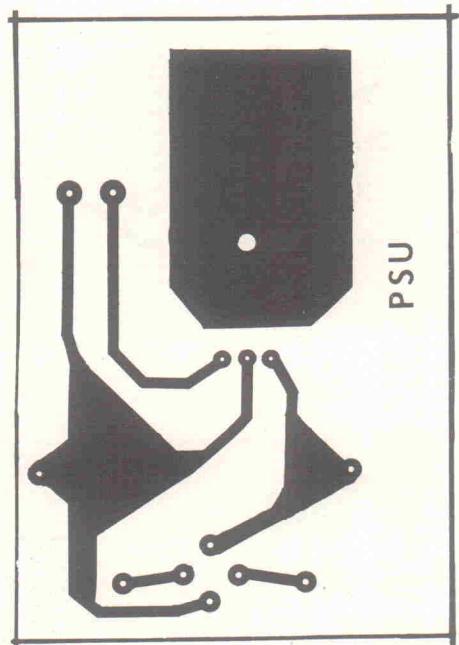
Suchlaufplatine



Feldstärkeplatine



Vorwahlplatine



Netzteilplatine

# FM-Stereotuner

Teil 2

Ein nützliches Hilfsmittel zur exakten Abstimmung ist eine Ratio-Mitte-Anzeige. Mit einem IC, drei LEDs und ein paar Widerständen lässt sich die Anzeige passend zum FM-Tuner aus Heft 6/81 verwirklichen.

## Mittenabstimmung

Ein schlecht eingestellter Sender beeinflusst den Hörgenuß ausgesprochen negativ. Es ist aber recht schwierig, nur nach Gehör und Feldstärkeanzeige einen Sender exakt auf Mitte abzustimmen, darum wird man bei den hochwertigeren Industriegeräten immer eine Ratio-Mitte-Anzeige finden.

Wir haben es in unserer Bauanleitung mit drei verschiedenfarbigen LEDs realisiert.

Bei exakter Abstimmung leuchtet die LED3. Abweichungen nach unten (Frequenz) werden durch LED2 und nach oben durch LED1 signalisiert. Sie können nach eigenem Geschmack z. B. rot und gelb ausgelegt werden.

## Abgleich

Zunächst wird mit der manuellen Abstimmung des Elrad-Tuners ein starker Sender auf maximale Feldstärke eingestellt. PR1 wird auf maximale Spannung eingestellt. Jetzt wird PR2 solange verändert, bis nur noch LED2 (Ratio-Mitte) leuchtet. Dann wird PR1 etwas zurückgedreht und der gesamte Vorgang wiederholt, bis PR1 sich fast am Nullanschlag befindet. PR1 wird jetzt soweit zurückgedreht, bis sich alle Sender mit der Hand mühelos abstimmen lassen.

## Wie funktioniert's?

Kernstück der Mittenanzeige ist der Fensterdiskriminator-Schaltkreis TCA 965 von Siemens. Am Pin 5 des Larsholt Tuner-Moduls steht eine Spannung zur Verfügung, die bei Nullabgleich (Spannung zwischen Pin 5 und Pin 10 beträgt 0 Volt) konstant ist (bei dem verwendeten Modul genau 5,312V) und in der Umgebung des eingestellten Senders, d. h. bei Verstimmung zu höheren Frequenzen, größer, zu tieferen kleiner wird. Diese Spannung wird mit dem Siebglied R5, C1 geglättet und dient dem Fensterdiskriminator als Eingangsspannung.

Mit dem als Spannungsteiler R3, PR2, R4 geschalteten Potentiometer PR2 wird die Fenstermitte auf die Mittenspannung von hier 5,31 Volt eingestellt.

Die über R2 in Reihe mit der Diode D1 abfallende Spannung von ca. 0,7 V wird mit dem Potentiometer PR1 auf 30 mV reduziert und legt die Fensterbreite des ICs fest.

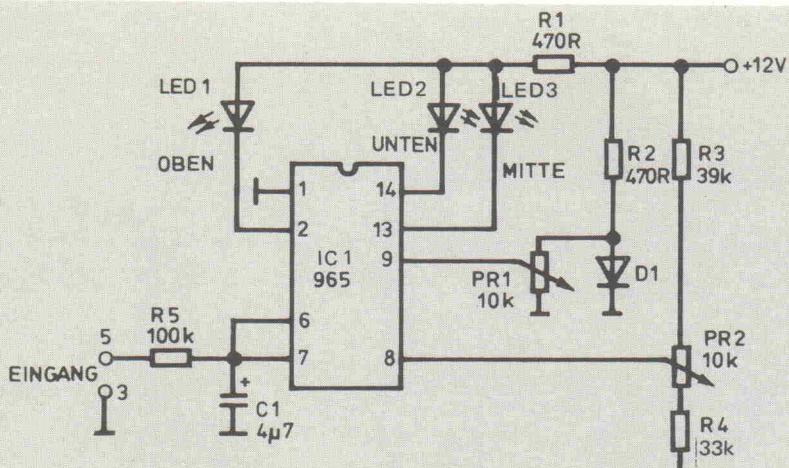
## Stückliste

Widerstände 5%, 1/4 W	
R1, 2	470R
R3	39k
R4	33k
R5	100k
PR1, 2	10k Trimmer

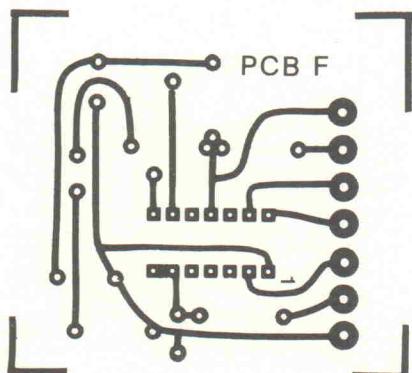
Kondensatoren	
C1	4μ7 Tantal 16 V

## Halbleiter

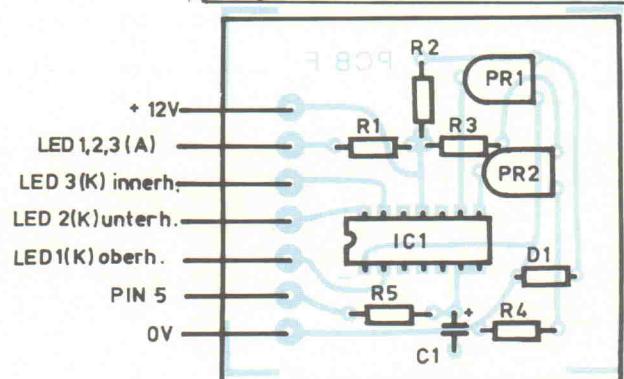
LED1, 2, 3	5 mm Ø
IC1	TCA 965
D1	1N4148



Das Schaltbild der Ratio-Mitte-Anzeige.



Das Platinenlayout (links) und der Bestückungsplan (rechts).



# Elektronisches Stethoskop

Dieses ungewöhnliche und zugleich für Hobby-Mechaniker wichtige Gerät ermöglicht es, mühelos in das Innere eines Motors einzudringen: Sie hören das Rumpeln der Lager oder das Klappern der Stößel und sind auch in der Lage, die Geräuschquellen zu orten.

Um die Fehlersuche an Maschinen und Motoren zu erleichtern, wurde das Gerät mit zwei Filtern ausgestattet. So kann erreicht werden, daß nur ein bestimmter Frequenzbereich, wie z. B. tiefes Rumpeln oder helles Klappern, aus dem Frequenzgemisch, das ein Motor erzeugt, herausgefiltert und verstärkt wird.

Das Stethoskop besteht aus einem schallempfindlichen Tastkopf, einem selektiven Verstärker sowie einem herkömmlichen Kopfhörer, der die Umweltgeräusche dämpft und eine Verwendung dieses Gerätes auch bei lärmender Umgebung gestattet. Der Tastkopf wird benötigt, um den mechanischen Kontakt zum Motor oder anderen zu testenden Mechanismen herzustellen. Er ist über flexibles Kabel mit der restlichen Elektronik verbunden.

Um den Schall aufzunehmen, benötigt der Tastkopf eine mechanische Kopplung zum Testobjekt. Diese Kopplung kann direkt oder durch Verwendung eines Metallstabes erfolgen, wobei die Form des Stabes keine Rolle spielt. Eine Nadel z. B. hat den Vorteil, daß auch die Geräusche der Steinlager in Uhren hörbar gemacht werden können.

## Arbeitsweise

Es ist eine alte Weisheit, daß Geräusche mechanische Schwingungen sind, die sich in einem Medium wie Luft, Wasser, Metall usw. ausbreiten. Auf dieser einfachen Tatsache beruht auch die Funktion dieses Stethoskops: Alle z. B. im Motor durch Kolben, Lager, Stößel entstehenden Schwingungen breiten sich im gesamten

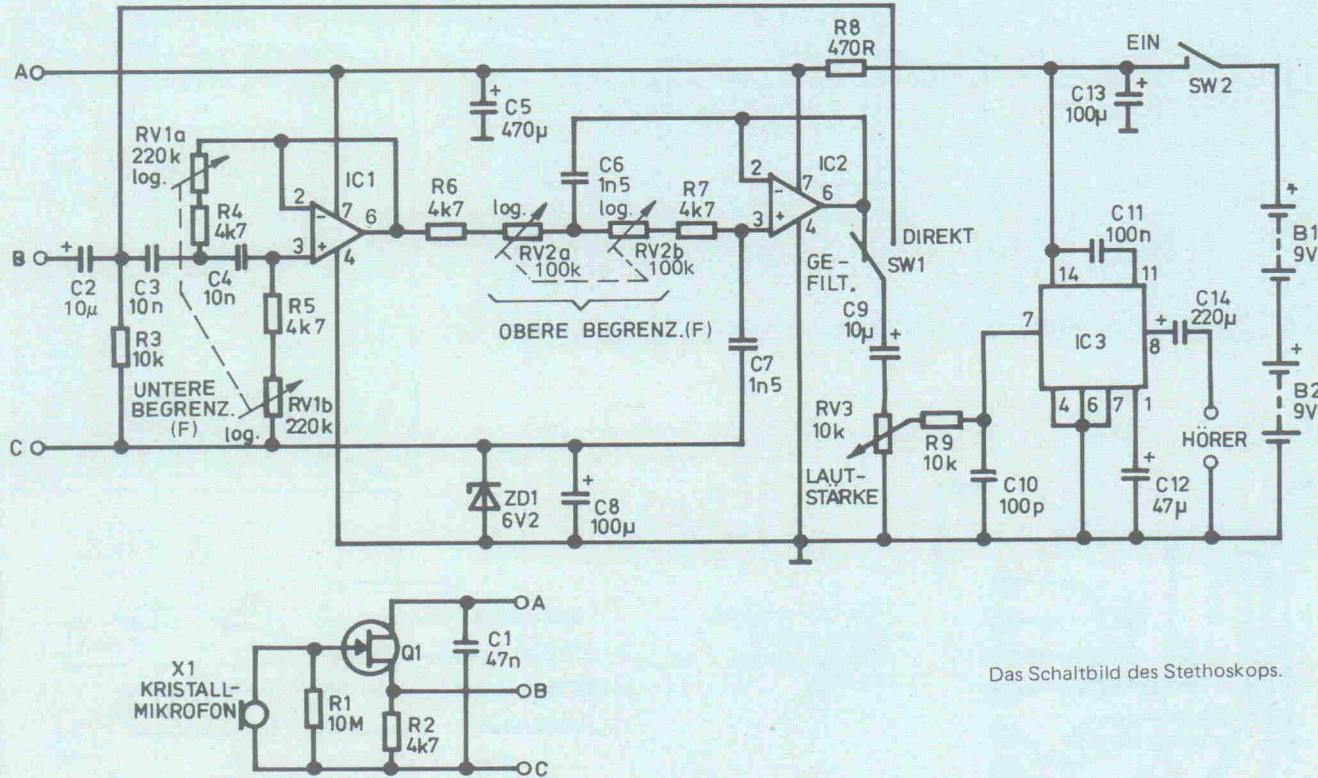
Motorblock aus. Dort können sie mit Hilfe eines Metallstabes oder direkt einem Tonabnehmer zugeführt werden.

Zu diesem Zweck benutzten wir einen Kristallmikrofoneinsatz, bei dem sämtliche Luftlöcher verschlossen wurden. So ist gewährleistet, daß weder Schmutz noch Öl in das System eindringen können.

Wird bei der Kopplung des Mikrofonkörpers an das Testobjekt ein Metallstab verwendet, kann eine Geräusquelle sehr genau geortet werden, da in ihrer Nähe die Lautstärke am größten ist. Besonders hoch ist die Ortungsgenauigkeit bei Verwendung einer Nadel.

## Der Aufbau

Die Schaltung dieses Stethoskops ist ziemlich einfach, und beim Aufbau dürften



Das Schaltbild des Stethoskops.

eigentlich nur sehr wenig Probleme auftreten.

Verwenden Sie Lötstützpunkte an den Punkten, wo Leitungen von der Platine an Bedienungselemente bzw. Buchsen gehen. Es erleichtert die Verdrahtungsarbeit. Beim Anschließen der Tandempotentiometer RV1 und RV2 muß darauf geachtet werden, daß die Werte der mechanisch gekoppelten Potis gleichzeitig zu- bzw. abnehmen.

Bei unserem Prototyp befestigten wir die beiden 9 V-Batterien mit Hilfe beidseitig klebender Klebestreifen in der oberen Hälfte des Gehäuses. Die für den Anschluß des niederohmigen Kopfhörers vorgesehene kleine Klinkenbuchse ist an der Ge-

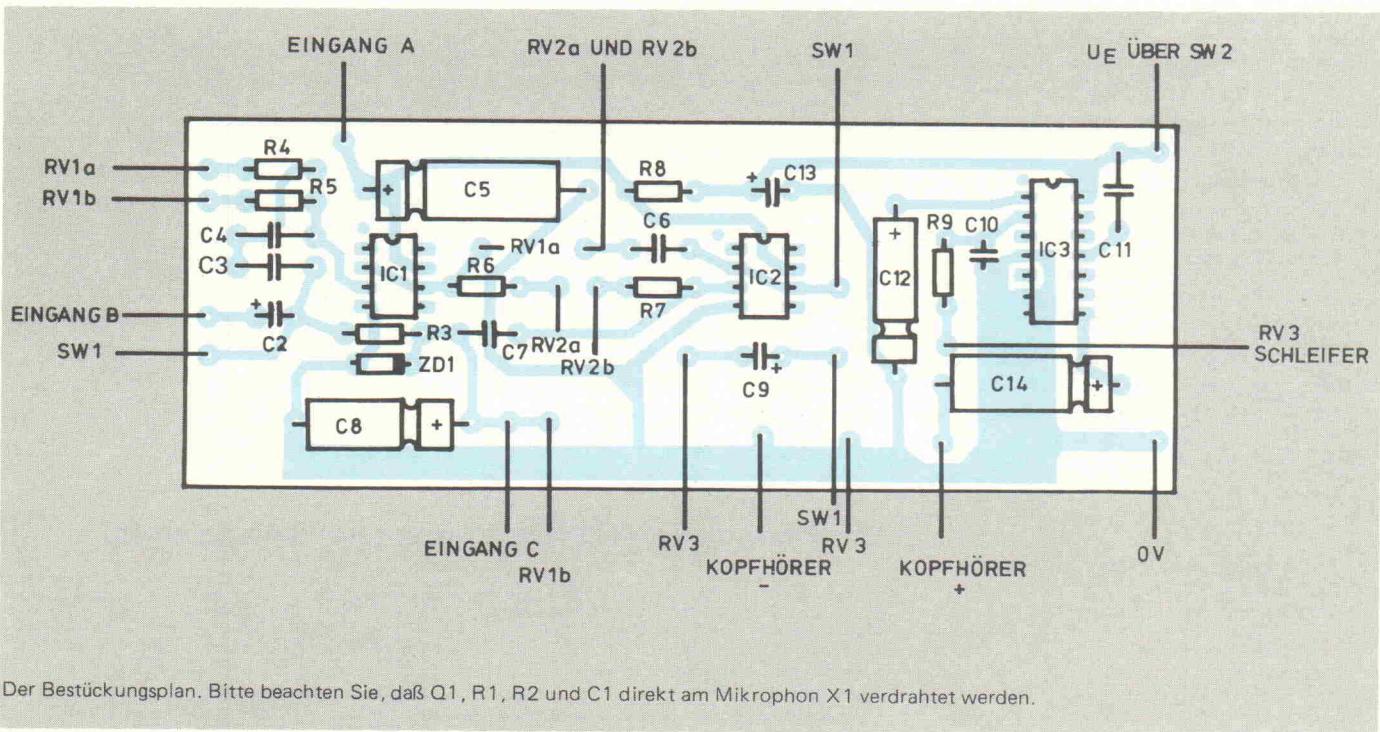
häuseoberseite, die 3polige DIN-Buchse für die Verbindung zum Tastkopf an der Rückwand angebracht.

Zuletzt wird die Schaltung des Tastkopfes entsprechend dem Schaltbild verdrahtet. Halten Sie dabei die Verbindung zwischen Q1, R1 und dem Mikrofoneinsatz so kurz wie möglich. Die Verbindung zum selektiven Verstärker wird mit abgeschirmtem Kabel sowie einem geeigneten Stecker vorgenommen. Schon jetzt läßt sich eine einfache Funktionsprüfung durchführen: Halten Sie den Tastkopf gegen den Lautsprecher eines kleinen Radios und kontrollieren Sie, ob sich Tonqualität und Lautstärke mit den drei Reglern beeinflussen lassen. Achten Sie dabei auf die richtige Stellung von Schalter SW1.

Verläuft der obige Test zufriedenstellend, werden alle Luftlöcher des Mikrofoneinsatzes mit Klebeband verschlossen und die restlichen elektronischen Bauteile des Tastkopfes in Wachs oder Harz eingegossen.

Bereits in der jetzigen Form kann der Tastkopf seiner Funktion voll gerecht werden, jedoch ist es von Vorteil, wenn ein Schraub- oder Klemmanschluß am Mikrofoneinsatz befestigt wird. So kann man mit einer Vielzahl verschiedener Tastkopfspitzen experimentieren.

Der NF-Ausgang des elektronischen Stethoskops ist für Kopfhörer mit einer Impedanz von mindestens 8 Ohm ausgelegt.



Der Bestückungsplan. Bitte beachten Sie, daß Q1, R1, R2 und C1 direkt am Mikrophon X1 verdrahtet werden.

### Stückliste

Widerstände 1/4 W, 5%

R1 10M

R2,4,5,6,7 4k7

R3,9 10k

R8 470R

Potentiometer

RV1a,b 220k dual log

RV2a,b 100k dual log

RV3 10k log

### Kondensatoren

C1 47n Folie

C2,9 10 $\mu$  63V Elektrolyt

C3,4 10n Styroflex

C5 470 $\mu$  25V Elektrolyt

C6,7 1n5 Folie

C8,13 100 $\mu$  25V Elektrolyt

C10 100p ker.

C11 100n MKH

C12 47 $\mu$  25V Elektrolyt

C14 220 $\mu$  25V Elektrolyt

### Halbleiter

IC1,2 741

IC3 LM380

Q1 2N3819 FET

### Sonstiges

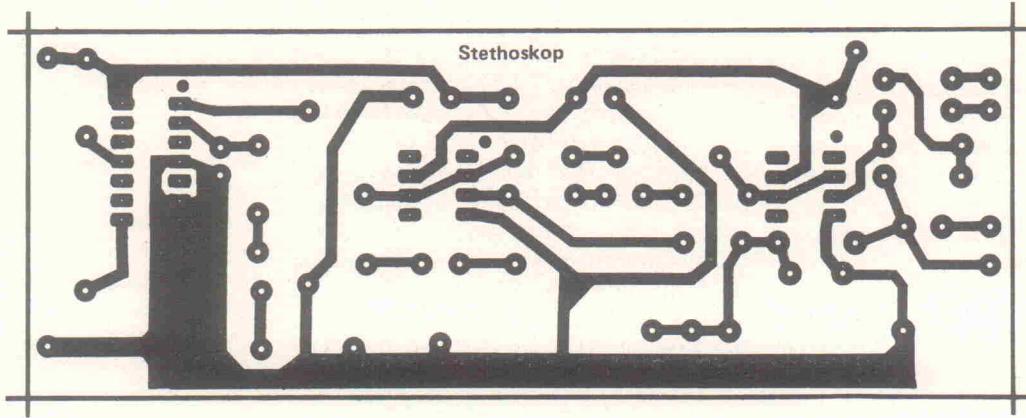
SW1,2 Miniatur-Schalter

SK1 3 pol. DIN Buchse

SK2 3,5 mm Buchse

Gehäuse z. B. Vero 202-21040

Kristallmikrophonkapsel.



Das Platinenlayout.

### Wie funktioniert's?

Als Tonabnehmer wird ein handelsüblicher Kristallmikrofoneinsatz benutzt. Die im Testobjekt entstehenden Schwingungen werden direkt oder mittels eines Metallstabes dem Mikrofonkörper zugeführt. Der vom Mikrofon angesteuerte, in Drain-Schaltung betriebene FET Q1 befindet sich direkt am Mikrofoneinsatz. Durch ihn erhält der Tastkopf eine niedrige Ausgangsimpedanz. Das Ausgangssignal des Tastkopfes gelangt entweder direkt oder über zwei Filter zu einer Leistungsver-

stärkerstufe (IC3), an deren Ausgang ein Kopfhörer angeschlossen wird.

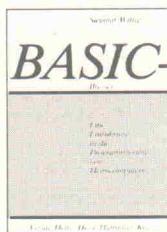
Werden die Filter in den Signalweg geschaltet, passiert das vom Tastkopf kommende Signal zuerst einen Hochpaß (IC1), dann einen Tiefpaß (IC2). Bei beiden Filtern handelt es sich um variable Filter 2. Ordnung.

Durch den Hochpaß können Signale unterhalb der Grenzfrequenz, die je nach Einstellung von RV1 zwischen 80 Hz und 3 kHz variiert, unterdrückt werden. Der Tiefpaß dämpft Signale, die oberhalb seiner durch

RV2 variablen Grenzfrequenz (700 Hz bis 15 kHz) liegen.

Mit Hilfe dieser beiden Filter kann ein bestimmter Frequenzbereich, der für den Bediener von Interesse ist, hervorgehoben werden.

Die Schaltung des gesamten Stethoskops wird mit zwei 9 V-Batterien betrieben. Bei Verwendung eines 8-Ohm-Kopfhörers liegt der typische Stromverbrauch bei ca. 15 mA. Die zum Betrieb der Operationsverstärker IC1 und IC2 benötigte geteilte Versorgungsspannung wird durch ZD1 und C8 erzeugt.



Siegmar Wittig

### BASIC-Brevier

**Endlich ein BASIC-Buch, das auch Nicht-Techniker, Nicht-Mathematiker, Nicht-Computerprofis verstehen können!**

### Eine Einführung in die Programmierung von Heimcomputern

VI, 194 Seiten mit 15 Abbildungen, 6 Tabellen, zahlreichen Programmbeispielen, Programmieraufgaben mit Lösungen und einer Sammlung von zehn ausführlich beschriebenen Programmen.

Format 18,5x24 cm, Kartoniert DM 29,80.

Dieses Buch ist ein BASIC-Kurs.

- der die Möglichkeiten der BASIC-Versionen moderner Heimcomputer beschreibt (PET 2001/cbm 3001, TRS-80 Level II, Apple II, Heathkit 89, ...),
- der aber BASIC nicht nur beschreibt, sondern auch zeigt, wie man mit BASIC programmiert,
- der dank seines didaktisch und methodisch gelungenen Aufbaus den Leser schon nach der zweiten Lektion in die Lage versetzt, eigene Programme zu schreiben,
- der durch eine Vielzahl von Programmbeispielen eine wertvolle Sammlung von immer wiederkehrenden Programmteilen darstellt,
- der Material enthält, das in zahlreichen BASIC-Kursen vom Verfasser erprobt wurde,
- und der für den Amateur (im reinsten Sinne des Wortes) geschrieben wurde: in verständlicher Sprache, ohne abstrakte Definitionen, ohne technischen Ballast.

#### Inhalt

**Grundkurs:** 1. Gedanken ordnen (Algorithmus — Programmablaufplan. 2. Die ersten Schritte (Zei-

chen — Konstanten — Variablen — Anweisungen — LET — PRINT — Programmaufbau — END — Kommandos — NEW — RUN). 3. Wir lassen rechnen (Arithmetische Operatoren — Ausdrücke — Zuweisungen). 4. Wie ein Computer liest (INPUT — REM — LIST — Programmänderungen). 5. Wie man einen Computer vom rechten Wege abringt (GOTO — ... THEN... — Vergleichsoperatoren). 6. Einer für alle (Bereiche — DIM — FOR... NEXT).

**Aufbaukurs:** 7. Textkonstanten und Textvariablen (Vervielfältigung — Vergleich); 8. Funktionen. 9. READ, DATA und RESTORE. 10. ON ... GOTO ... 11. Logische Operatoren (AND — OR — NOT). 12. GET und Verwandtschaft (GET — INKEYS — CIN). 13. Unterprogramme (GOSUB ... RETURN — ON ... GOSUB ...). 14. Zu guter Letzt: Anwendungen.

Programmsammlung. Anhang (Lösung der Aufgaben. 8-Bit-Code. Überblick über die BASIC-Versionen einiger Heimcomputer). Literaturverzeichnis. Stichwortverzeichnis.

Zum Buch erhältlich:

**Magnetband Kompaktkassette C-10 mit den zehn Programmen der Programmsammlung des Anhangs.**

Für Pet 2001/cbm 3001 (mind. 8 KByte)	DM 12,80
Für Apple II (Applesoft)	DM 12,80
Für Radio Shack Tandy TRS-80 Level II	DM 12,80

Lieferung per Nachnahme (+ 4,00 DM Versandkosten) oder gegen beiliegenden Verrechnungsscheck (+ 2,50 DM Versandkosten)

**Verlag Heinz Heise GmbH, Postfach 27 46, 3000 Hannover 1**

# Roulette

Dieses kleine Gerät verspricht Ihnen viele Stunden Spaß zu Hause. Es ist die elektronische Version des bekannten Glücksspiels, wobei das drehende Rad durch einen Leuchtkreis aus 37 Leuchtdioden ersetzt ist. Eine elektronische Schaltung erzeugt das charakteristische Klicken der Kugel.

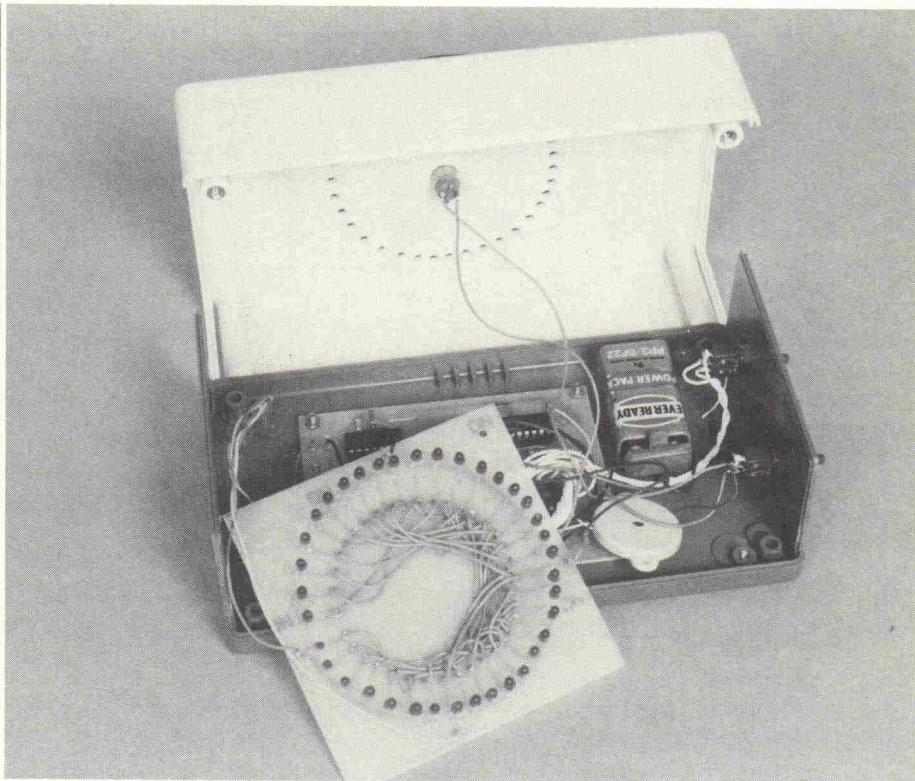
Das zugrundliegende Spielkonzept ist recht einfach. Bei jeder Umdrehung kann durch Zufall irgendeine der 36 oder 37 Nummern (1–36 oder 0–36) erzeugt werden. Zu Beginn des Spieles sagt jeder Mitspieler voraus, auf welcher Zahl das Spiel stoppen wird und setzt auch Geld auf diese Zahl. Entweder kann die Zahl selbst vorausgesagt werden oder die Farbe oder irgendeine Kombination der charakteristischen Eigenschaften einer Zahl (z. B. gerade-ungerade). Dann wird das Rad gedreht und kommt schließlich vor irgend einer durch den Zufall bestimmten Zahl zum Stehen. Wer auf diese Zahl oder eine ihrer Eigenschaften gesetzt hatte, bekommt einen Gewinn ausbezahlt, dessen Höhe sich nach den Spielregeln und der von ihm gesetzten Summe richtet.

Es gibt Räder mit 36 Feldern und auch welche mit 37 Feldern. Auf dem mit 37 Feldern ist die 'Null' die Gewinnzahl des 'Hauses', also der Spielbank.

Bei unserem Roulette-Spiel kann man zwischen 36 und 37 Feldern mit einem Schalter wählen. Durch Drücken eines Knopfes wird 'das Rad in Bewegung gesetzt'. Nach ca. 15 Sek. wird dann eine Zahl angezeigt.

## Aufbau

Wir brauchen für unser Roulette zwei Platinen. Die eine ist mit der elektronischen Schaltung bestückt, die andere trägt die 37 Leuchtdioden. Beim Aufbau

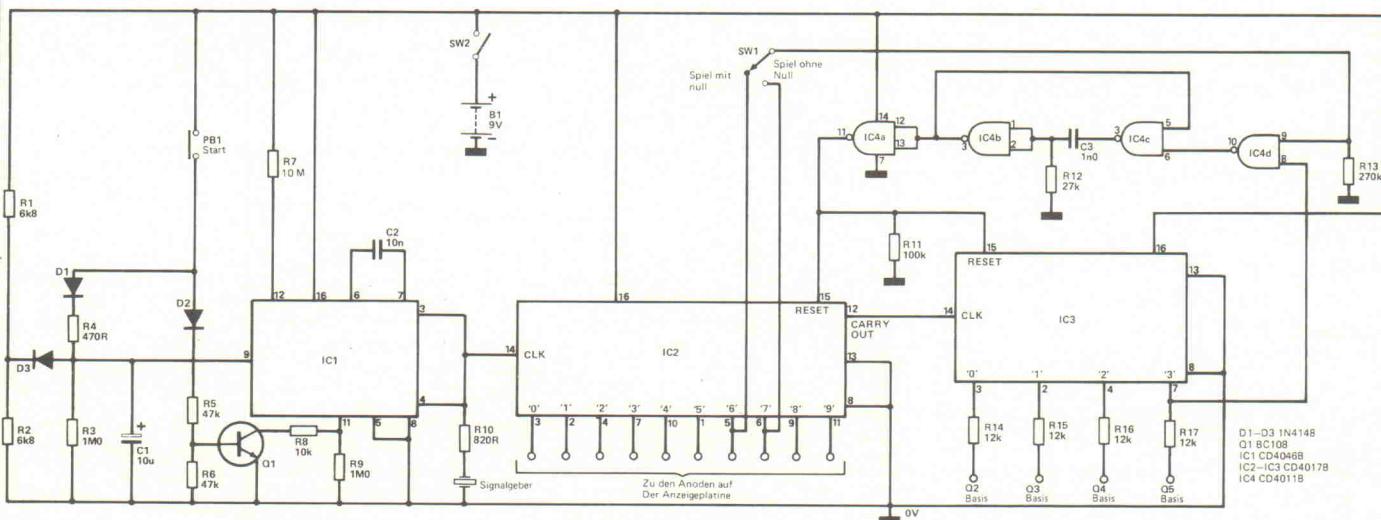


Hier sehen Sie die Verdrahtung auf der Anzeigeplatine.

der Hauptplatine dürften keine Probleme auftreten. Die LED-Platine richtig aufzubauen, ist aber ziemlich knifflig, weil zwischen den LEDs und der Hauptplatine ein umfangreicher 'Kabelbaum' anzubringen ist.

Achten Sie **vor** dem Einlöten der LEDs,

auf richtige Polung und stellen Sie auch sicher, daß die LED überhaupt in Ordnung ist. Alle Kathoden werden mit den äußeren Leiterbahnen verbunden. Außerdem sollten alle LEDs in gleicher Höhe über der Platine stehen (mit möglichst langen Beinen). Wenn die Dioden alle



Schaltbild des Steuerteils für das Roulette-Spiel.

stehen, beginnen Sie sorgfältig mit der Verdrahtung auf der Oberseite der Platte gemäß dem Schaltbild. Dann bringen Sie die 10 Verbindungen zum IC2 von der Platinenunterseite sowie die vier Verbindungen zu Q2–Q5 auf der Hauptplatine an.

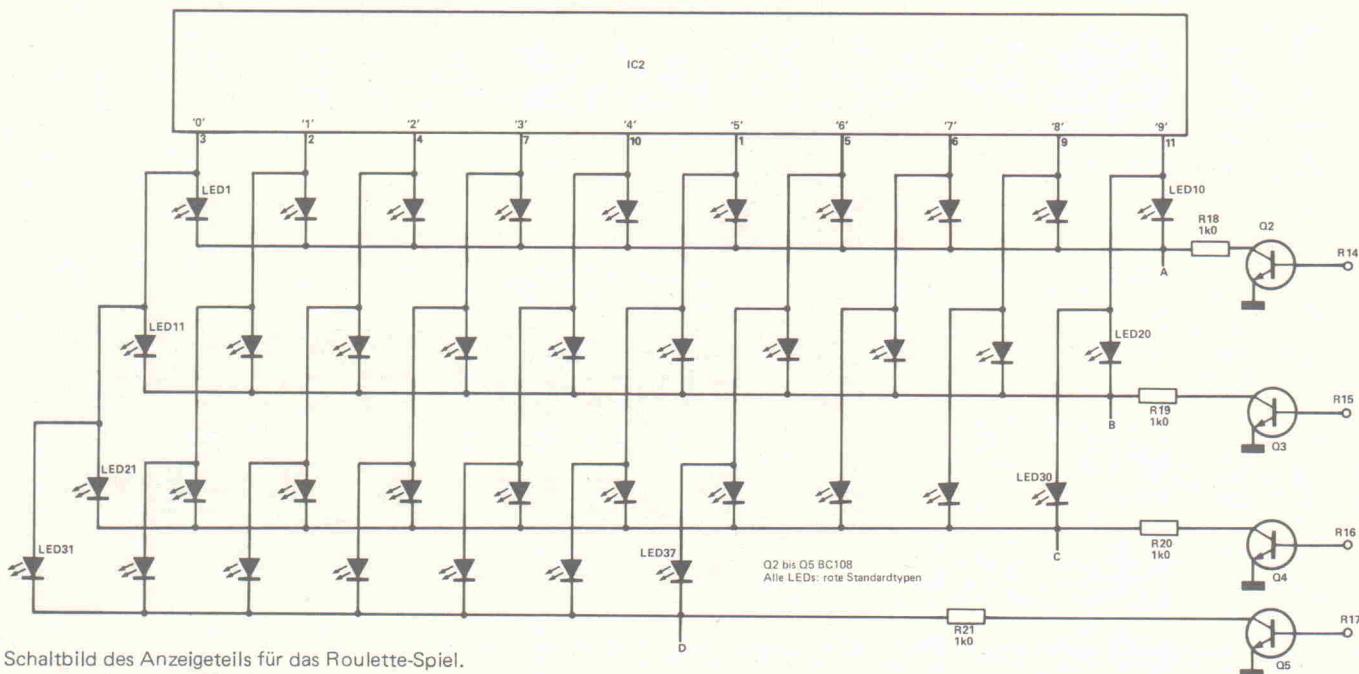
Jetzt bauen Sie die beiden Kippschalter und den Taster ein. Nach Anschluß des Piepers und der Batterie können Sie

jetzt einen ersten Test der Schaltung vornehmen.

Wenn die LEDs nicht richtig aufleuchten, überprüfen Sie Ihre Verdrahtung noch einmal. Wenn alles gut funktioniert, bauen Sie beide Platten in ein passendes Gehäuse. In die Frontplatte werden in einem Kreis 37 Löcher gebohrt, so daß die LEDs hineinpassen. In den Mittelpunkt des Kreises montieren Sie den Taster. Zur

Befestigung der Anzeigeplatine können Sie auf die Seiten einiger LEDs je einen Tropfen klaren Klebstoff aufbringen und dann die LEDs in ihre Löcher drücken.

Den letzten Schliff bekommt das Projekt durch Anbringung der Roulettefeldaufteilung auf der Oberseite des Gehäuses. Die Roulette-Zahl muß dabei nicht mit der Nummer der LED übereinstimmen!



Schaltbild des Anzeigeteils für das Roulette-Spiel.

## Wie funktioniert's?

Die Schaltung besteht aus einem Takt-Generator (IC1, Q1) und einem mehrstufigen Zähler/Decoder-Netzwerk (IC2, IC3, IC4). Dieses Netzwerk steuert einen Kreis von 37 LEDs an. Glücklicherweise ist das Netzwerk recht einfach aufgebaut. Die beiden Dekadenzähler/Decoder CD4017 (IC2 und IC3) sind hintereinandergeschaltet, so daß IC2 die 'Einer'-Zähler und IC3 die 'Zehner'. Der Takt liegt dabei an Pin 14 von IC2. Der Ausgang von IC3 (Pin 3) sowie die Ausgänge von IC2 (Pin 6 oder 7) werden durch IC4d verknüpft (Nand) und zur Triggerung des monostabilen Multivibrators IC4b–IC4c verwendet. Dieser erzeugt einen  $16\mu\text{s}$  langen Impuls und setzt über IC4a immer dann beide Zähler auf Null, wenn beide Ausgänge gleichzeitig 'H' sind. Die Zählkaskade teilt so das Taktsignal durch 36 (oder durch 37, je nach Stellung des Schalters) und steuert so nacheinander alle 36 (oder 37) LEDs des Rouletteringes an. Der Ring besteht

aus drei Gruppen mit je 10 LEDs und einer Gruppe mit 7 LEDs. Die Anoden aller LEDs liegen an IC2 (dem 'Einer'-Zähler), während die Kathoden über Q2 bis Q5 an IC3 liegen ('Zehner'-Zähler). Beim 15. Zählschritt zum Beispiel geht der Ausgang '5' von IC2 auf 'H', und Q3 wird über Ausgang '1' von IC3 durchgesteuert, so daß nur die LED '15' aufleuchtet.

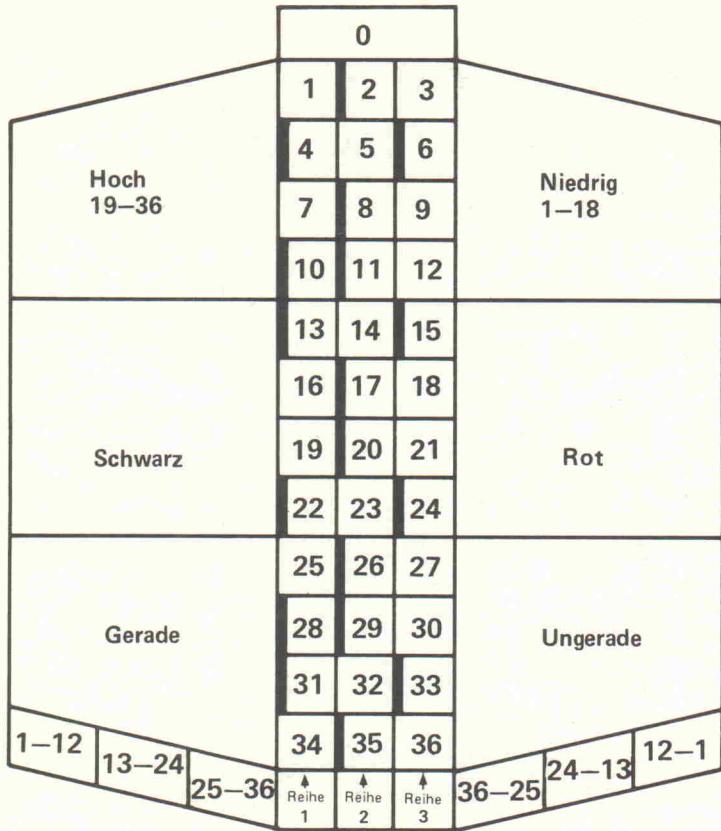
Diese Multiplextechnik erlaubt es, die 37 LEDs über ein ziemlich einfaches Netzwerk so anzusteuern, daß die LEDs nacheinander aufleuchten und so das Bild eines umlaufenden Lichtpunktes entsteht.

Der Taktgenerator ist sehr trickreich mit dem VCO-Teil der 4046B-PLL-Schaltung aufgebaut. Die Größe von C2, der Widerstand von Pin 11 nach Masse und die Spannung an Pin 9 bestimmen die Taktfrequenz. R7 spannt den VCO etwas vor, damit die Frequenz auch tatsächlich gegen Null geht, wenn die Spannung an Pin 9 Null wird. Pin 3 und 4 liefern das Taktsignal. Die Taktfrequenz wird direkt auf IC2 gekop-

pelt. Der Pieper erhält die Taktfrequenz über R10. Bei jedem Impuls erzeugt er ein 'Klicken'.

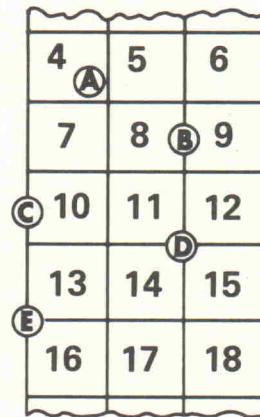
Und so arbeitet die VCO-Schaltung: Durch Drücken der Taste PB1 wird Pin 9 von IC1 auf 'H' gelegt (über D1 und R4). C1 lädt sich auf maximale Spannung auf, und Q1 wird über D2, R5 geöffnet. Dadurch liegt R8 zwischen Pin 11 (IC1) und Masse. Unter diesen Umständen schwingt der VCO mit einigen hundert Hertz, und der Lichtpunkt läuft einige hundert Mal pro Sekunde um den ganzen LED-Kreis herum.

Wird PB1 losgelassen, so sperrt Q1. Zwischen Pin 11 und Masse liegt nur noch R9, und C1 entlädt sich schnell über D3, R2 bis auf halbe Betriebsspannung. Jetzt läuft der Lichtpunkt nur noch ca. zweimal pro Sekunde um den LED-Kreis. C1 entlädt sich aber weiter über R3, so daß die Spannung an Pin 9 stetig sinkt, bis nach ca. 15 sec der Generator nicht mehr schwingt: Eine durch den Zufall bestimmte LED leuchtet auf. Das ist der Abschluß eines Arbeitszyklus.

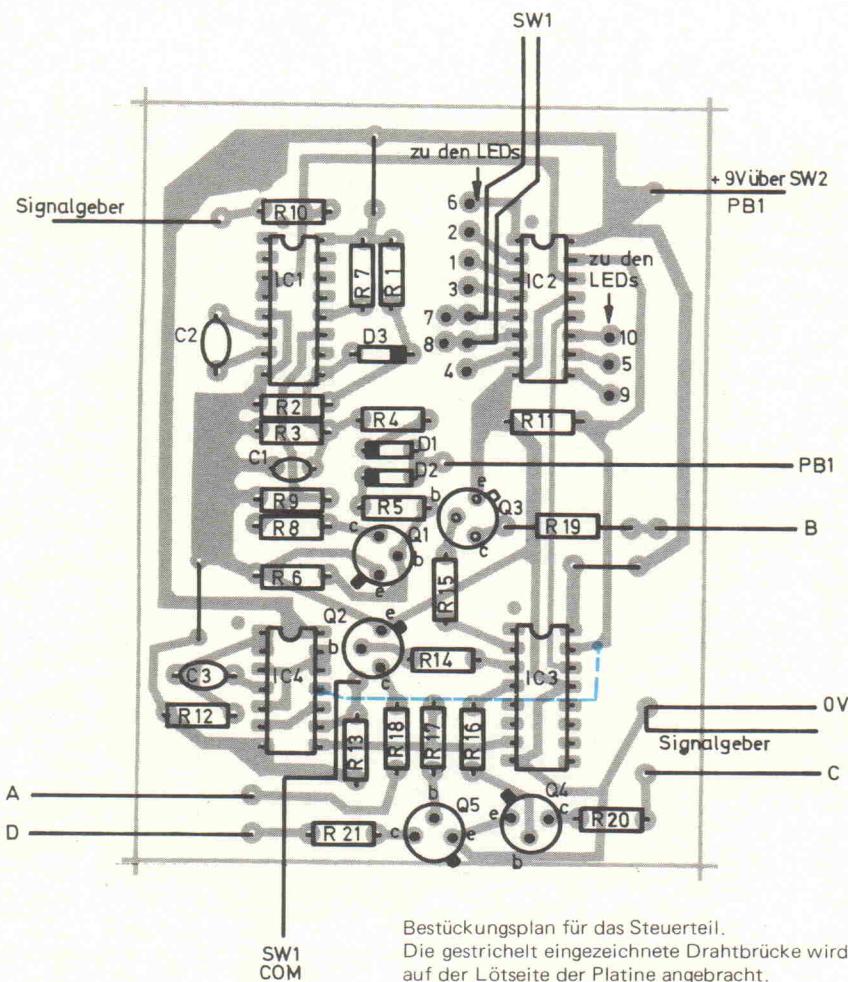


Gewinnschancen:

- 35:1 auf jede einzelne Zahl (Beispiel A)
- 17:1 auf zwei zusammenhängende Zahlen (Beispiel B)
- 11:1 auf einen waagerechten Dreierblock von Zahlen (Beispiel C)
- 8:1 auf einen zusammenhängenden Viererblock von Zahlen (Beispiel D)
- 5:1 auf zwei zusammenhängende Dreierblöcke von Zahlen (Beispiel E)
- 2:1 auf eine der sechs Zahlenblöcke (rechts und links unten)
- 2:1 auf eine der drei Zahlenreihen in der Mitte
- 1:1 auf die Zahlenblöcke 1-18 oder 19-36, auf Gerade oder Ungerade, auf rot oder schwarz.



Vorschlag zur Gestaltung des Spielfeldes.



Bestückungsplan für das Steuerteil.  
Die gestrichelt eingezeichnete Drahtbrücke wird auf der Lötseite der Platine angebracht.

### Stückliste

Widerstände 1/4 W, 5%

R1,2	6k8
R3,9	1MO
R4	470R
R5,6	47k
R7	10M
R8	10k
R10	820R
R11	100k
R12	27k
R13	270k
R14,15, 16,17	12k
R18,19, 20,21	1k0

Kondensatoren

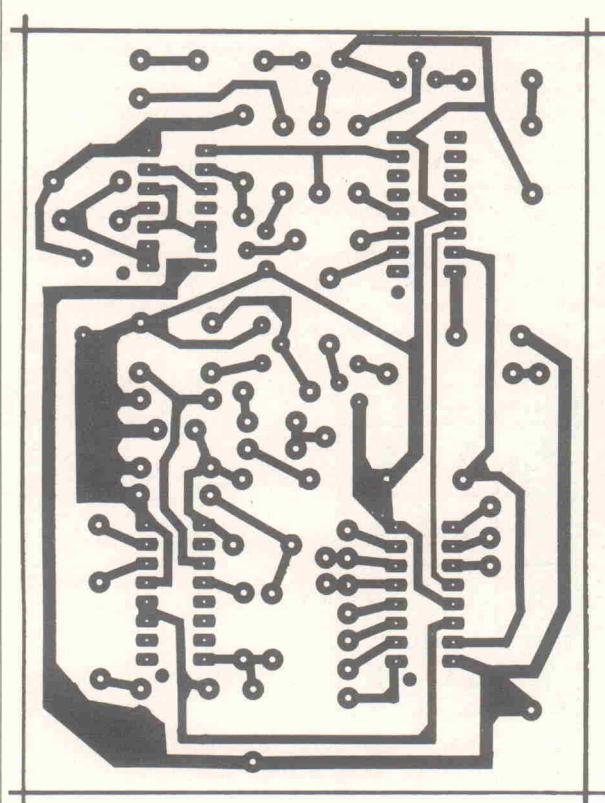
C1	10μ, 35V Tantal
C2	10n MKH
C3	1n0 MKH

Halbleiter

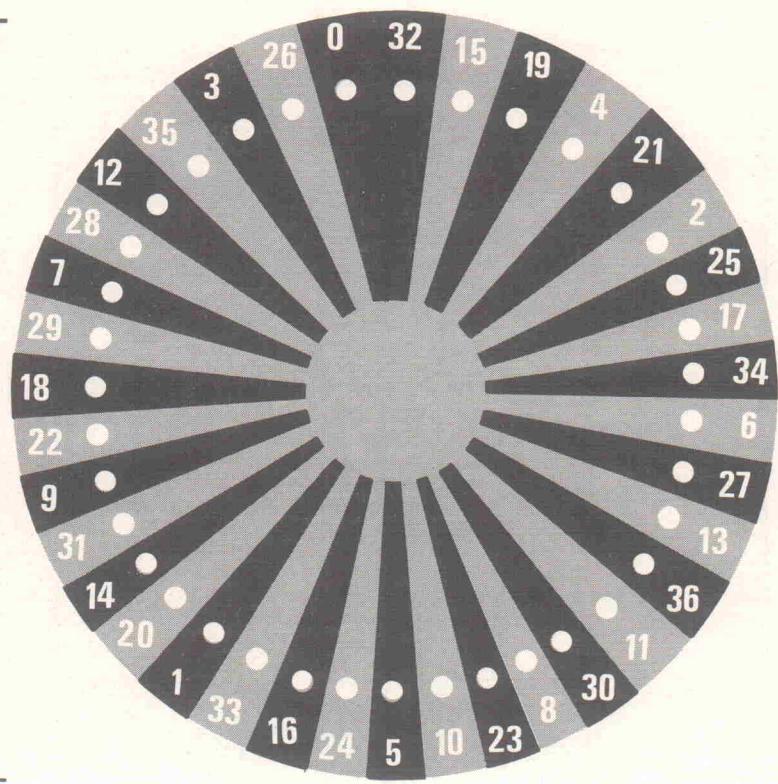
IC1	CD4046B
IC2,3	CD4017B
IC4	CD4011B
Q1,2,3,4,5	BC108
D1,2,3	1N4148
LED1-37	Standard-LEDs rot

Verschiedenes

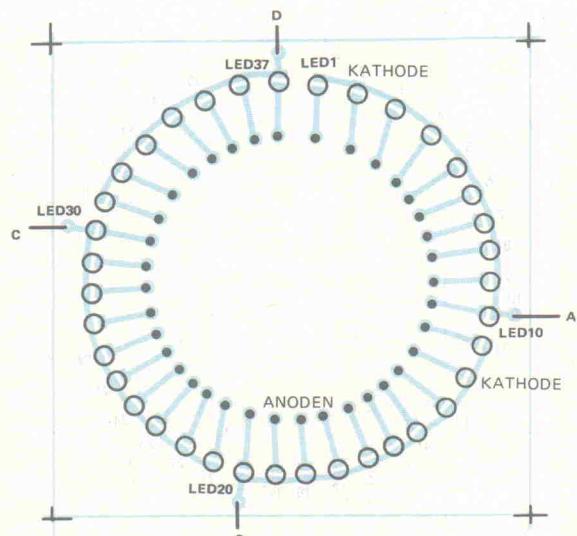
PB1 Drucktaster  
SW1, SW2 Miniatur-Kippschalter,  
9V-Batterie, Pieper oder kleiner  
Lautsprecher, Gehäuse.



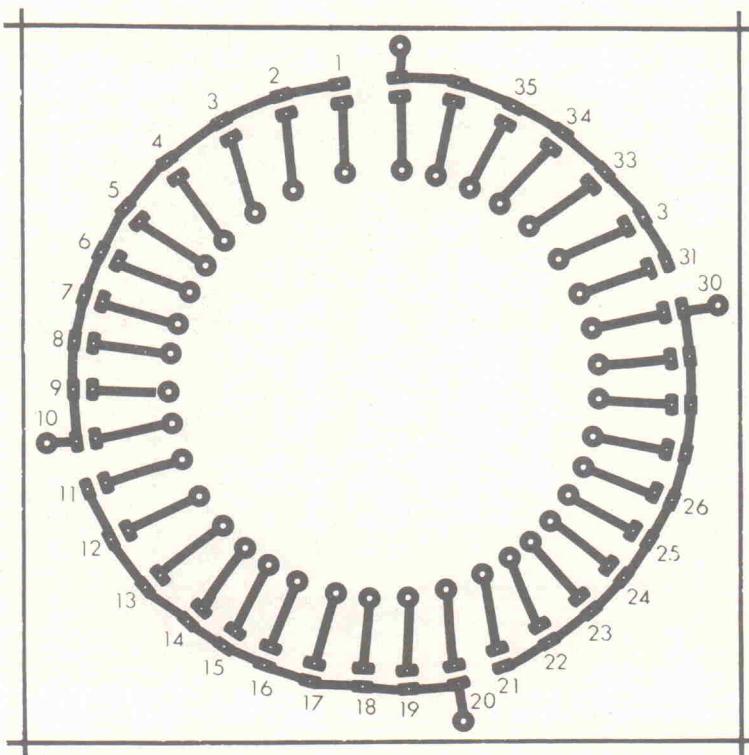
Das Platinenlayout für das Steuerteil.



Vorschlag zur Gestaltung der Frontplatte.



Bestückungsplan für die Anzeigeplatine.



Das Platinenlayout für die Anzeigeplatine.

# Ölthermometer

Die Öltemperatur sollte im Auto keine Unbekannte sein. Mit unserem kleinen Gerät kommen Sie recht einfach zu einem genauen Meßgerät mit LED-Anzeige. Ein zusätzlicher Warnton bei Überschreitung einer kritischen Temperatur gibt Ihnen auch akustisch Alarm.

Nach dem 2. Weltkrieg erstand ein begeisterter Sammler einen fast nagelneuen Bugatti Royale mit einem Kilometerstand unter 100 km.

Die negative Überraschung erfolgte beim Demontieren des Motors: die Teile sahen total abgenutzt aus, und alle Oberflächen waren stark angegriffen.

Ein ähnliches Phänomen stellte eine Transportfirma fest. Sie setzte einen Teil Lastautos für den Nahverkehr, den anderen ausschließlich für den Fernverkehr ein. Die Motoren der Langstreckenfahrzeuge hielten bis zu 500 000 km, während die auf Kurzstrecken geplagten Fahrzeuge häufig schon bei 20 000 km Motordefekte hatten.

Im Falle des Bugattis und auch der Lastautos war die Zerstörung chemischer und nicht mechanischer Natur.

## Woher kommt's?

Wenn ein Benzinmotor abgeschaltet wird, bleiben viele unverbrannte und schlecht verbrannte Benzinrückstände im Zylinder zurück. Die Rückstände kondensieren an den Zylinderwänden und tropfen in die Ölwanne.

Die kondensierte Flüssigkeit besteht hauptsächlich aus Wasser und Schwefelsäure.

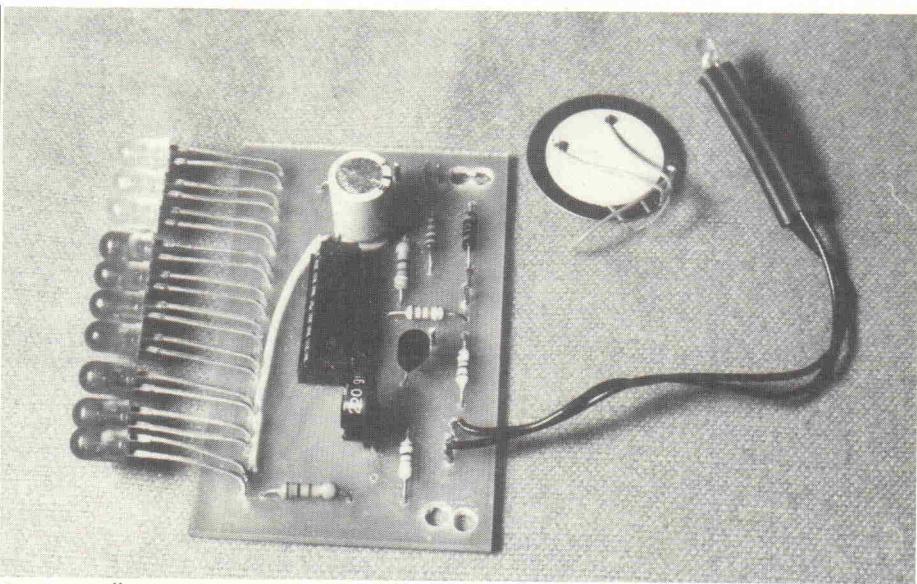
Die Säure verkocht zufriedenstellend, wenn die Öltemperatur 80° C überschreitet. Wenn aber die Temperatur nicht erreicht und für einige Minuten beibehalten wird (oder wenn das verschmutzte Öl für längere Zeit im Motor verbleibt), verkürzt sich die Lebensdauer des Motors drastisch.

In den meisten Fällen wird das Problem sein, daß das Öl eher zu kalt als zu heiß 'gefahren' wird.

Nur zu oft scheint ein Motor kein Öl anzunehmen, weil eine dicke, gleichmäßige Säureschicht auf dem Öl schwimmt.

Doch was hilft es, wenn man das Problem kennt? Man kann ja deshalb, besonders bei den heutigen Benzinpreisen, nicht extra riesige Umwege fahren, nur damit der Motor im optimalen Bereich ist.

Wenn Sie sich allerdings ein wenig nach diesen Erkenntnissen richten wollen, fah-



Platine des Ölthermometers.

ren Sie ab und zu eine längere Strecke (wenigstens 40 km) oder wechseln Sie das Öl alle zwei Monate, unabhängig davon, wieviel Kilometer Sie zwischendurch zurückgelegt haben.

## Zu heiß

Neben der Schmierfunktion erfüllt das Öl noch einen weiteren Zweck: es 'wäscht' die Hitze von den Motorteilen. Man muß aber auch sehen, daß einige zähflüssige Öle durch Überhitzung dünner werden und auch dünner *bleiben!* Die beste Öltemperatur für Dauerbetrieb liegt bei 110° C. Einige Ölfirmen sprechen von 132° C als absolutem Maximum. Einige moderne Autos 'leiden' quasi an überhitztem Motorenöl. Eine bemerkenswerte Ausnahme sind einige VW's (insbesondere Kombi-Versionen mit luftgekühlten Motoren): viele können in einem afrikanischen Sommer stark beansprucht werden, ohne daß eine starke Überhitzung des Öls eintritt und die Gefahr eines bleibenden Motorschadens besteht. Überhitztes Motorenöl bringt allerdings weniger Gefahren und Probleme als Öl mit sich, das nur unzulänglich warm ist.

## Die Anzeige

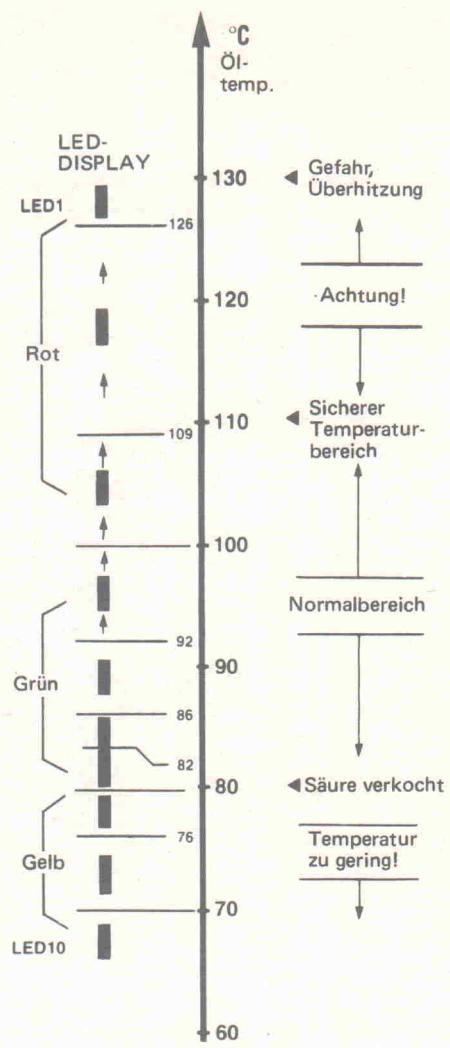
Heute sind die meisten Autos — mit Ausnahme der luftgekühlten VW-Modelle — mit einer Wassertemperaturanzeige ausge-

rüstet. Oft ist es nicht mehr als ein Warnlämpchen, das, wie man hofft, nie aufleuchten wird, solange der Wagen läuft. Und wenn's einmal soweit ist, kann es schon zu spät sein, um einen Motorschaden zu verhindern. Wenn die Temperatur durch den Thermostat des Autos und den Kühlertank kontrolliert wird, hat man keine genaue Anzeige über die Öl- oder Motortemperatur mehr. Ein zuverlässiges Mittel, die Motortemperatur zu überwachen, ist die Kontrolle der Öltemperatur, aber wie soll man sie messen? Der Temperaturfühler müßte dabei möglichst tief innerhalb des Motors angebracht werden oder in den Ölbehälter eintauchen.

Bleiben wir beim Ölbehälter. Am einfachsten wäre es, den Temperaturfühler durch ein bereits vorhandenes Loch einzuführen, als da wäre das Loch der Ölablaßschraube oder das des Ölmeßstabs.

Die Firma VDO zum Beispiel stellt solche temperaturmessenden Ölablaßschrauben und Ölmeßstäbe für ihre eigenen Temperaturmesser her. Wir haben für dieses Projekt den Ölmeßstab gewählt, weil man ihn leichter installieren kann als die Ölablaßschraube, zu deren Einbau man zunächst das Öl ablassen müßte.

Außerdem ist das Zuleitungskabel im Motorraum gut geschützt. Sie wollen doch sicher auch nicht, daß sich ein hoch bezahlter Mechaniker jedesmal mit den



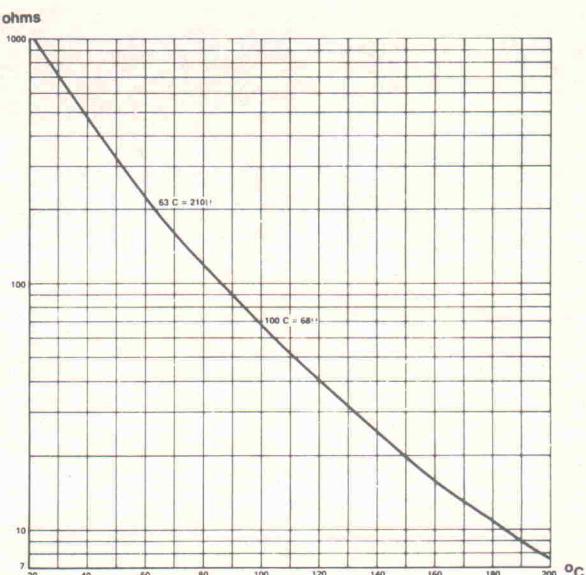
Drähten an der Ölableßschraube herum-schlagen muß, weil er das Öl wechselt.

Übrigens möchten wir Ihnen **wärmstens davon abraten**, sich Ihren eigenen Temperaturfühler zu basteln: das Risiko, daß sich durch die starken Vibratoren und Temperaturunterschiede Teile lösen, ist einfach zu groß!

Unsere verwendete Temperaturanzeige ist als Leuchtbänder ausgelegt und betreibt zehn LEDs im Punkt-Betrieb (dabei leuchtet nur jeweils eine LED auf).

Die Anzeige umfaßt einen Temperaturbereich von 70°C bis 126°C. Die erste LED leuchtet bei Temperaturen unter diesem Bereich und die letzte LED bei Überschreiten dieses Bereiches. Nach Belieben kann ein akustisches Warnsignal zugeschaltet werden. Im 'kalten' Bereich bis 80°C, leuchten die gelben LEDs. Grüne LEDs übernehmen den Bereich von 80°C–100°C während des Normalbetriebes, und rote LEDs zeigen den heißen Bereich von über 100°C an. Wie wir schon vorher erwähnten, arbeiten einige Motoren bis 110°C sicher und lassen dabei vielleicht schon die erste rote LED aufleuchten.

Die Kalibrierkennlinie des NTC-Widerstandes im Meßstab.



Das Instrument ist durch Justierung eines Trimmers auf 100°C einfach dadurch zu kalibrieren, daß der Fühler in kochendes Wasser gehalten wird. Kochendes Wasser hat auf Meereshöhe annähernd eine Temperatur von 100°C.

### Der Aufbau

Der Aufbau des Gerätes ist recht einfach. Sie sollten jedoch die LEDs ein wenig sorgfältig einsetzen. Am besten fangen Sie mit dem Einbau der LEDs an.

Beachten Sie, daß wir drei gelbe, vier grüne und drei rote LEDs benötigen.

Die einfachste Methode, die LEDs richtig einzubauen, ist folgende: Legen Sie die LEDs in der richtigen Reihenfolge vor sich auf den Tisch, so daß die Anschlüsse zu Ihnen zeigen. Setzen Sie die erste LED ein (rot, wenn Sie von links nach rechts arbeiten), und zwar so, daß Sie zu Ihnen hinzeigt, aber löten Sie sie noch nicht ein.

Richten Sie es so ein, daß, wenn Sie die LED umbiegen, sie mit der Platine auf einer Ebene liegt.

Wenn Sie soweit sind, löten Sie die Anschlüsse fest und biegen die LED wieder in ihre ursprüngliche Lage. Damit ist sie nun ein Maßstab für die Einbautiefe der anderen LEDs. Setzen Sie nun noch die restlichen LEDs ein, so daß sie mit der ersten LED eine Reihe bilden. Danach werden alle LEDs umgebogen, so daß sie alle mit der Printplatte abschließen.

Jetzt können auch die anderen Bauteile eingesetzt werden, achten Sie dabei auf die richtige Einbaulage des LM 3914, Q1 und LED 11 sowie des Elkos und der Zenerdiode.

Die Leitung zum Alarmgeber besteht aus isoliertem Draht, der direkt an der Kathode der letzten roten LED befestigt wird.

### Abgleich

Nach der Fertigstellung des Aufbaus muß die Anzeige noch kalibriert werden. Dazu wird der Fühler in kochendes Wasser getaucht und RV1 so eingestellt, daß die entsprechende LED aufleuchtet. Die Anzeige kann durch die Justierung einen weiten Temperaturbereich umfassen, aber wir finden den folgenden Bereich am nützlichsten. Die Justierung wird am besten nicht im Auto vorgenommen, schon der Bequemlichkeit wegen. Sie brauchen einen Platz, um Wasser zu kochen sowie 12 V Gleichspannung, um das Gerät zu versorgen.

Schließen Sie den Heißleiter des Ölmeßstabs und die Versorgungsspannung an, aber lassen Sie am Anfang den Fühler noch aus dem Wasser. Beim Einschalten sollte die erste gelbe LED leuchten. Halten Sie das Ende des Fühlers in das kochende Wasser, aber kommen Sie dabei dem Topfboden nicht zu nahe, um Berührungen und damit auch falsche Ergebnisse zu vermeiden. Wenn der Fühler in das heiße Wasser eintaucht, sollte der Lichtpunkt der Anzeige zum 'heißen' Ende (den drei roten LEDs) springen.

Nachdem sich die Anzeige stabilisiert hat, stellen Sie RV1 so ein, daß die letzte grüne LED gerade ausgeht und die erste rote LED anfängt zu leuchten. Das gilt jedoch nur, wenn Sie in Meereshöhe wohnen, da der Siedepunkt des Wassers vom atmosphärischen Druck abhängt. Wenn Sie das Gerät einige hundert Meter über dem Meeresspiegel justieren, stellen Sie RV1 so ein, daß die vorletzte grüne LED gerade ausgeht und die letzte grüne LED dafür angeht. Der angezeigte Temperaturbereich sollte jetzt mit unserer Skala übereinstimmen.

## Einbau

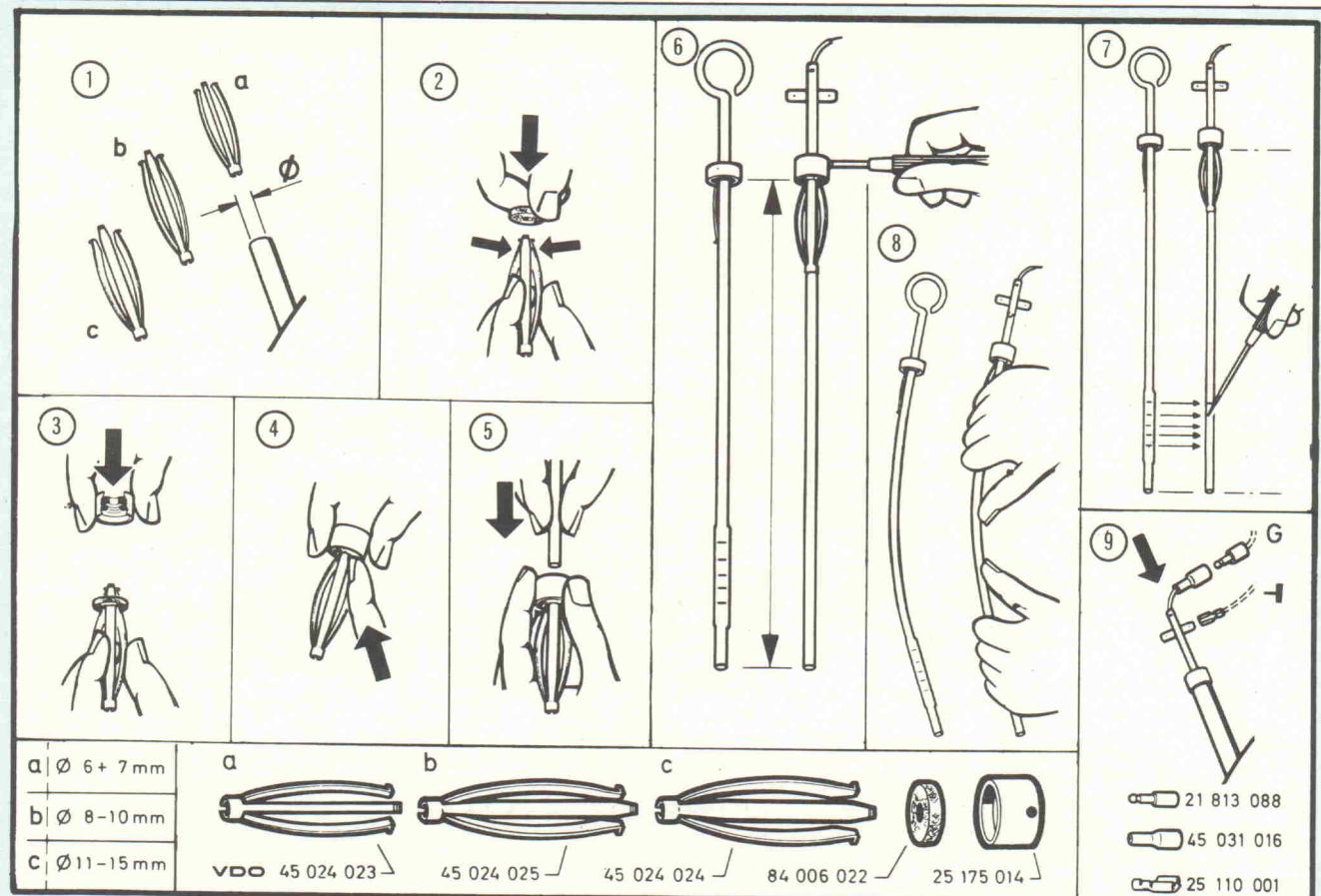
Die Printplatte kann an einer beliebigen Stelle in oder unter das Armaturenbrett im Sichtfeld des Fahrers montiert werden. Um gute Ablesbarkeit zu gewährleisten, ist die Anzeige dabei vor Fremdlicht zu schützen.

Die Zuleitungen des Ölmeßstabs sollten

entlang vorhandener Drähte oder der Tachometerwelle durch die Trennwand geführt werden; es empfiehlt sich zusätzlich eine Befestigung an einem Träger, so daß nicht die Gefahr besteht, daß das Kabel in den Ventilator gerät.

Die Batteriespannung kann von irgend einem beliebigen Punkt unter dem Ar-

maturenbrett entnommen werden, z. B. vom Sicherungskasten, aber stellen Sie sicher, daß das Gerät mit der Zündung ausgeschaltet ist. Der OV-Anschluß kann an einen beliebigen Punkt am Chassis abgenommen werden.



## Zusammenbau des Ölmeßstabes

Der VDO-Ölmeßstab wird mit einem Prüfstab, diversen Stahlfingerfedern, einem Dichtungsring, einem Stahlkragen und diversen Verbindungsteilen geliefert.

Um den verschiedenen Autotypen gerecht zu werden, sind zwei verschiedene Stablängen lieferbar: 300 mm und 500 mm.

Die VDO-Geschäftsstellen oder Zubehörhändler werden Ihnen sicher helfen, den richtigen Stab zu wählen. Nach dem Kauf des Stabs müssen Sie den passenden Federsatz aussuchen und die Einsetztiefe in den Motor festlegen. Die folgenden Bilderläuterungen zeigen Ihnen, wie's gemacht wird.

### Bild 1

Dem 500 mm langen Fühler sind drei und dem 300 mm langen Fühler zwei Federsätze beigelegt. Die Auswahl der richtigen Feder hängt vom Durchmesser des Ölmeßstabs im Motorblock ab.

### Bild 2

Pressen Sie die Federfinger mit den Fingern zusammen und stülpen Sie den Dichtungsring darüber.

### Bild 3

Halten Sie die Federfinger beisammen und setzen Sie den Stahlkragen auf. Lassen Sie die Feder los und drücken Sie die Enden in die Nut des Kragens.

### Bild 4

Pressen Sie den Dichtungsring in den Kragen hinein.

### Bild 5

Schieben Sie das Ganze auf einen Stab. Sie brauchen sich nicht zu sorgen, daß die Feder wieder herausrutschen könnte, weil der Stab die Federenden fest in die Nut des Kragens preßt.

### Bild 6

Entnehmen Sie den Originalmeßstab und legen Sie ihn neben den neuen Führer an.

Verschieben Sie die Feder entlang des Stabes so lange, bis die Länge mit der Ihres alten Stabs übereinstimmt. Das ist **sehr wichtig**, weil eine falsche Länge einen falschen Ölpegel abgeben würde und vielleicht sogar mit der Kurbelwelle in Berührung käme!

### Bild 7

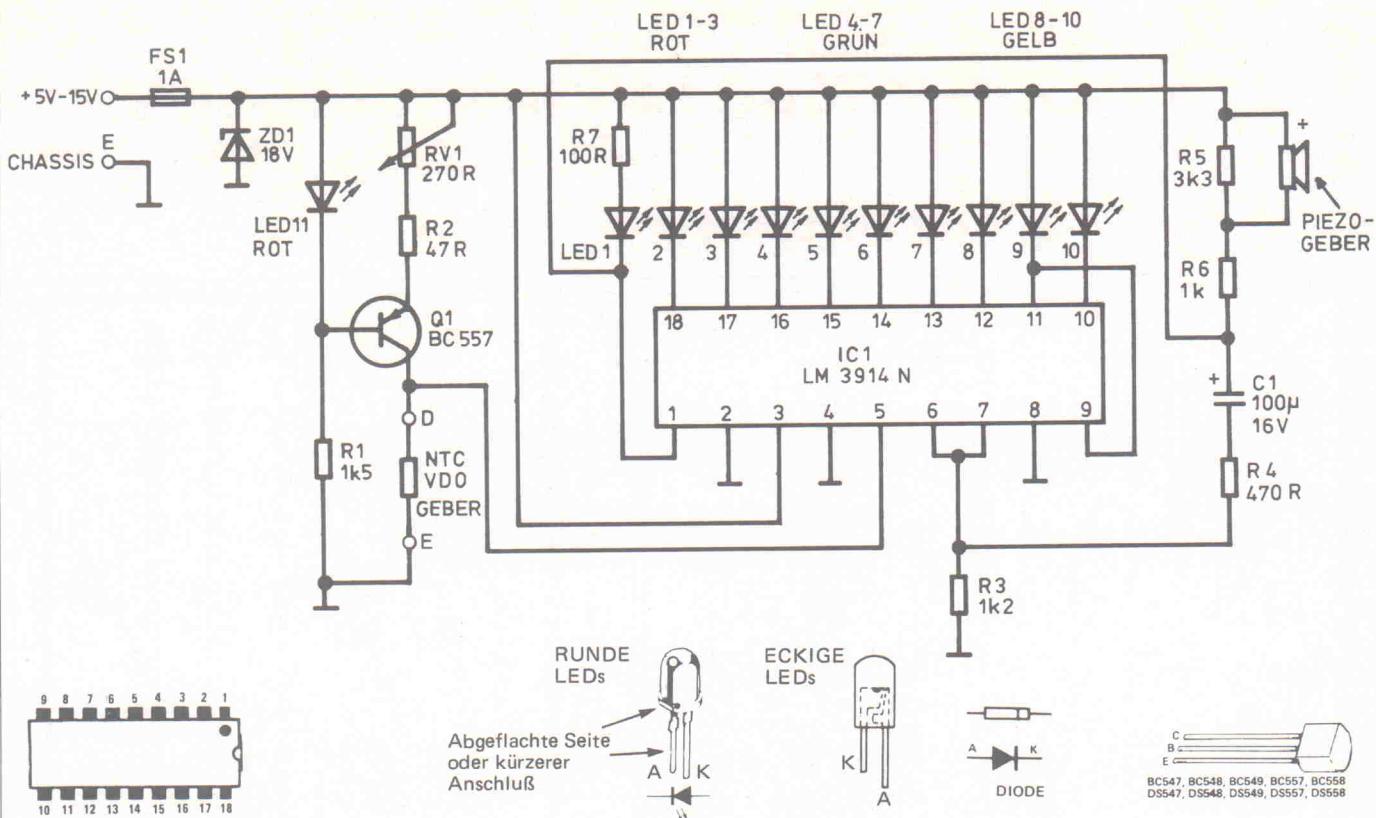
Ziehen Sie die Madenschraube am Kragen fest an. Der Ölmeßstab kann auf den neuen Stab geschrieben oder eingraviert werden.

### Bild 8

Falls der Originalstab gebogen ist, kann der neue Stab vorsichtig entsprechend verbogen werden.

### Bild 9

Schließen Sie zuletzt ein entsprechend langes Kabel an, das ausreicht, um durch die Trennwand geführt und an die Platine angeschlossen zu werden.



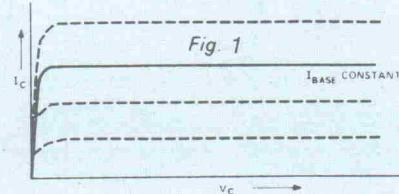
Das komplette Schaltbild des Ölthermometers.

### Wie funktioniert's?

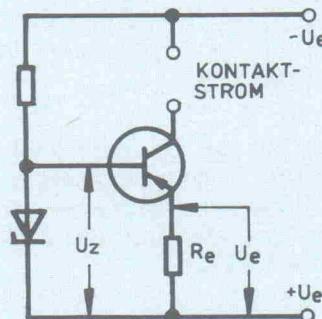
Temperatursensor ist ein Heißleiter, der in einem Ölmeßstab eingearbeitet ist und der mit einem konstanten Strom betrieben wird. Die Spannung, die am Heißleiter anliegt, ist proportional zur Öltemperatur und wird von einem LM 3914N (Leuchtbandanzeige) ausgewertet und angezeigt. Die Anzeige besteht aus 10 hintereinander geschalteten LEDs, die der LM3914N im Punktbetrieb betreibt, so daß immer nur eine LED leuchtet. Der LM3914N arbeitet in seinem vollen Bereich als 0–1,2 V Voltmeter, mit zehn Anzeigeschritten je 120 mV. Ein akustischer Alarm wird – falls gewünscht – von einem Piezo-Wandler erzeugt, der von der letzten LED (die den höchsten Temperaturbereich anzeigt) betrieben wird.

Falscher Polung oder zu hoher Spannung beugt die Zenerdiode ZD1 vor.

Betrachten wir zuerst, wie die Konstantstromquelle arbeitet! Transistor Q1 und die mit ihm verbundenen Bauteile erzeugen den Strom für den Fühler. Bild 1 zeigt die Kol-



lektoreigenschaften eines typischen Siliziumtransistors. Wenn der Basisstrom konstant gehalten wird, bleibt auch der Kollektorstrom für einen weiten Bereich konstant. Bild 2 zeigt das prinzipielle Schaltbild einer Konstantstromquelle. Die Spannung zwischen Basis und Emitter wird von einer Zenerdiode konstant gehalten. Somit liegt am Emitterwiderstand die gleiche konstante Spannung ( $V_e$ ) an, wie an der Ze-



nerdiode ( $V_z$ ), minus der Basis – Emitter Spannung im Transistor (bei Silizium-Transistoren gewöhnlich 0,6 V).

Mit einer festen Spannung am Widerstand  $Re$  ist der Strom also konstant. Folglich sind damit auch der Emitterstrom und der Kollektorstrom des Transistors konstant.

Der Widerstand, der die Zenerdiode mit Strom versorgt, ist so dimensioniert, daß der Zenerdiodenstrom fünf- bis zehnmal größer ist, als der Basisstrom des Transistors.

Solange etwa ein Volt am Emitter und Kollektor anliegt, bleibt der Kollektorstrom so lange auf dem gewählten Wert, bis der Strom zu groß wird und den Kollektor seiner Arbeitsspannung beraubt.

Da sich der Widerstand des Heißleiters nicht linear zur Temperatur verhält, ist auch das Anzeigergebnis nicht ganz linear. Mit  $RV1$  wird der Konstantstrom, der durch den Heißleiter fließt, eingestellt und damit der Temperaturmeßbereich.

Genauere Funktionsbeschreibungen finden Sie in dem Artikel 'LED-Skalen' (Elrad 5/80).



# Wochenend-Projekt

## Milli-Ohmmeter



Mit diesem genauen Meßgerät können Sie in 4 Bereichen Widerstände zwischen hundert Ohm bis herunter zu wenigen Milliohm messen. Es kann als eigenständiges Meßgerät oder als Zusatzgerät für ein vorhandenes Multimeter aufgebaut werden. Konstruiert und entwickelt von Ray Marston.

Wollten Sie schon einmal den Widerstand einer Transistorwicklung oder einer verdächtigen Lötstelle messen und mußten feststellen, daß Ihr zuverlässiger Multimeter dafür nicht empfindlich genug war? Unser Milli-Ohmmeter löst diese Probleme. Es ermöglicht eine genaue Widerstandsmessung in 4 Meßbereichen von hundert Ohm bis herunter zu wenigen Milliohm. Dabei wird in Vierleiter-Technik gemessen, um Fehler durch die Meßleitungen auszuschließen.

Unser Milli-Ohmmeter enthält zwei unabhängige Schaltungsteile, die auch jeweils eine voneinander unabhängige Stromversorgung haben, nämlich eine Konstant-Stromquelle für mehrere Meßbereiche und ein Gleichspannungs-Millivoltmeter mit einer Empfindlichkeit von 10 mV für den Meßbereichsendwert. Die Stromquelle wird benutzt, um einen konstanten Meßstrom durch den zu prüfenden Widerstand fließen zu lassen, während das Voltmeter die abfallende Spannung direkt über dem Widerstand mißt. Man erhält bei dieser Meßmethode den wahren Widerstandswert; Einflüsse der Meßkabel werden ausgeschlossen. Bei der üblichen Widerstandsmessung geht der Widerstand der Meßleitungen nämlich in die Anzeige mit ein und verursacht dadurch einen Meßfehler. Die Vierleiter-Meßtechnik wird überall in Laboratorien bei Präzisionsmessungen angewendet, weil sie diesen Fehler 'von Natur aus' umgeht.

Das Ohmmeter mißt 100 Milliohm (OR1) im empfindlichsten Bereich mit 100 mA Meßstrom. Die Batterie B1 muß diesen Strom ohne größeren Spannungs-einbruch liefern können. Die Schaltung verbraucht nur Strom, solange der Test-Schalter SW1 geschlossen ist. SW1 ist ein Taster und im Ruhezustand geöffnet.

### Aufbau

Das Milli-Ohmmeter kann entweder als eigenständiges Meßgerät mit eingebauten Batterien und Drehspulmeßwerk oder als Zusatzgerät für ein vorhandenes Multimeter aufgebaut werden. Im letzteren Fall wird ein 1 V DC Meßbereich benötigt.

Sie beginnen den Bau mit der Bestückung der Leiterplatte. Hat Ihr Voltmeter oder Vielfachmeßgerät eine Empfindlichkeit von 100  $\mu$ A (10 k $\Omega$ /V) oder besser, dann geben Sie R9 einen Wert von 10 k $\Omega$ . Bei einer Empfindlichkeit von 1 mA (1 k $\Omega$ /V) oder besser reduzieren Sie R9 auf den doppelten Ohm-pro-Volt-Wert Ihres Meßgerätes. Wenn Sie ein eigenständiges Meßgerät aufbauen wollen und ein Drehspulinstrument mit 100  $\mu$ A Vollausschlag verwenden, müssen Sie zwischen Platine und Meßwerk den Widerstand R12 einlöten. Dieser entfällt jedoch bei Verwendung eines Multimeters.

Bei der Bestückung sollten Sie darauf achten, daß Sie für PR2 einen Cermet-Wendeltrimmer verwenden und daß seine Spindel über die Kante der Leiterplatte hinausragt. Diese Leiterplattenseite soll nach vorn zeigen. Löten Sie vier flexible Drähte an die markierten Lötstellen an der Vorderseite der Leiterplatte. Nun passen Sie die Leiterplatte in das von Ihnen gewählte Gehäuse ein. In die Vorderseite des Gehäuses bohren Sie ein kleines Loch, fluchtend mit PR2, damit Sie später von außen einen Nullabgleich durchführen können. Durch zwei weitere Bohrungen in der Frontseite führen Sie paarweise die Meßleitungen für den Strom (I) und die Spannung (U) heraus. Die Strom-Meßleitungen sollten Sie eventuell mit Klemmen versehen, damit Sie Widerstände zum Messen leicht und schnell an-

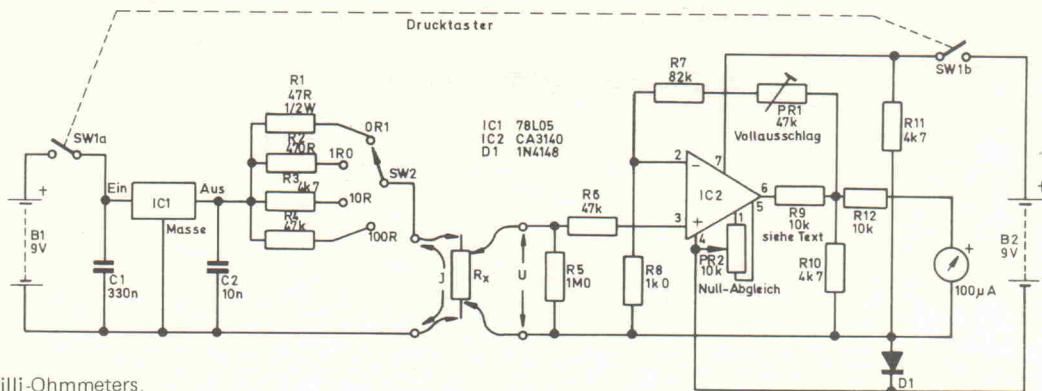
schließen können. Nun bohren Sie den Gehäusedeckel und montieren die Schalter SW1 und SW2. Zuletzt befestigen Sie die Leiterplatte im Gehäuse und vervollständigen die Verkabelung der Schalter.

### Abgleich und Bedienung

Nachdem der Aufbau beendet ist, schließen Sie beide 9 V-Batterien an die Schaltung an, wobei zu beachten ist, daß B1 in der Lage sein muß, 100 mA zu liefern. Die normale 9 V-Blockbatterie wird dafür ausreichen. Nun verbinden Sie die M-Anschlüsse mit einem 1 V DC-Meßgerät oder Multimeter bzw. mit dem Drehspulinstrument. Sie schließen die beiden U-Anschlüsse kurz, drücken den Test-Schalter und stellen mit PR2 das Meßgerät auf Null ein.

Als nächstes stellen Sie SW2 auf den 100 R-Meßbereich und löten einen 100  $\Omega$ -Widerstand (1% oder besser) zwischen die I-Anschlüsse. Nun schließen Sie die U-Anschlüsse direkt am Widerstand an, schließen den Test-Schalter und stellen mit PR1 das Meßgerät auf Vollausschlag. Das Milli-Ohmmeter ist nun abgeglichen und fertig zum Messen.

Bei der Benutzung des Gerätes bedenken Sie bitte, daß über die I-Anschlüsse ein Meßstrom durch den zu prüfenden Widerstand fließt. Die U-Anschlüsse messen die Spannung, die sich direkt über dem Widerstand aufbaut. Dazu müssen die U-Anschlüsse immer direkt am Widerstand angelegt werden, wie im Schaltbild dargestellt. Bei Benutzung des Meßgerätes im empfindlichsten Bereich (OR1) sollte die I-Leitung so kurz wie möglich gehalten werden. In diesem Fall bewirkt ein Leitungswiderstand von 1 Ohm einen maximalen Meßfehler von 2% bei 100 Milliohm Meßwiderstand.



Schaltbild des Milli-Ohmmeters.

### Wie funktioniert's?

Die Schaltung der Konstantstromquelle ist sehr einfach. Ein 5 V-Spannungsregler (IC1) erzeugt den Meßstrom  $I$ , der durch R1 bis R4 bestimmt wird. In jedem Meßbereich ist der Wert des zu prüfenden Widerstandes sehr klein, bezogen auf den strombegrenzenden Widerstand, und die Meßspannung (10 mV bei Skalenendwert) ist sehr klein gegenüber den 5 V des Spannungsreglers. Folglich ist in jedem Meßbereich der Meßstrom praktisch unabhängig vom Leitungswiderstand der Meßkabel, usw. Im empfindlichsten (100-Milliohm) Meßbereich ( $I = 100 \text{ mA}$ ) bewirkt ein Ohm Leitungswiderstand einen maximalen Fehler von 2% vom Skalenendwert. Ein gleicher Leitungswiderstand bewirkt nur 0,002% Fehler im 100R-Bereich ( $I = 100 \mu\text{A}$ ). Deshalb werden die Meßfehler in der Praxis hauptsächlich durch die Genauigkeit von R1 bis R4 bestimmt.

Das DC-Millivoltmeter mit IC2 ist eine wirklich konventionelle Schaltung. Es wird mit dem Operationsverstärker CA 3140 aufgebaut, der mit Eingangsspannungen bis herunter zu null Volt arbeitet. Um zu ermöglichen, daß der Ausgang (zum Zwecke des Nullabgleichs) sogar negativ werden kann, wird mit dem Strompfad R11, D1 eine Versorgungsspannung von -600 mV erzeugt. Der Widerstand R9 wird benötigt, um die maximale Spannung am Meßgerät auf etwa 2 V zu begrenzen, damit das Meßgerät nicht zerstört werden kann, falls das Milli-Ohmmeter auf einen falschen Meßbereich eingestellt ist. Mit PR1 ist die Empfindlichkeit des Gerätes in einem begrenzten Bereich zum Eichen einstellbar, um Fehler des Meßstromes zu kompensieren.

### Stückliste

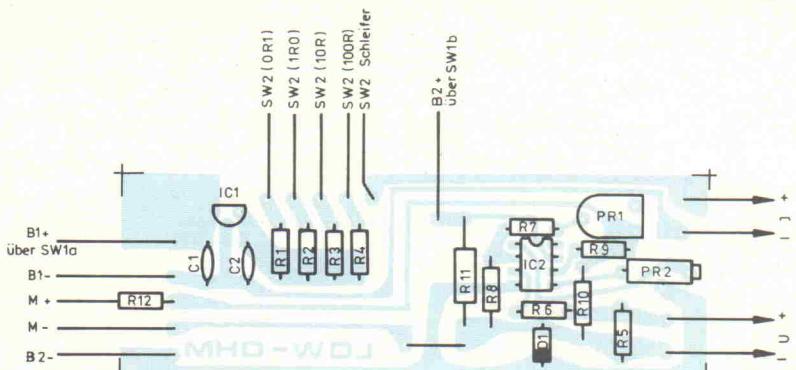
Widerstände 1/4 W, 5%	
R1	47R 1/2 W, 1%
R2	470R, 1%
R3	4k7, 1%
R4	47k, 1%
R5	1M0
R6	47k
R7	82k
R8	1k0
R9	10k
R10, 11	4k7
R12	10k

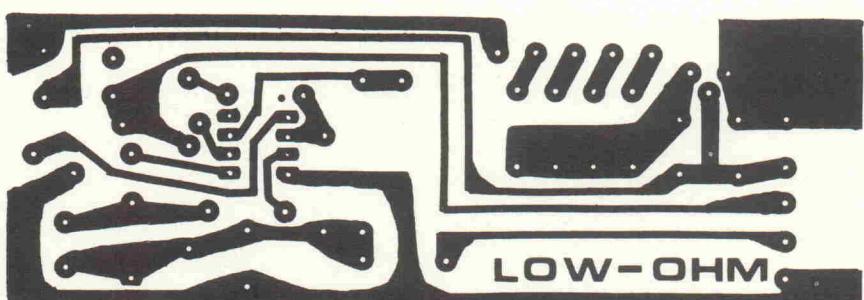
Potentiometer	
PR1	47k Trimmer
PR2	10k 10-Gang Wendeltrimmer

Kondensatoren	
C1	330n Folie
C2	10n Folie
Halbleiter	
IC1	78L05
IC2	CA3140
D1	1N4148

Verschiedenes	
SW1	2-poliger Drucktaster (in Ruhestellung geöffnet)
SW2	1-poliger Drehschalter mit 4 Schaltstellungen
M1	Drehspulmeßwerk 100 $\mu\text{A}$ oder Multimeter mit 1 V Vollanschlag
	Gehäuse, Meßleitungen mit Krokodilklemmen



Bestückungsplan für das Milli-Ohmmeter.



Das Platinen-Layout für das Milli-Ohmmeter

# Wochenend-Projekt

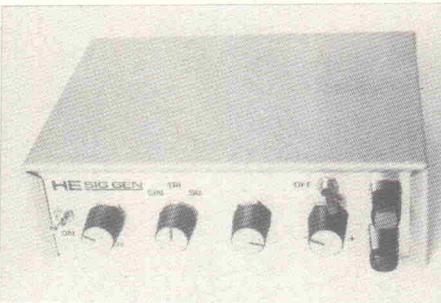
## Tongenerator

Unser Wochenend-Projekt von diesem Monat ist ein einfach zu bauender Signalgenerator mit vielen Besonderheiten, die man sonst nur bei teuren Geräten antrifft.

Kein Zweifel, wer sich viel mit Elektronik beschäftigt und nicht nur gelegentlich ein Gerät baut, benötigt einiges an Meßgeräten. Stammt das Gerät weiterhin aus dem Tonfrequenzbereich, so benötigt man irgendwann eine Tonquelle. Ein scharfsinniger Elrad-Leser wird vielleicht den Aux-Ausgang seiner Stereo-Anlage als Signalquelle benutzen, doch diese Methode bringt Nachteile; Amplitude und Frequenz des Signals können nicht definiert eingestellt werden. Was man wirklich benötigt, ist ein Signalgenerator wie dieser, der eine Anzahl verschiedener Schwingungsformen (Sinus, Dreieck oder Rechteck) mit beliebiger Amplitude erzeugt und der die Möglichkeit bietet, eine regelbare DC-Vorspannung zu der Ausgangsspannung zu addieren. Dies alles lässt sich mit zwei ICs ausführen, die von zwei 9 Volt Batterien gespeist werden.

### Aufbau

Es kann keine Komplikationen geben, wenn Sie unsere gedruckte Schaltungs-



Das fertige Gerät.

vorlage benutzen. Löten Sie zuerst die Widerstände ein, anschließend die Kondensatoren und die IC-Fassungen und setzen Sie zum Schluß die beiden ICs ein. Nach dem Verdrahtungsplan schließt man jetzt die Schalter, Potentiometer, Batterie-Clips und die Ausgangsbuchse an und prüft dann die Schaltung, bevor man sie in ein Gehäuse einbaut. Bringen Sie alle Regler und Potentiometer in Mittelstellung und schalten Sie das Gerät ein. Verbinden Sie den Ausgang mit einem

(passenden) Verstärker und regeln Sie die Lautstärke mit dem Amplitudenregler RV6 auf einen passenden Pegel.

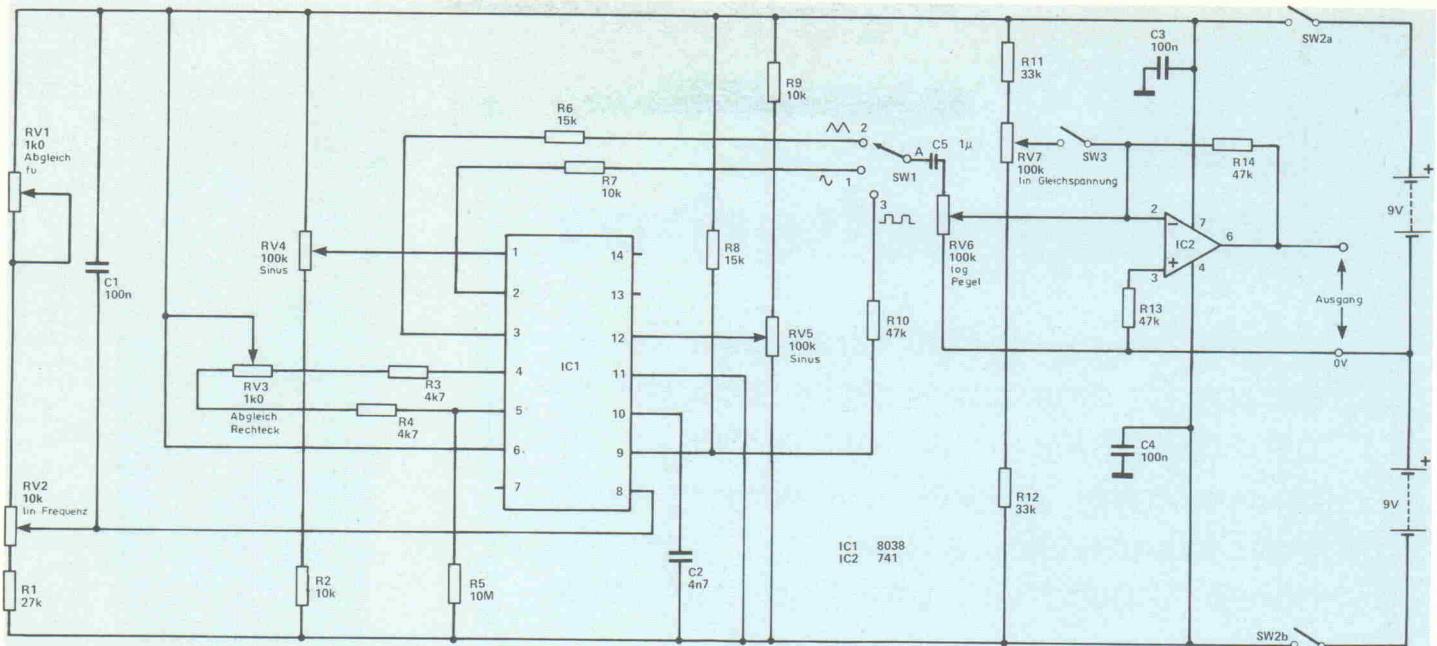
Nun schalten Sie SW1 auf 'Sinus' und öffnen SW3 (d. h. Abschalten der DC-Vorspannung). Durch Justieren von RV4 und RV5 lässt sich jede Verzerrung beseitigen und ein sauberer Sinuston müßte zu hören sein. Drehen Sie den Frequenzregler RV2 im Gegenuhrzeigersinn bis zur niedrigsten Frequenzeinstellung und korrigieren Sie mit RV1, bis der tiefste Ton des Generators zu hören ist. Wenn ein Oszilloskop zur Verfügung steht, kann eine weitere Korrektur mit RV3 erfolgen. Mit diesem Regler sollte das Rechteckverhältnis auf 50% eingestellt werden, d. h. eine halbe Wellenlänge positiv und eine halbe Wellenlänge negativ. Wenn kein Oszillograf zur Verfügung steht, lassen Sie den Regler in Mittelstellung; die Abweichung kann dann vernachlässigt werden. Nun kann das Gerät in ein passendes Gehäuse eingebaut werden.

### Wie funktioniert's?

Der integrierte Schaltkreis IC1 erzeugt Sinus-, Dreieck- oder Rechteckschwingungen mit hoher Genauigkeit. Die Frequenz der Schwingung hängt in erster Linie von der Lade- und Entladezeit des Kondensators C2 ab. Dieser Kondensator sollte im Idealfall ein sehr temperaturunabhängiger Typ sein; möglichst ein Styroflexkondensator, obwohl auch andere Arten mit einer geringeren Genauigkeit gebräuchlich sind. Die Ladezeit des Kondensators hängt vom Wert des Widerstands R3 ab. R4 bestimmt die Entladezeit. R3 und R4 sollten gleiche Werte haben, um eine symmetrische Schwingungsform zu erhalten. Mit

dem Regler RV3 lassen sich diese Widerstände korrigieren, um sicherzustellen, daß die Ladezeit des Kondensators gleich der Entladezeit ist, und um so eine symmetrische Schwingungsform zu erhalten. Die Spannung am Pin 8 des ICs bestimmt die Frequenz der erzeugten Schwingung. Indem man die Spannung an diesem Anschluß zwischen 5 und 9 V ändert, lässt sich eine Frequenz von 20 Hz bis 16 kHz erzeugen. Die Regelspannung wird dem Potentialteiler RV1, RV2 und R1 entnommen. Mit den Reglern RV4 und 5 lässt sich die Sinusverzerrung bis auf 0,5% verringern; dies lässt sich am einfachsten ausführen, indem man den Sinus abhört und so lange an beiden Reglern korrigiert, bis keine

Verzerrung mehr zu hören ist. Die Ausgangsspannungen des ICs liegen an Pin 2 (Sinus), 3 (Dreieck) und 9 (Rechteck) an. Der Schalter SW1 wählt eine der Wellenformen aus und verbindet sie über den Lautstärkeregler RV6 mit dem Verstärkerkreis IC2. Der Verstärker ist als Mixer geschaltet, obwohl er in seiner einfachsten Form (d. h. SW3 geöffnet) nur ein invertierender Verstärker ist, dessen Ausgangsspannung symmetrisch zu 0 Volt liegt. Wird der Schalter SW3 geschlossen, so wird eine DC-Vorspannung mit der Signalspannung gemischt, und die Ausgangsspannung kann bei konstanter Wechselspannungs-Amplitude auf und ab geregelt werden.



Das Schaltbild des Elrad-NF-Signal-Generators.

### Stückliste

Widerstände 1/4 W, 5%

R1	27k
R2,7,9	10k
R3,4	4k7
R5	10M
R6,8	15k
R10,13,14	47k
R11,12	33k

Potentiometer

RV1,3	1k0 Trimmer
RV2	10k lin
RV4,5	100k Trimmer
RV6	100k log
RV7	100k lin

Kondensatoren

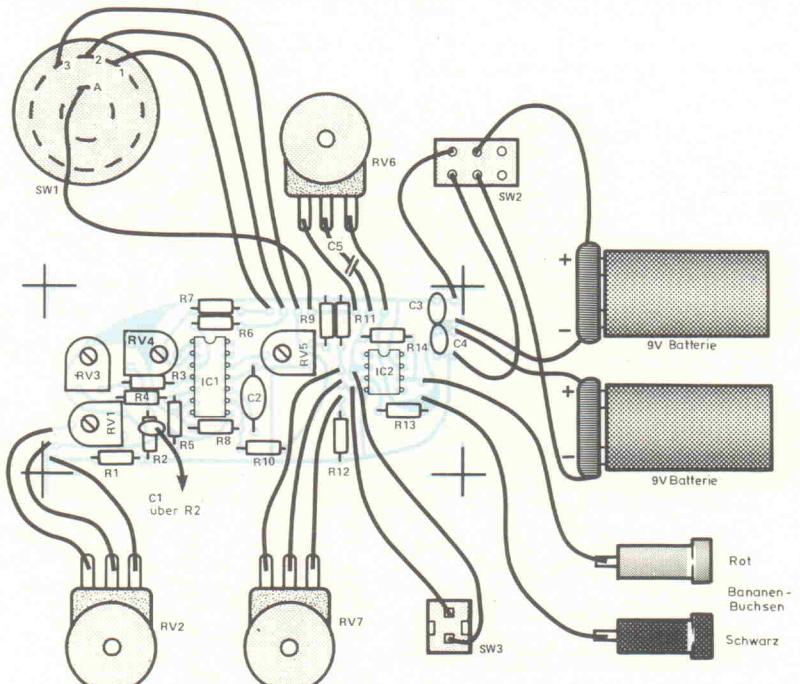
C1,3,4	100n ker
C2	4n7 Styroflex
C5	1μ MKH

Halbleiter

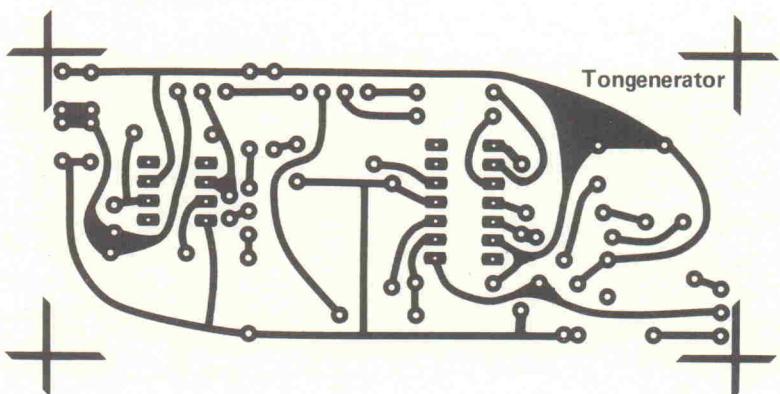
IC1	8038
IC2	741

Verschiedenes

SW1	1-polig, 3 Schaltstellungen
SW2	2-polig Ein
SW3	1-polig Ein
Gehäuse, 2 9 V-Batterien, Knöpfe, 2 Bananenbuchsen, IC-Sockel	



Bestückungs- und Verdrahtungsplan des Tongenerators.



Das Platinen-Layout für den Tongenerator.

# E 90-Lautsprecherbox

Wieder einmal bringt Elrad eine Bauanleitung für eine Lautsprecher-Box der Superlative. Eine Box, die sicher in die Spitzenklasse eingeordnet werden kann. Fünf Wharfedale-Lautsprecher sorgen für hohen Schalldruck und hohe Belastbarkeit.

Der Lautsprecherhersteller Wharfedale bietet den Hi-Fi-Fans mit der sogenannten 'E' Serie ausgesprochen schalldruckstarke Hi-Fi Boxen an, so wird im Abstand von 1m 95 dB bei 1 W erreicht (max. 120 dB). Die größte Box dieser Serie mit der Typenbezeichnung E 90 wollen wir in diesem Artikel als Selbstbau-Lautsprecher vorstellen. Ein großer Vorteil der 'Do it yourself'-Methode ist die beträchtliche Geldersparnis. Trotzdem kommen bei dieser Box auch im Selbstbau noch ca. 1000,- DM pro Box zusammen. Dafür erhält man allerdings Lautsprecher der 2000,- DM Klasse, die bei sorgfältigem Nachbau den Wharfedale Fertig-Boxen nicht nachstehen.

Wer sich also nicht vom Preis und den Abmessungen abschrecken lässt, wird nach der Fertigstellung von dem 'kernigen' Klang der Lautsprecher begeistert sein.

Vorsichtige Leute können sich in einem Hi-Fi-Studio die entsprechenden Fertigboxen anhören und sich einen Eindruck vom Klangbild der Lautsprecher verschaffen.

## Die technischen Daten

4-Wege Baßreflexbox  
Frequenzgang: 30 – 18000 Hz  
Übergangs-  
frequenzen: 150/800/7000 Hz  
Belastbarkeit: 140 (200 W)  
Impedanz: 8 Ω  
Volumen: 110 l  
Abmessungen: 1072 x 342 x 350

## Die Lautsprecherbestückung

### Hochtonhorn ET/02/01

Frequenzbereich 5 kHz – 18 kHz  
Schalldruck 98 dB  
Belastbarkeit 140/200 W

### Mitteltöner EM/10/1

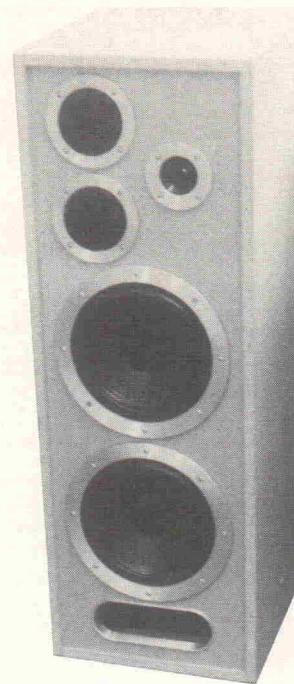
Frequenzbereich 800 Hz – 5 kHz  
Schalldruck 94 dB  
Belastbarkeit 70/110 W

### Tieftöner EB/25/1

Frequenzbereich 42 Hz – 1,5 kHz  
Schalldruck 95 dB  
Belastbarkeit 100/150 W  
Die Lautsprecher zeichnen sich durch stabile Druckgußchassis aus.

## Die Tischlerarbeit

Als Material für die Außenwände eignet sich eine einfache Spanplatte, die ca. 19 mm stark sein sollte. In einer Tischlerei oder einem Baumarkt lässt man sich die einzelnen Elemente maßgenau zusägen. Eventuell kann man sich hier auch gleich die Ausschnitte für die Lautsprecher und Baßreflexöffnung sägen lassen. Es geht allerdings auch recht einfach mit einer Stichsäge. Für die Hochtonlautsprecheröffnung benutzt man am sinnvollsten einen im Handel erhältlichen Vorsatz für Bohrmaschinen mit entsprechendem Durchmesser. Die Mittelpunkte der einzelnen Lautsprecher werden mit Lineal und Bleistift nach Plan fixiert. Als sehr hilfreich erweisen sich die auf der Rückseite der Wharfedale-Lautsprecherverpackung befindlichen Schablonen. Sie werden auf die entspre-



chenden Stellen der Schallwand geklebt, das erspart das etwas mühselige Anzeichnen mit dem Zirkel. Für die Baßreflexöffnung kann man direkt die Alu-Verkleidung als Schablone benutzen. Sind diese Arbeiten verrichtet, kann mit dem Verleimen der Spanplatten begonnen werden. Dabei sollte allerdings eine Seitenwand nur verschraubt werden, es erleichtert die weiteren Arbeiten ganz erheblich.

Das Verleimen muß sehr sorgfältig vorgenommen werden, auf keinen Fall darf mit Leim gespart werden. Wichtig ist auch, daß die zu verleimenden Flächen so stark wie möglich gegeneinandergepreßt werden.

Dazu eignen sich entsprechende Spannzangen. Natürlich kann man auch sämtliche Wände kräftig verschrauben und vor dem Anziehen der Schrauben die Flächen satt mit Holzleim bestreichen.

Die Mitteltonlautsprecher besitzen eigene Gehäuse, damit wird eine Beeinflussung der Baßlautsprecher vermieden. Gut geeignet sind hierfür Pappröhren mit mindestens 3 mm Wandstärke oder auch Plastikröhren, wie sie in der Hauskanalisation benutzt werden. Der Durchmesser sollte ca. 12 cm betragen.

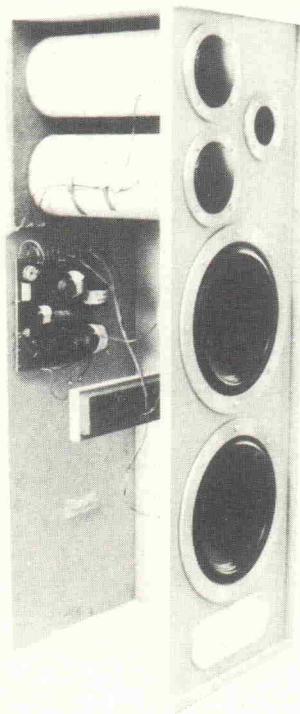
Die Länge sollte so gewählt werden, daß die Röhre stramm im Gehäuse sitzt. Besonders günstig ist es, zwischen Rohrende und Gehäuserückwand noch eine Weichfaserplatte anzuleimen (siehe auch Zeichnung). Die ganze Konstruktion muß natürlich sorgfältig und dicht miteinander verleimt werden.

Um Biegewechselungen des Gehäuses zu verringern, wird im Bereich des Tieftöners noch eine Verstärkung aus Spanplatte

zwischen den Seitenwänden angebracht, die Maße sind in der Zeichnung vermerkt.

## Einbau der Lautsprecher

Als nächster Arbeitsgang werden die Lautsprecher in die Schallwand montiert. Sämtliche Systeme besitzen einen stabilen Metallring mit entsprechenden Löchern für die Befestigung. Vor dem endgültigen Einbau der Lautsprecher wird an der Innenseite der Befestigungsringe noch eine Bahn Dichtband (Fensterdichtband o. ä.) geklebt. Diese Maßnahme gewährleistet, daß auch hier keine Luft entweichen kann, denn wie im Teil 'Wie funktioniert's' später noch beschrieben wird, darf nur durch die Baßreflexöffnung Luft befördert werden. Danach können die Lautsprecher mit kräftigen Holzschrauben an der Schallwand festgeschraubt werden.



Ein Blick in die noch ungedämpfte Box.

## Frequenzweiche und Verdrahtung

Die Frequenzbereiche gibt es als fertige Einheit unter der Bezeichnung EDN 3 von Wharfedale mit den Übergangsfrequenzen 150 Hz, 800 Hz und 7000 Hz. Wer Lust hat, kann sich natürlich die Weiche auch selbst bauen. Die benutzten Bauteile sollten allerdings hohe Qualität und geringe Toleranzen aufweisen. Wer nicht selbstwickeln will oder über kein Induktivitätsgerät verfügt, kann auf die im Handel erhältlichen fertigen Drosselspulen zurückgreifen.

Dabei ist darauf zu achten, daß besonders die Spulen für die beiden Baßweige möglichst große Drahtdurchmesser aufweisen

(1 mm oder mehr). Die Kapazitäten sollten mit Ausnahme des 150 µF Kondensators (Bipolarer Elko) aus verlustarmen Folienkondensatoren bestehen. Der gesamte Aufbau der Weiche findet auf einer stabilen Pertinaxplatte Platz, als Lötstützpunkte eignen sich z. B. Nietlötsen, die im Fachhandel erhältlich sind. Die fertige Frequenzweiche wird dann mit der Rückwand des Gehäuses verschraubt.

Hier wird auch der Lautsprecheranschluß platziert. Sehr gut sind spezielle Klemmkontakte, die auch größere Drahtdurchmesser aufnehmen können. Natürlich kann man auch ein festes Kabel zum Verstärkerausgang installieren. Nun können die Lautsprecher mit den entsprechenden Punkten auf der Weiche verbunden werden. Wichtig ist die richtige Polung aller Systeme. Normalerweise ist der +Pol auf dem Lautsprecherchassis vermerkt.

Nach der Verdrahtung sollte mit kleiner Leistung ein Probelauf vorgenommen werden, um alle Systeme gehörmäßig zu überprüfen.

## Dämpfungsmaßnahmen

Einen relativ großen Einfluß auf das Klangverhalten einer Lautsprecherbox haben die getroffenen Dämpfungsmaßnahmen im Gehäusehohlraum, d. h. mit wieviel Dämpfungsmaterial die Box ausgekleidet wird. Der Sinn der Dämpfung liegt in der Unterdrückung der Eigenschwingungen des Gehäuses. Diese sogenannten Gehäuseresonanzen können bei mangelhafter Unterdrückung zur Anhebung oder Absenkung bestimmter Frequenzen führen, das Übertragungsverhalten der Box wird unregelmäßig.

Die von uns beschriebene Baßreflexbox wird nicht, wie häufig bei geschlossenen Boxen, vollständig mit Dämpfungsmaterial gestopft, sondern hier werden nur die Gehäuseinnenflächen mit Dämpfungsmaterial bedeckt und mit einer Heftpistole befestigt. Für unsere Musterboxen haben wir sogenanntes, in Matten erhältliches 'BAF Wadding' benutzt. Prinzipiell kann jedes im Handel erhältliche Kunststofffasermaterial benutzt werden. Mit Einschränkungen eignet sich auch die im Baustoffhandel erhältliche Glas- oder Steinwolle. Auf keinen Fall darf die Baßreflexöffnung durch Dämpfungsmaterial verdeckt werden. Die Dicke des Dämpfungsmaterials sollte allerdings 25 mm nicht überschreiten. Die Röhren der Mitteltöner werden locker mit Dämpfungsmaterial gefüllt.

## Inbetriebnahme und Fertigstellung

Vor dem endgültigen Testlauf muß nun auch die letzte Seitenwand verschraubt

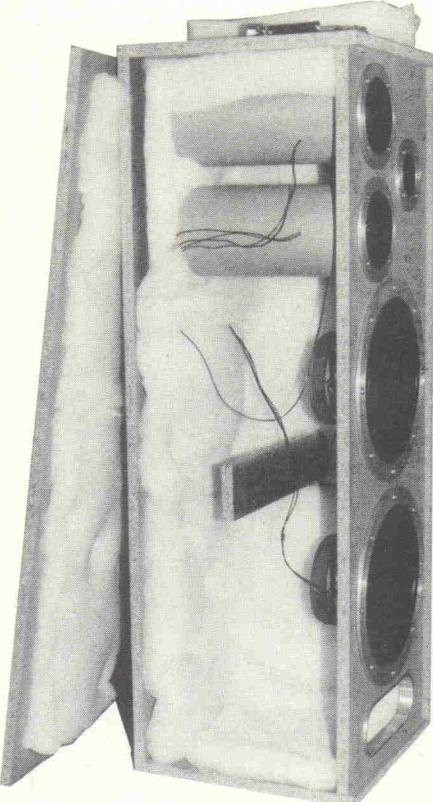
und verleimt werden. Wer allerdings noch mit dem Dämpfungsmaterial und der Weiche experimentieren will, sollte die Seitenwand erst einmal nur verschrauben. Um trotzdem Dichtigkeit zu gewährleisten, sollte dann auch hier Schaumstoffband benutzt werden.

Die Boxen sind als Standlautsprecher konzipiert, d. h., der optimale Aufstellungsplatz ist der Fußboden. Um eine Überbetonung der Bässe zu vermeiden, müssen die Boxen noch auf einen Sockel von ca. 6 cm Höhe gesetzt werden, wie es auch bei den Fertigboxen von Wharfedale der Fall ist.

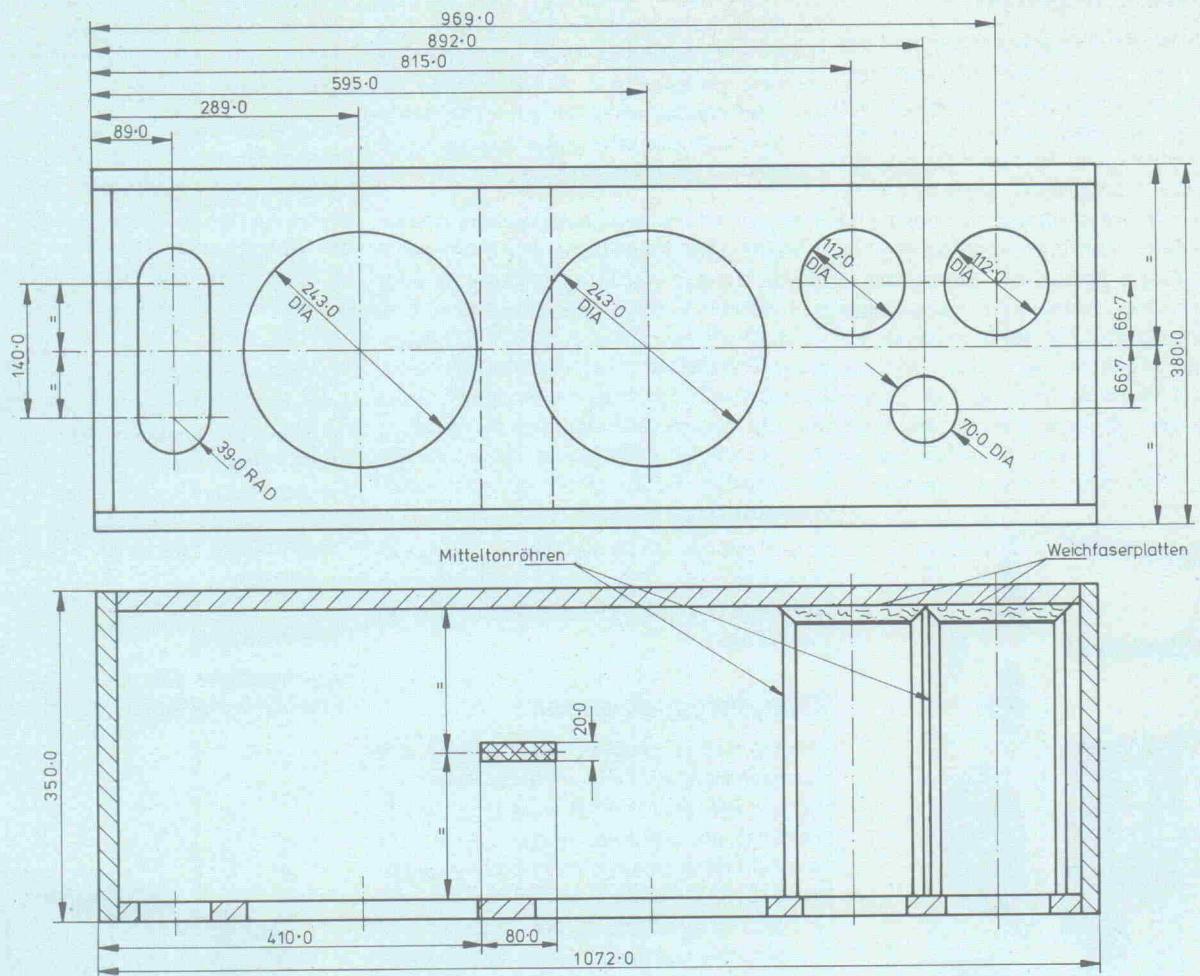
Nun kann es losgehen, ausgiebige Hörtests werden die Besitzer für die Mühen des Nachbaus entschädigen. Als abschließende Arbeit bleibt noch, die optischen Reize der Box durch Furnier oder Farbe zu erhöhen und die Lautsprecher vor spitzen Kinderfingern mit einer Stoffbespannung zu schützen.

## Liefernachweis:

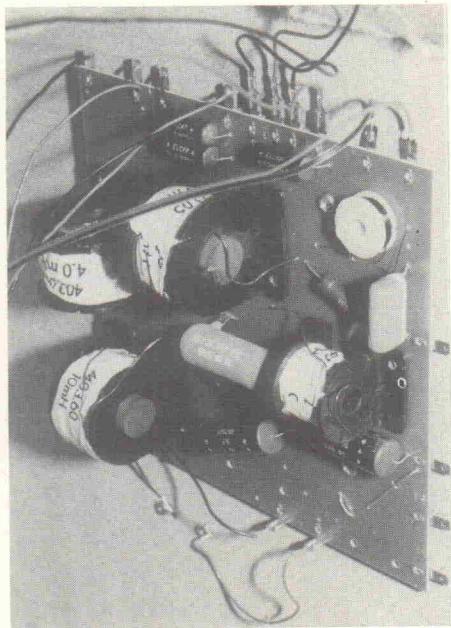
Bitte beachten Sie die Anzeige auf der hinteren Umschlagseite des Heftes.



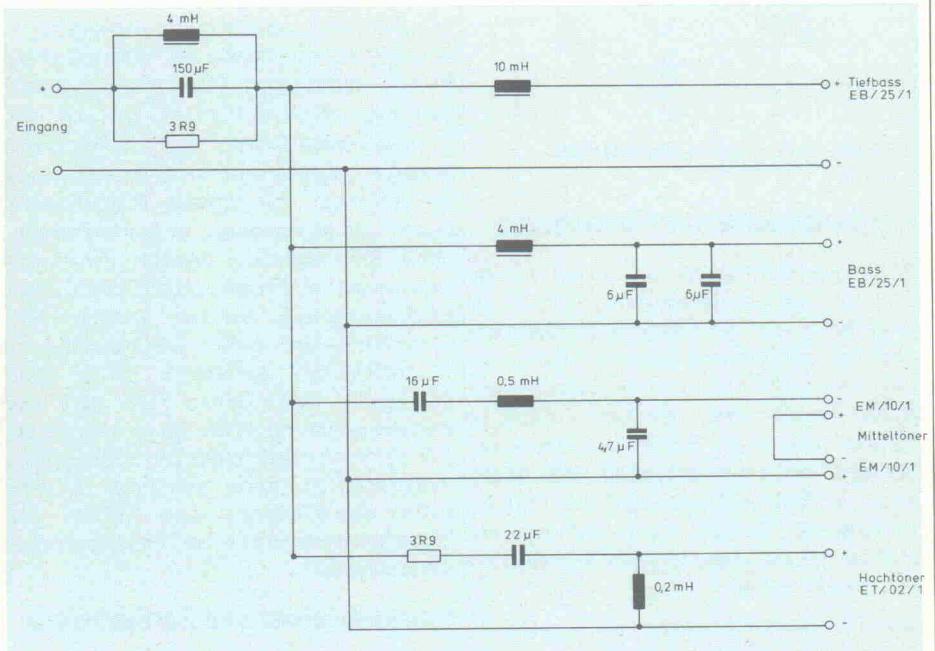
Die Box vor der Vollendung. Lediglich die Außenwand muß noch verleimt werden.



Die Bauzeichnungen für die E 90-Box (alle Maße in Millimetern).



Die Originalfrequenzweiche EDN3 fertig verdrahtet.



Das Schaltbild der Frequenzweiche.

## Wie funktioniert's?

Um den sogenannten 'akustischen Kurzschluß' bei tiefen Frequenzen zu verhindern, muß ein Tiefotonlautsprecher in ein entsprechendes Gehäuse eingebaut werden. Bei freier Abstrahlung würden die von der vorderen Lautsprecherfläche abgestrahlten Schallwellen kugelförmig um die Membran herumlaufen und an die Rückseite des Lautsprechers gelangen.

Die Wirkung wäre eine Auslöschung des Tonsignals, da sich Luftverdichtungen und Luftverdünnungen auf beiden Seiten der Membran ausgleichen. Um diese unliebsame Erscheinung zu verhindern, muß das Tiefotonchassis in eine Box oder an eine Schallwand entsprechender Größe gebaut werden.

Auf dem Hi-Fi-Markt haben sich in der Hauptsache geschlossene und sogenannte Baßreflexboxen sowie einige Sonderformen wie z. B. die Transmission-Line-Box (siehe auch Elrad 2/79) durchgesetzt.

### Die Baßreflexbox

Da es sich bei der E 90 um eine Baßreflexbox handelt, wollen wir hier auch das Funktionsprinzip dieser Box beschreiben. In einer geschlossenen Box stehen ja bekanntlich die von der Rückseite der Membran abgestrahlten Schallanteile nicht zur Wiedergabe zur Verfügung, sie werden im Gehäuse absorbiert. Anders ist dieses bei der Baßreflexbox, hier gelangt über eine zweite Öffnung (Baßreflexöffnung) der Schall an die Außenwelt. Diese Öffnung kann natürlich nicht in willkürlicher Form und Größe gewählt werden. Im Fall der E 90 Baßreflexöffnung handelt es sich um eine vom Computer vorgenommene Berechnung. Was will man nun mit der Zusatzöffnung erreichen? Die Baßabstrahlung von Lautsprechern ist ja bekanntlich stark vom Volumen der Box abhängig. Mit der Baßreflexöffnung wird die Abstrahlung des unteren

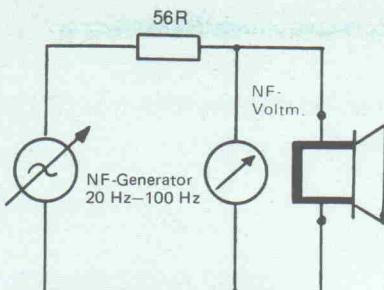


Bild 1. Mit dieser Schaltung wird das Diagramm (Bild 2) aufgenommen.

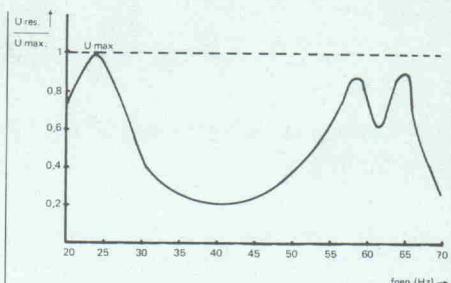


Bild 2. Das erste Maximum liegt bei der Gehäuseresonanz, die anderen zwei Maxima ergeben sich aus der Resonanz der beiden Tiefotoner.

Baßbereiches verstärkt, und so erreicht man bei gleichem Gehäusenvolumen höhere Schallpegel der tieferen Frequenzen und ist damit geschlossenen Boxen überlegen. Die Baßreflexbox kann man sich auch als Resonator vorstellen, die Eigenfrequenz wird mit der Öffnung bestimmt. Mit einer einfachen Meßanordnung lässt sich das Verhalten sehr anschaulich verdeutlichen (siehe Bild 1). Trägt man die Meßwerte in ein Diagramm ein, so entsteht eine Kurve, wie sie in Bild 2 zu sehen ist. Die Box hat drei Resonanzstellen (Maxima). Dabei zeigt die tiefere Resonanzstelle die Eigenresonanz des Gehäuses, die höheren die Eigenresonanzfrequenzen der Lautsprecher. Eine Baßreflexöffnung ist richtig abgestimmt, wenn beide Maxima die gleiche Amplitude haben. Im Spannungsrat zwischen den Resonanzstellen liegt dann die Eigenfrequenz des gesamten Systems.

### Die Frequenzweiche

Mit Frequenzweichen wird der abzustrahlende Frequenzbereich in mehrere Teilbereiche aufgetrennt. Dadurch können Lautsprecher benutzt werden, die auf diesen Bereich optimiert sind. In unserem Fall ist dieser Bereich in 4 Teile zerlegt. Der Tieftaubereich bis 150 Hz, der Baßbereich bis 800 Hz, ab 800 Hz übernehmen die Mitteltöner den Bereich bis 7 kHz, und danach wird der Schall vom Hochtoner abgestrahlt. Wichtig bei der Dimensionierung ist, daß unerwünschte Frequenzanteile von den verschiedenen Lautsprechersystemen ferngehalten werden. Erreicht wird dieses durch eine entsprechende Steilheit im Filterverhalten der Weiche. Die benutzte E 90-Weiche weist eine Steilheit von 6 dB/Oktave im unteren Tiefotonbereich und 12 dB in den übrigen Bereichen auf. Ein zweites wichtiges Kriterium für eine optimierte Frequenzweiche ist ein günstiges Phasenverhalten. Hörbar wird dieses durch gute Räumlichkeit und Ortbarkeit von Instrumenten.

Wer sich genauer mit der Dimensionierung von Weichen auseinander setzen will, den möchten wir auf den Artikel 'Lautsprecher-Weichen' in Elrad Heft 3/79 hinweisen.

### Der Klangindruck

Als Referenz diente eine ebenfalls selbstgebaute KEF-Baßreflexbox mit der Lautsprecherbestückung B 130, B 110 und T 27. Das Bruttovolumen dieser Box (Gehäuse Hados L 100) beträgt  $\approx 1001$ .

Auffällig war sofort, daß die E 90 im Vergleich zur KEF bei identischer Betriebsleistung erheblich mehr Lautstärke produzierte.

Der Hörtest wurde dann mit einem gemischten Plattenprogramm (Plattenspieler Thorens TD 160 mit AKG-System P8ES, Verstärker Technics) vorgenommen. Dabei zeigte sich die E 90 besonders bei Platten mit hoher Dynamik (Direktschnitte) der KEF etwas überlegen. Der Tieftaub kommt bei den Wharfedale-Lautsprechern kräftiger. Im Mitten- und Höhenbereich kann man beide Vertreter als gleichwertig einstuften. Beide Boxen produzierten das Musikprogramm (Jazz, Rock, Pop, Klassik) weitgehend verfärbungsfrei. Die KEF-Box muß man allerdings mehr als typisch englischen Vertreter einstuften. Sie zeichnet sich durch ein warmes zurückhaltendes Klangbild aus, eine Eigenart, die von vielen HiFi-Fans geschätzt wird. Die E 90 dagegen ist ein Vertreter der neuen Generation. Sie liefert einen äußerst knackigen, impulsreichen Sound bei extrem hohem Wirkungsgrad. Diese Eigenarten werden sich besonders bei den bald zu erwartenden Digitalplattenspielern auszahlen. W. Wendland

### Literaturhinweise

- Klinger 'Lautsprecher und Lautsprechergehäuse für Hi-Fi'
- RPB 105 Franzis' Verlag
- Elrad Heft 3/79 'Lautsprecherweichen'
- Elrad Heft 2/79 'Transmission-Line-Lautsprecher'
- Elrad Heft 11/80 '4-Wege-Box'

**Elektronik,  
die unter die Haut geht.**  
**Elrad**  
**informativ, kritisch  
gründlich, aktuell**

## WHARFEDALE

Britain's most famous speakers

Originalgetreue Kopien engl. HiFi-Boxen der Superlative, jetzt als Bausatz mit deutscher Garantie!!  
Nur Originaleile:  
Chassis, Weiche, Bauplante, Regler!



L60 217,- E50 498,-  
L80 296,- E70 645,-  
L100 345,- E90 998,-



Sofort lieferbar!  
Gesamt Katalog gegen 3,50 DM in BM

**C. PIRANG** Hi-Fi · Disco · P.A.  
HOCHWEG 1 8951 INGENRIED

# 7,5 MHz-Oszilloskop

Teil 1

K. W. Dugge

Ein Meßgerät so recht nach den Wünschen der Hobby-Elektroniker, klein, handlich, leistungsfähig und netzunabhängig.

Das nachfolgend beschriebene Oszilloskop ist im Vergleich zu herkömmlichen Geräten kleiner, leichter und preiswerter. Es ist kaum größer als ein Ziegelstein und etwa so schwer wie ein gutes Vielfach-Meßgerät. Es ist damit ideal für den mobilen Einsatz auf Baustellen, Montagen, an Kfz usw. geeignet. Das Gerät kann über einen Trenntrafo 220 V/12 V aus dem Netz oder direkt aus einer 12 V-Batterie gespeist werden. Es weist folgende Daten auf:

Röhre:  
DG7-32

Bandbreite:  
0...7,5 MHz (-3dB) bei 6Skt (1Skt = 7 mm)  
0...10 MHz (-3dB) bei 4Skt

Eingang:  
BNC-Buchse umschaltbar AC/DC/Masse

Empfindlichkeit:  
5mV/Skt...20 V/Skt in 12 geeichten 1/2/5-Stufen

Gehäuseabmessung:  
Tx B x H ca. 175x105x100 mm<sup>3</sup>

Masse:  
ca. 1000 g

Das Foto **Bild 1** zeigt die Frontansicht des Gerätes, **Bild 2** das Blockschaltbild. Die einzelnen Baugruppen sind über Flachbandleitungen miteinander verbunden. Über zwei Buchsen auf der Rückseite des Gerätes wird die Speisespannung von 12 V-Gleich- oder Wechselstrom zugeführt. Über einen mit dem X-Positions-Potentiometer gekuppelten zweipoligen Schalter gelangt die Speisespannung auf die Stromversorgungsplatine. Nach der Stabilisierung auf 10 V werden hier in einem

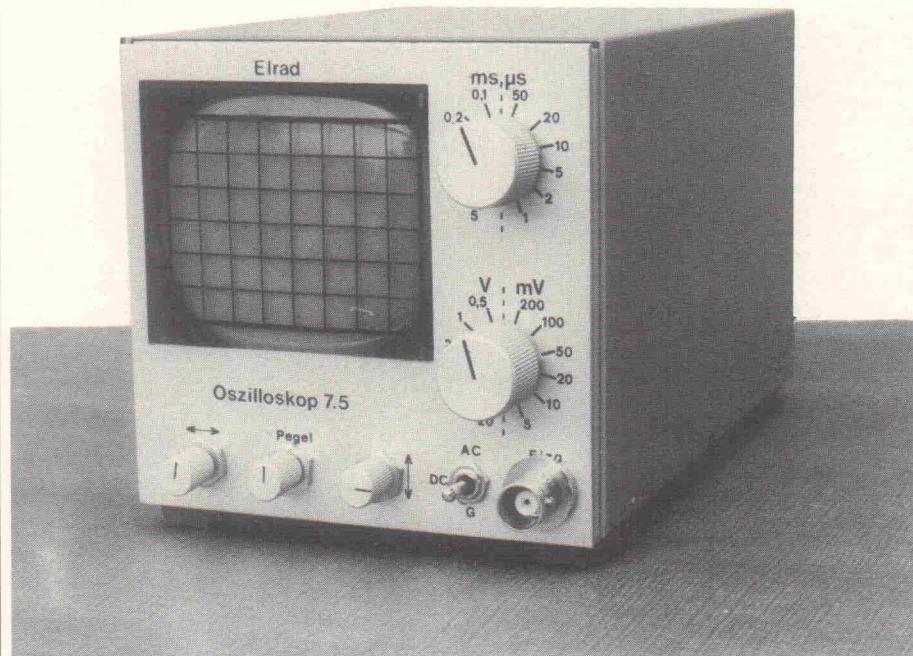


Bild 1. Das fertige Oszilloskop, allerdings noch ohne Lichtschutz für die Röhre

25 kHz-Gegentaktwandler die verschiedenen Betriebsspannungen erzeugt. Die eingangsseitige Stabilisierung hat den Vorteil, daß damit alle Betriebsspannungen gleichzeitig stabilisiert, d. h. von Versorgungsschwankungen unabhängig sind. Weil ein Gegentakt-Durchflußwandler einerseits eine Spannungsquelle geringen Innenwiderstandes darstellt und die Stromaufnahme der einzelnen Baugruppen weitgehend konstant ist, sind weitere Stabilisierungsmaßnahmen auf der Sekundärseite nicht erforderlich.

Auf der Stromversorgungsplatine befinden sich auch die Einzeltrimmer (Fokus, Astigmatismus, Helligkeit) und der Spannungsvervielfacher für die Röhrenbetriebsspannungen, so daß die Röhre bis auf die Ablenkplatten direkt von hier über eine

6adrige Flachbandleitung angeschlossen werden kann. Die Röhrenverbindungen führen direkt an den Sockel. Es wird keine Fassung verwendet, weil deren Zusatzkapazität die Bandbreite erheblich reduzieren würde.

Eine 7adrige Flachbandleitung versorgt die Hauptplatine mit den erforderlichen Betriebsspannungen und führt den (Strahlrücklauf-) Austastimpuls von der Hauptplatine auf die Wehneltzyylinder-Leitung G1. Die Hauptplatine enthält die Triggerorschaltung, den Sägezahngenerator und den X- und Y-Endverstärker.

Der Y-Vorverstärker befindet sich mit im Abschirmgehäuse des Eingangsspannungssteilers. Sein Gegentaktausgangssignal Q wird dem Y-Endverstärker auf der Hauptplatine zugeführt.

## Einiges zum Nachdenken!

Bevor Sie sich zum Nachbau des Oszilloskops entschließen, möchten wir Ihnen noch einige Tips auf den Weg geben. Es handelt sich hier nicht um eine Anfängeranleitung, es sollte mindestens ein Fachmann im Bekanntenkreis zur Verfügung stehen, der bei Schwierigkeiten

hilft. Auch mechanisch wird einiges Geschick vorausgesetzt.

Eine zweite Sache kann zum Problem werden. Die Beschaffung der Einzelteile! Leider sind bei so einer anspruchsvollen Bauanleitung relativ viele Spezialteile nötig. Haben Sie also Bauteilprobleme, so studieren Sie bitte den Anzeigeteil in Elrad.

Auch wird der Nachbau nicht ganz billig, so muß mit ca. 350,- bis 400,- DM gerechnet werden. Doch ein Vergleich der Daten mit Industriegeräten wird Ihnen zeigen, daß Sie trotzdem noch etwa 200,- DM sparen.

Eines können wir Ihnen aber versprechen, der Nachbau macht sehr viel Spaß, und das Ergebnis der Mühe ist ein wirklich hochwertiges Oszilloskop.

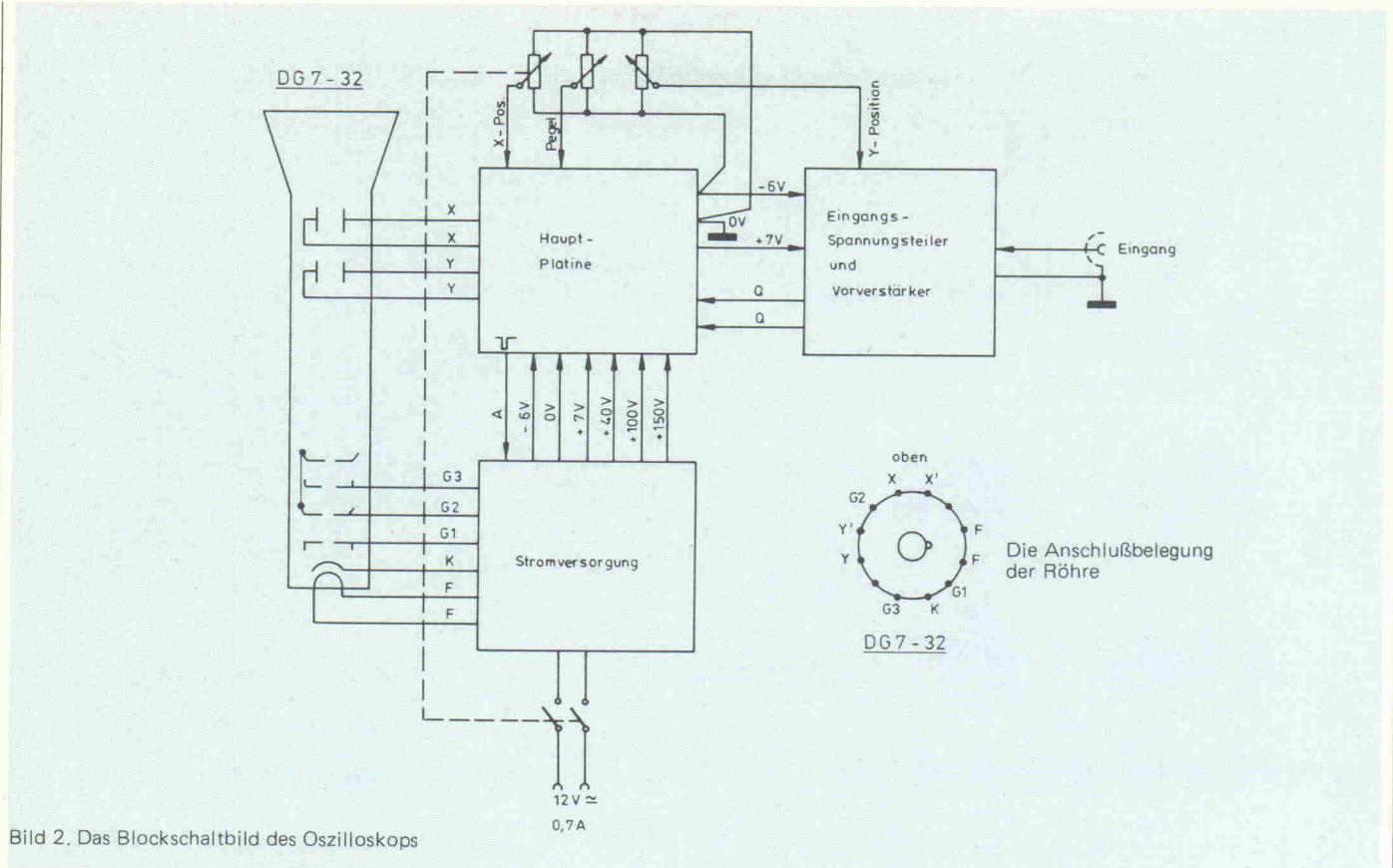


Bild 2. Das Blockschaltbild des Oszilloskops

Die drei auf der Frontplatte befindlichen Potentiometer (X- und Y-Position, Trig-gerpegel) sind über eine 5adrige Flach-bandleitung mit der Haupt- bzw. Vor-verstärkerplatine verbunden. Der ebenfalls auf der Frontplatte montierte Zeitschal-ter ist über drei Einzellitzen an die Haupt-platine angeschlossen.

Der Spannungsteilerschalter bildet mit der Spannungsteilerplatine und dem Vor-verstärker eine Baueinheit, so daß keine zusätzliche externe Verdrahtung erforderlich ist. Im folgenden sollen die einzelnen Baugruppen soweit beschrieben werden, wie es für einen erfolgreichen Nachbau erforderlich ist.

### Spannungsteiler und Vorverstärker

Das Eingangssignal gelangt über die BNC-Buchse und den Betriebsarten-Umschalter S2 auf den Eingangsspannungsteiler. Die Verdrahtung der Bauelemente BNC, S2 (C&K, Typ 7211) und C1 (auf S2 aufgeklebt) zeigt Bild 3.

Der Spannungsteiler bildet eine gemein-sam abgeschirmte Baueinheit, die den Schalter S1, die Spannungsteiler- und Vorverstärkerplatine enthält. Das Schalt-bild dieser Baugruppe zeigt Bild 4. Nach Durchlaufen des Spannungsteilers gelangt das Signal über R3 (Überspannungs-schutz für T1) auf das Gate des Dual-FET T1. Das zweite Gate dieses Transis-tors wird vom Y-Pos.-Potentiometer P1

angesteuert und erlaubt eine vertikale Verschiebung der Nulllinie auf dem Bildschirm. Elektrische Unsymmetrien in T1 lassen sich mit dem Trimmer P2 aus-gleichen. T1 in Sourcefolger-Schaltung dient lediglich der Anpassung des hoch-ohmigen Geräteeingangs und Spannungs-teilers auf den Eingangswiderstand des Vorverstärkers IC1. Die Verstärkung ist fest eingestellt mit R22. Ein symmetri-sches Ausgangssignal erscheint an Q und Q' und führt von hier über Einzellitzen zum Y-Endverstärker auf der Hauptplatine.

Der mechanische Aufbau dieser Baugrup-pe ist in Bild 5 gezeigt. Kernstück (und tragendes Bauteil) ist der Schalter S1 (SEL, Typ SM25-4-2E-25A-00U-No-Ag-1.

Ebenenbestückung nach Bild 6, Mitnehmer 70 lang, Gewindestangen M2x85 lang. Zubehör: 4 Distanzrollen 10 lang, 10 Di-stanzrollen 5 lang. Zwischen die Schalterm-ebenen 1 und 2 wird ein Abschirmblech 2 (Abmessungen Bild 7) eingebaut, zwischen Ebene 2 und 3 ein Abschirmblech 3 (Maße nach Bild 8). Die Abschirmbleche tragen die Spannungsteilerplatine und sind mit ihr (auf der Masseleiterbahn) verlötet. Den Abschluß des Schalters bildet die Vorverstärkerplatine. Die ganze Baugruppe wird vom Abschirmblech 1 (Abmessungen in Bild 5) umgeben, das mit dem Gehäuse-boden und dem Frontrahmen verschraubt ist.

Um eine sichere Masseverbindung des Schaltermitnehmers zu erreichen, wird vor der Montage eine Sicherheitsnadel als Masseschleifer nach Bild 9 auf das Ab-schirmblech 3 montiert.

Leiterplatten und zugehörige Bestückungs-pläne für die Spannungsteiler- und Vorver-stärkerplatine zeigen die Bilder 10 bis 13. Die Widerstände R1, R2, R12, R14, R16 und R17 sind direkt an die Schalterkon-takte gelötet. Der Widerstand R12 führt durch das Abschirmblech 2 (Bohrung Ø4). Die beiden Bohrungen Ø3 dienen der (isolierten!) Durchführung des Verbin-dungsdrähtes für die Schalterkontakte 1 sowie für die Verbindung R12/R13. Sinn-gemäß gilt das gleiche für R16 und Ab-schirmblech 3.

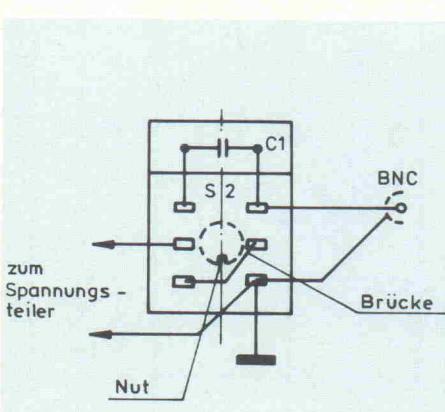


Bild 3. Die Verdrahtung des Betriebsarten-Umschalters

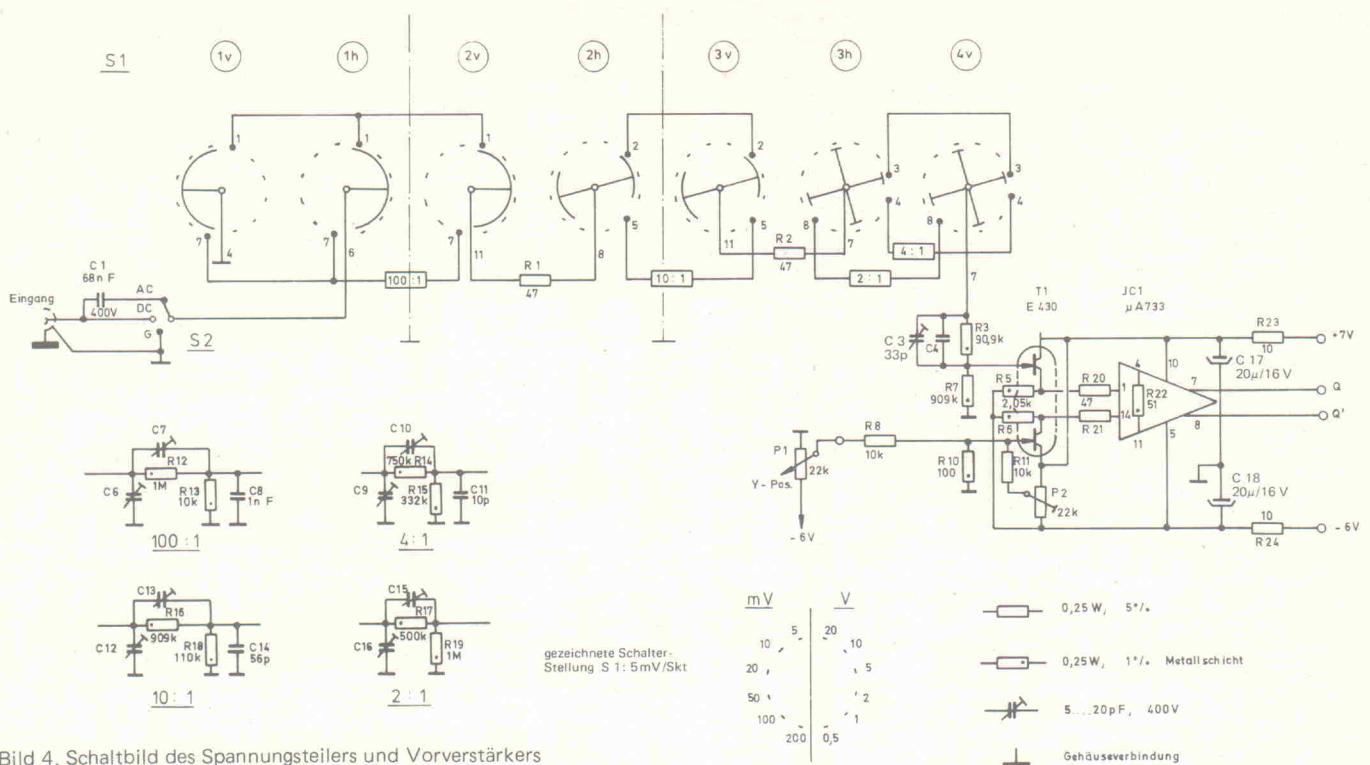


Bild 4. Schaltbild des Spannungsteilers und Vorverstärkers

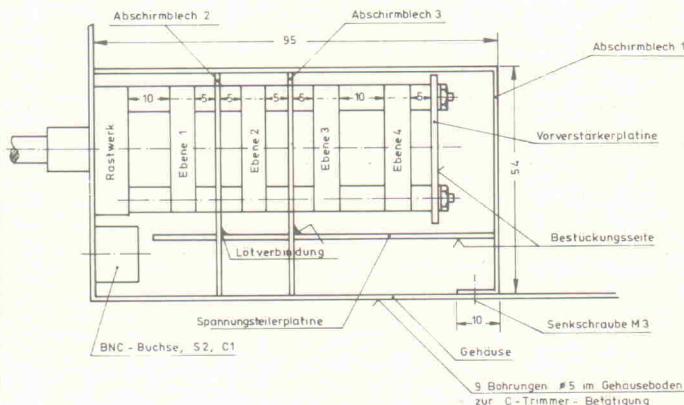


Bild 5. Zusammenbau der Gruppe Spannungsteiler und Vorverstärker

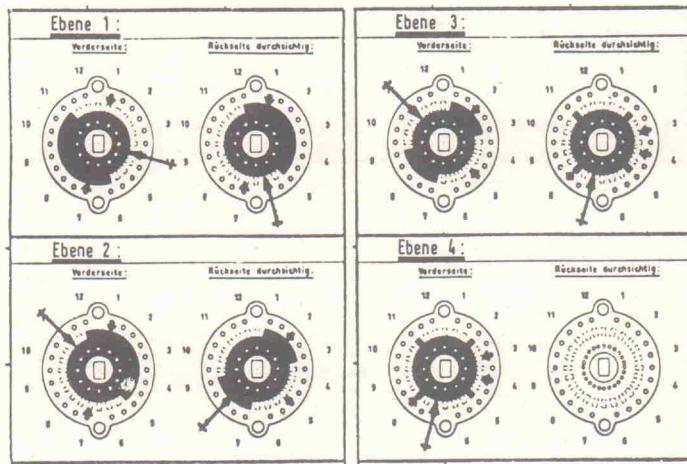


Bild 6. Die Kontaktbelegung der Schaltterebenen S 1

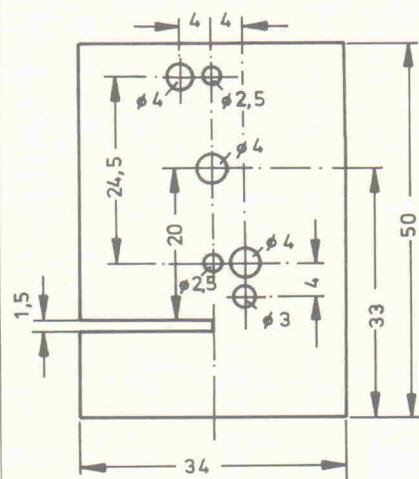


Bild 7. Abschirmblech 2

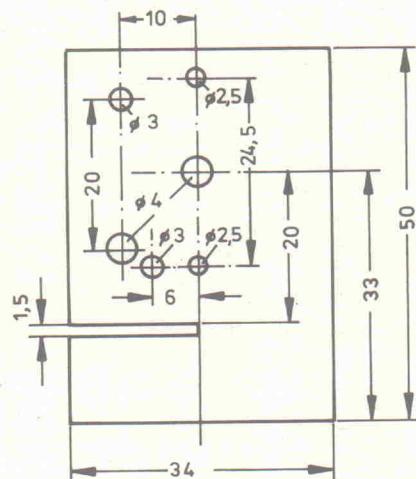


Bild 8. Abschirmblech 3

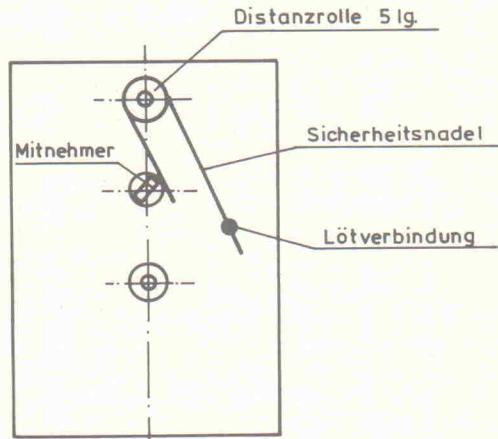


Bild 9. Nochmals Abschirmblech 3 mit der Sicherheitsnadel als Masseschleifer, die sonstigen Bohrungen (siehe Bild 8) sind hier nicht mitgezeichnet

## **Stückliste Eingangsteiler**

Widerstände 1/4 W, 5% (wenn nicht anders gekennzeichnet)

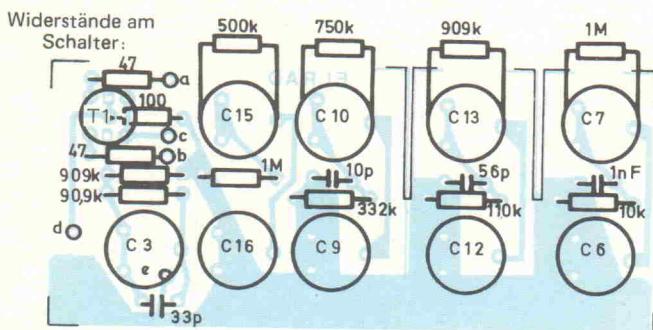
R1, R2	47R
R3	90k9 1% Metallschicht
R5, R6	2k05 1% Metallschicht
R7	909k 1% Metallschicht
R8	10k
R10	100R 1% Metallschicht
R11	10k
R12	1M 1% Metallschicht
R13	10k 1% Metallschicht
R14	750k 1% Metallschicht
R15	332k 1% Metallschicht
R16	909k 1% Metallschicht
R17	500k 1% Metallschicht
R18	110k 1% Metallschicht

R19	1M 1% Metallschicht
R20,21	47R
R22	51R
R23,24	10R
P1	22k Potentiometer
P2	22k Trimmer stehend
Kondensatoren	
C1	68n Folie 400 V
C3,C6,C7,C9,C10,C12,C13,C15	
C16	Folientrimmer Valvo 5 . . . 20p, 400 V
C4	33p ker.
C8	1n ker.
C11	10p ker.
C14	56p ker.
C17,18	22 $\mu$ Tantal 16 V

Halbleiter  
T1 E 430  
IC1  $\mu$  A 733

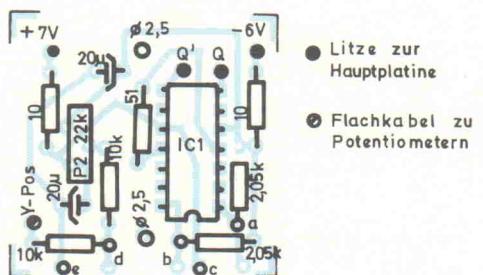
Sonstiges  
 S1 SEL Typ SM 25-4-2E-25A-  
 00U-No-Ag-1 (siehe auch Text),  
 S2 Schalter mit aktiver Mittel-  
 stellung (siehe auch Bild 3),  
 BNC-Buchse, 2 Platinen, Messing-  
 blech 0,5 (1) mm.

Sonstiges außerhalb der Platinen  
Gehäuse, Oszilloskopröhre  
DG 7-32, MU-Metall-Abschirm-  
zylinder für DG 7-32, div. mecha-  
nisches Material (siehe Zeichnungen).



a....e: zum Vorverstärker  
 bei a,b : Widerstandsdrähte nicht abschneiden,  
 dienen als Verbindungsleitung

Bild 10. Bestückungsplan der Spannungsteiler-Platine



- O a...e : zum Eingangsspannungsverteiler  
a,b,d: Widerstandsdrähte dienen als Verbindungsleitung

Bild 11. Bestückungsplan für die Vorverstärker-Platine

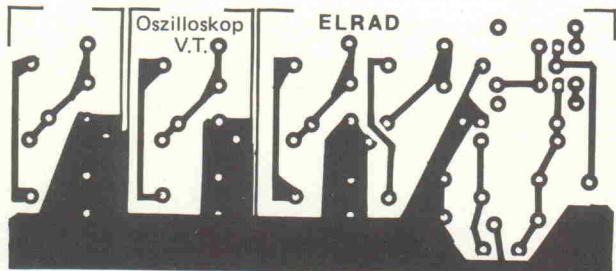


Bild 12. Platinen-Layout für die Spannungsteiler-Platine

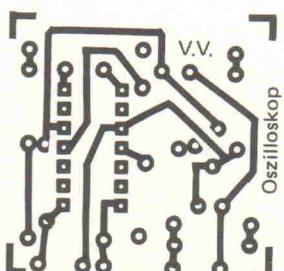


Bild 13. Platinen-Layout für die Vorverstärker-Platine

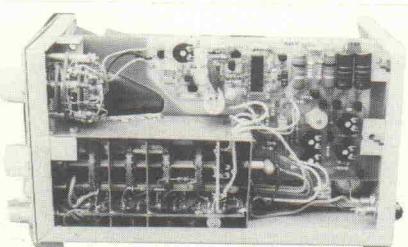


Bild 14. Ein Blick ins Innere des Oszilloskops

## Die Hauptplatine

**Bild 15** zeigt die Schaltung der Hauptplatine. Die beiden Transistoren T7 und T8 links im Bild besorgen die Endverstärkung des vom Vorverstärker gelieferten Signales Q und Q'. Das verstärkte Signal wird den Ablenkplatten Y und Y' der Röhre über kurze Einzellitzen (kleinstmögliche Kapazität!) direkt an den Sockelstiften zugeführt. Der Arbeitspunkt

der Stufe lässt sich mit P9 einstellen, die Verstärkung mit P8. C33 und C34 dienen der Linearisierung des Frequenzganges.

Von Q' wird über C36 das Signal für die Triggerung entnommen. T12 und T13 bilden einen Vorverstärker, dessen Arbeitspunkt mit dem Triggerpegel-Potentiometer P7 einstellbar ist. T12 steuert den Schmitt-Trigger S (pin 2 von IC2) an, der das verstärkte Eingangssignal in Recht-

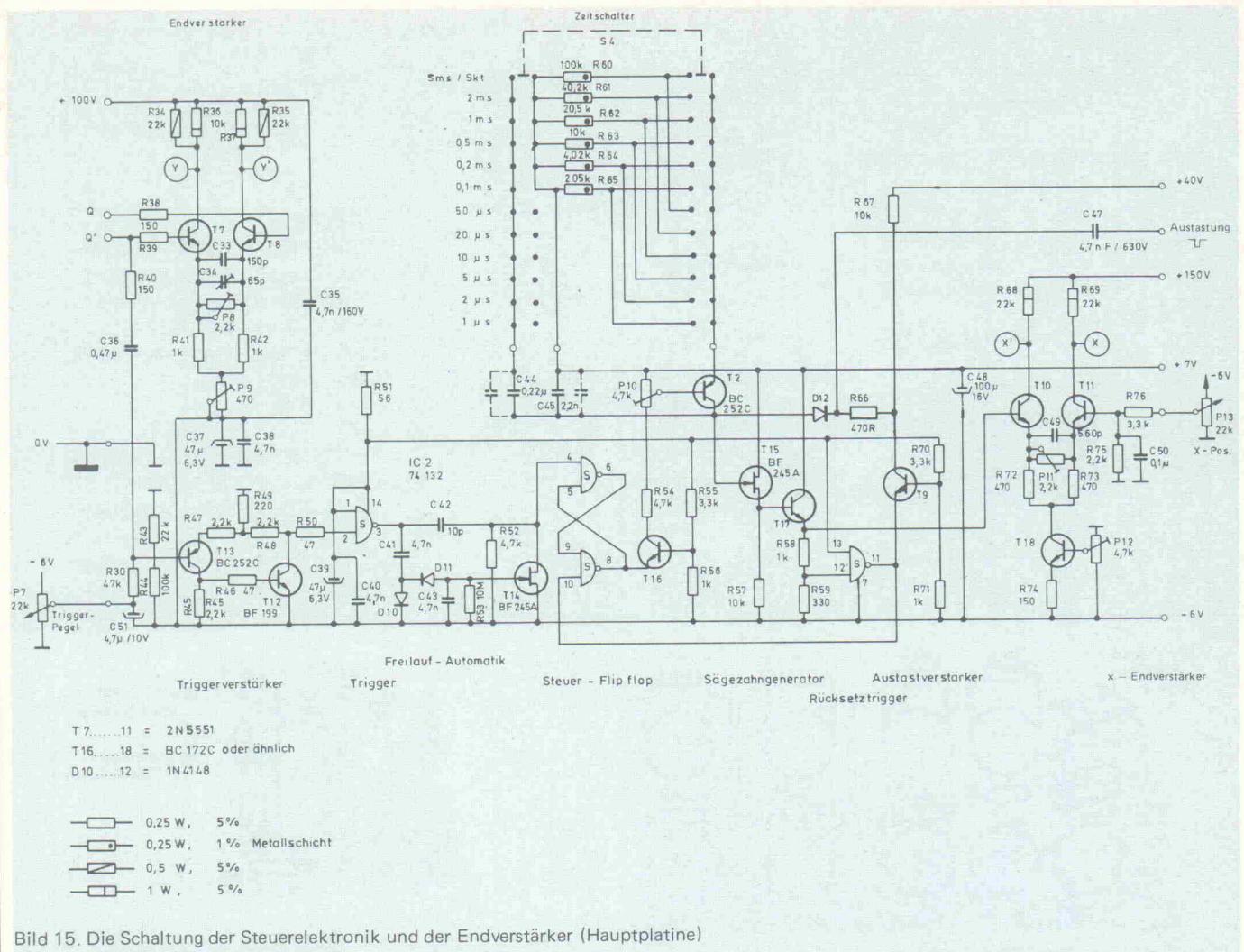


Bild 15. Die Schaltung der Steuerelektronik und der Endverstärker (Hauptplatine)

eckimpulse umformt. Diese Rechteckimpulse werden durch C42 und R52 zu Nadelimpulsen differenziert, die auf den Setzeingang (pin 4) des Steuerflipflops wirken. Das Steuerflipflop gibt den Sägezahngenerator für jeweils einen Strahl hinlauf (in horizontaler Richtung auf dem Bildschirm) frei.

Damit bei fehlendem Eingangssignal (und damit fehlenden Nadelimpulsen) eine Nulllinie geschrieben wird (z.B. bei Gleichspannungsmessungen oder für Eichzwecke bei Eingangsschalter auf 'G'), schaltet der Transistor T14 durch und gibt damit einen Dauersetzungsimpuls. Solange Rechteckimpulse am Ausgang pin 3 des Schmitt-Triggers vorhanden sind, werden diese über D10 und D11 gleichgerichtet und erzeugen eine negative Gatevorspannung für T14, so daß dieser gesperrt bleibt. Die 'Freilauf-Automatik' T14 arbeitet daher nur, wenn keine Triggerimpulse zur Verfügung stehen.

Der Ausgang pin 8 des Steuerflipflops schaltet T16 ein. Über R54 und P10 erhält damit der als Konstantstromquelle geschaltete Transistor T2 Basisstrom. Die Höhe des von T2 gelieferten konstanten

Stromes wird durch die (mit dem Zeitschalter S4 umschaltbaren) Emitterwiderstände R60 bis R65 bestimmt. Sobald T2 (über T16) eingeschaltet ist, wird daher (je nach Zeitschalterstellung) einer der beiden Kondensatoren C44 oder C45 aufgeladen. Da diese Aufladung mit konstantem Strom erfolgt, steigt die Kondensatorspannung zeitlinear an.

Dieser zeitlineare (Sägezahn-) Spannungsanstieg wird über T15 und T17 auf den X-Endverstärker T10/T11 übertragen, so daß die Ablenkplatten X und X' für einen zeitlinearen Strahl hinlauf (von links nach rechts über den Bildschirm) sorgen. Ein Teil dieser Spannung gelangt über R58/R59 auf den Eingang pin 12 des Rücksetztriggers. Sobald die Sägezahnspannung

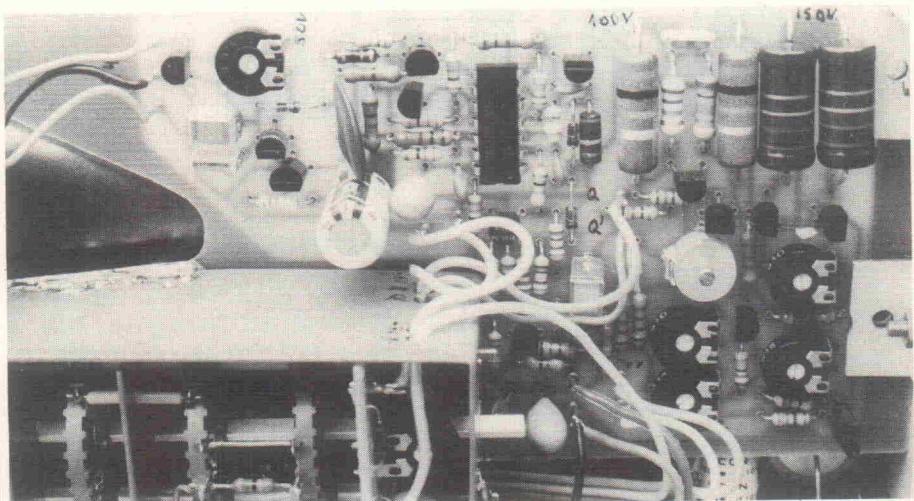


Bild 16. Ein Blick auf die Hauptplatine und den Eingangsteiler

eine Höhe erreicht hat, daß der Bildpunkt den rechten Schirmrand erreicht, schaltet der Ausgang pin 11 auf L (=low, ca. 0 Volt) um. Damit wird einerseits T9 eingeschaltet, der über C47 einen negativ-gehenden 40 V-Impuls auf G1 der Röhre gibt, womit der Strahl dunkel gesteuert wird. Gleichzeitig wird über D12/R66 der Zeitkondensator (C44 oder C45) entladen, womit der (während des Rücklaufs dunkelgesteuerte) Strahl auf den linken Bildrand zurückgeführt wird.

Außerdem wirkt der Ausgang pin 11 des Rücksetztriggers auf den Rücksetzeingang pin 10 des Steuerflipflops. Damit wird T16 und T2 abgeschaltet. Es erfolgt also zunächst kein neuer Strahlhinauf, da die Stromquelle T2 zum Laden des Zeitkondensators abgeschaltet ist. Ein neuer Hinlauf startet erst bei einem Triggerimpuls auf den Setzeingang pin 4 und damit zu genau der gleichen Phase des Eingangssignals wie beim vorhergehenden Hinlauf. Auf diese Weise wird erzwungen, daß die nacheinander in fortlaufender Folge auf dem Bildschirm geschriebenen Kurvenzüge deckungsgleich sind, solange das Eingangssignal nicht verändert wird.

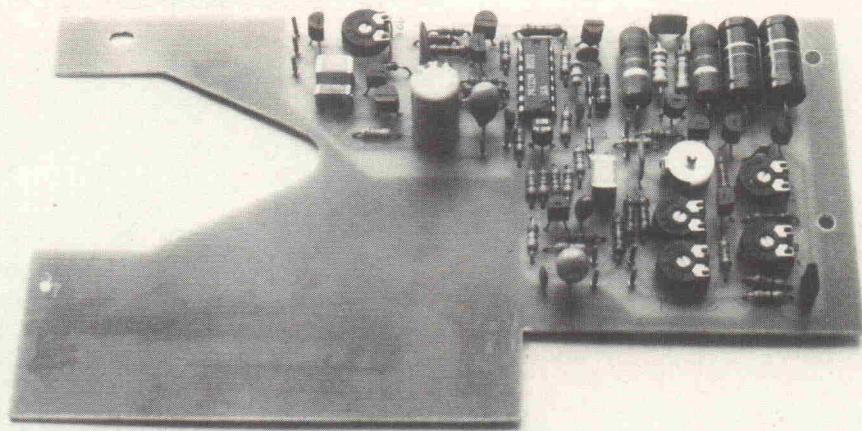


Bild 17. Die fertig bestückte Hauptplatine

Der Trimmer P10 dient der Eichung des Zeitmaßstabes (Ladestromeinstellung), P12 der Arbeitspunkteinstellung, P11 der Verstärkungs-(Bildbreiten-)einstellung des X-Endverstärkers. Mit P13 kann von

außen das Bild nach rechts und links über den Bildschirm verschoben werden. Leiterplatte und zugehöriger Bestückungsplan für die Hauptplatine ist in *Bild 18 und 19* dargestellt.

### Stückliste Steuerelektronik

Widerstände 1/4 W, 5% (wenn nicht anders bezeichnet)

R30	47k
R34	22k 0,5 W
R35	22k 0,5 W
R36,37	10k 1 W
R38,39,40	150R
R41	1k
R42	1k
R43	22k
R44	100k
R45	2k2
R46	47R
R47	2k2
R48	2k2
R49	220R
R50	47R
R51	56R
R52	4k7
R53	10M
R54	4k7
R55	3k3
R56	1k
R57	10k

R58	1k
R59	330R
R60	100k 1% Metallschicht
R61	40k2 1% Metallschicht
R62	20k5 1% Metallschicht
R63	10k 1% Metallschicht
R64	4k02 1% Metallschicht
R65	2k05 1% Metallschicht
R66	470R
R67	10k
R68,69	22k 1 W
R70	3k3
R71	1k
R72,73	470R
R74	150R
R75	2k2
R76	3k3
P7,13	22k Potentiometer
P8,11	2k2 Trimmer
P9	470R Trimmer
P10,12	4k7 Trimmer

Kondensatoren	
C33	150p ker.
C34	65p Folientrimmer
	Valvo
C35	4n7 ker. 160 V
C36	0μ47 Folie

C37	47μ Tantal 6 V
C38,40,	
41,43	4n7 ker.
C39	47μ Tantal 6 V
C42	10p ker.
C44	0μ22 Folie
C45	2n2 ker.
C47	4n7 Keramik 630 V
C48	100μ Elektrolyt 16 V
C49	560p ker.
C50	0μ1 Folie
C51	4μ7 Tantal 10V

Halbleiter	
T2,13	BC252C
T7...11	2N5551
T12	BF 199
T14,15	BF 245 A
T16,17,18	BC 172 C
IC2	SN74132N
D10,11,12	1N 4148

Sonstiges  
S4 Drehschalter 12 Schaltstellungen,  
2 Ebenen, Platine, Lötnagel.

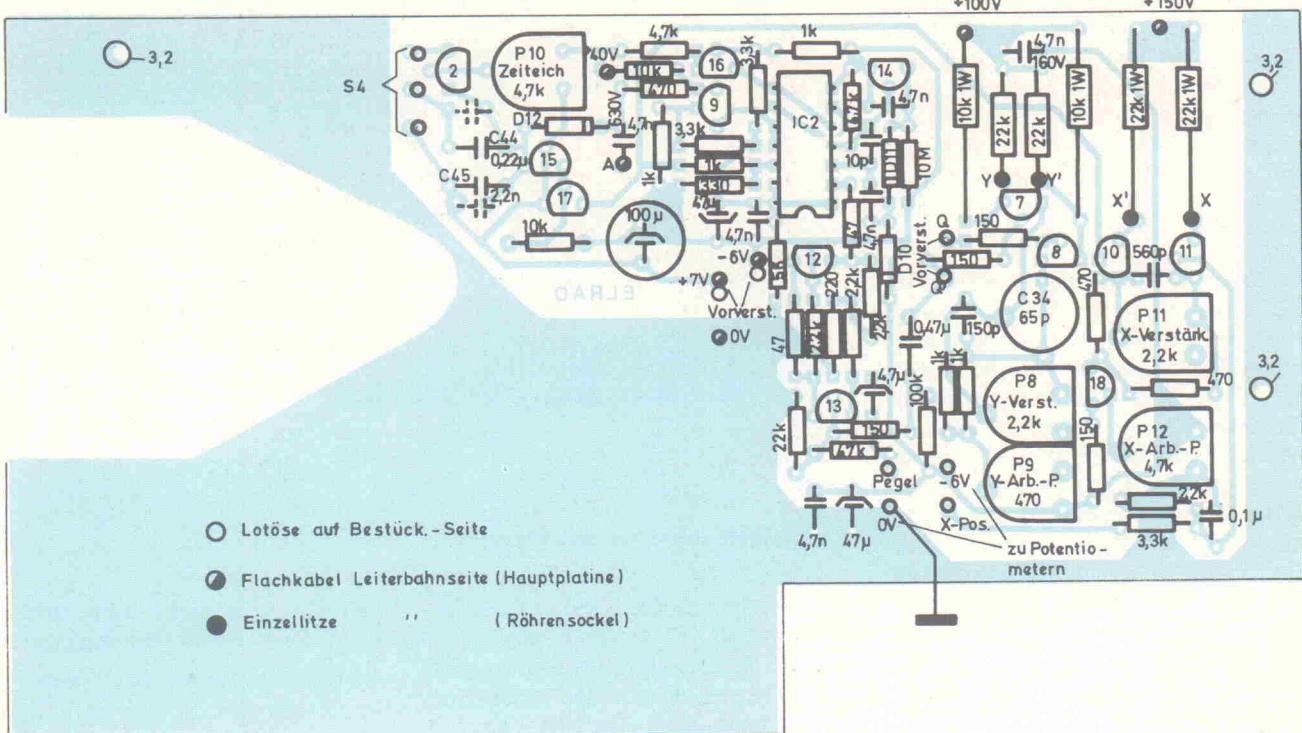


Bild 18. Der Bestückungsplan der Hauptplatine

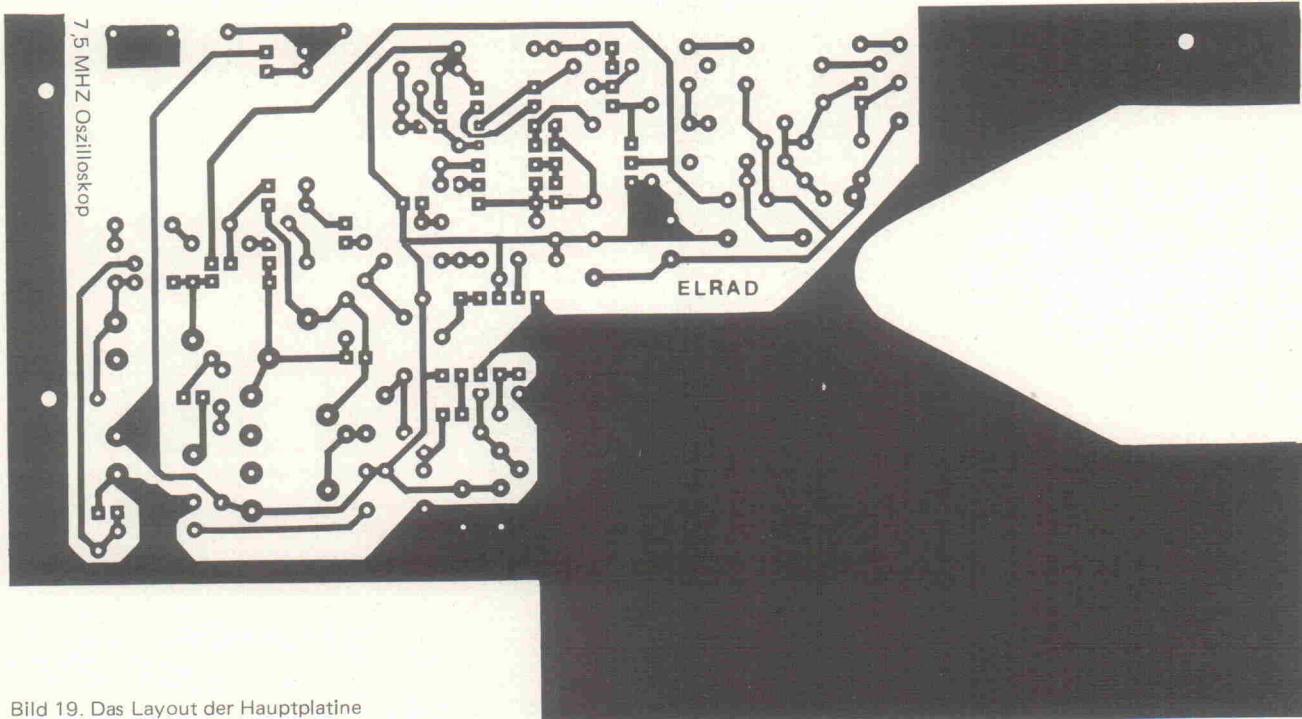


Bild 19. Das Layout der Hauptplatine

# **7,5 MHz-Oszilloskop**

K. W. Dugge

Teil 2

## Die Stromversorgung

Die Schaltung der Stromversorgung zeigt **Bild 20**. Die über S3 (kombiniert mit X-Pos.-Potentiometer P13) und Sicherung S1 zugeführte Versorgungsspannung wird mit D18 bis D21 gleichgerichtet. Damit ist der Versorgungsspannungsanschluß auch bei Gleichstrombetrieb verpolungssicher.

Mit T19, T22, T23 wird die Versorgungsspannung auf 10V stabilisiert. Die konstante und nahezu brummfreie Spannung wird dem aus Transformator Tr und den Transistoren T20 und T21 gebildeten 25kHz-Wandler zugeführt. Bei Anfertigung und Anschluß des Transformators ist unbedingt auf die Wicklungsenden-Bezeichnung 'a' (= Anfang), 'e' (= Ende) und 'm' (= Mitte) zu achten und darauf, daß w1 und w2 im gleichen Wickelsinn auf den Spulenkörper gebracht werden. Die jeweils beiden Wicklungshälften von w1, w2 und w5 sind gleichzeitig (bifilar) zu wickeln!

R82 dient der Basisstrombegrenzung für T20 und T21. R83/C58 unterdrückt Um-schalt-Spannungsspitzen. R84 bildet zu-sammen mit D13 eine Start-(Anschwing-) Hilfe

Auf der Transformator-Sekundärseite wird

in w3 die Röhrenheizspannung erzeugt. An w4 liegt eine 156 V-Rechteckspannung, die über die Dioden D29 bis D32 gleichgerichtet und den Endverstärkern zugeführt wird. Anstelle der Dioden BAV20 (D29 bis 32) und BA158 (D14 bis 17) dürfen keinesfalls normale Netzgleichrichter oder Gleichrichterdioden (z.B. 1N4000.) eingesetzt werden, da diese um Größen-

ordnungen zu langsam sind, um eine 25 kHz-Spannung gleichzurichten.

Über R88/R89 wird die 156 V-Spannung auf 100 V herabgesetzt (für Y-Endverstärker). Daraus wird über P17 die Röhrenspannung G2 (Astigmatismus-Einstellung) gewonnen sowie über R91 und D24 die 40 V-Gleichspannung für die

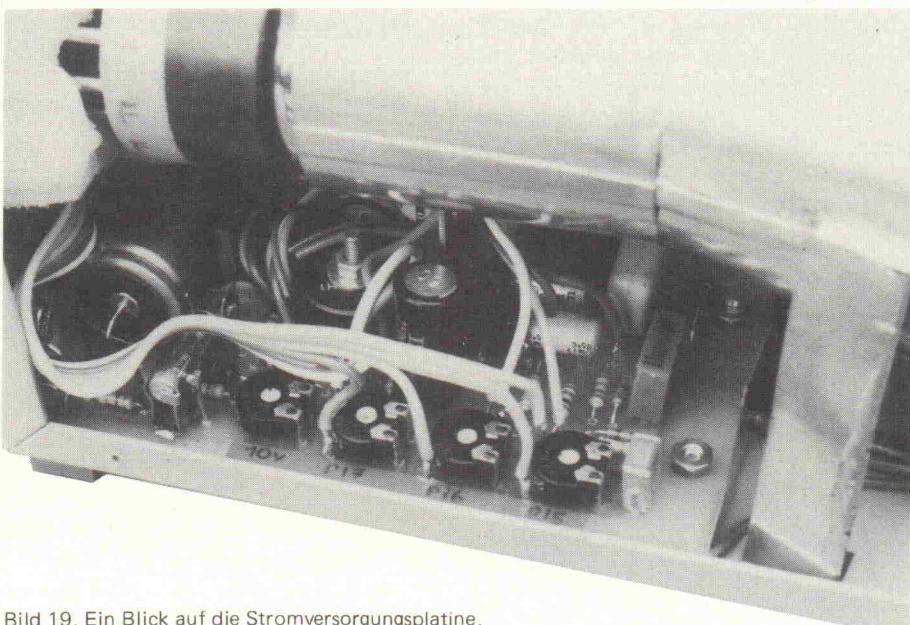
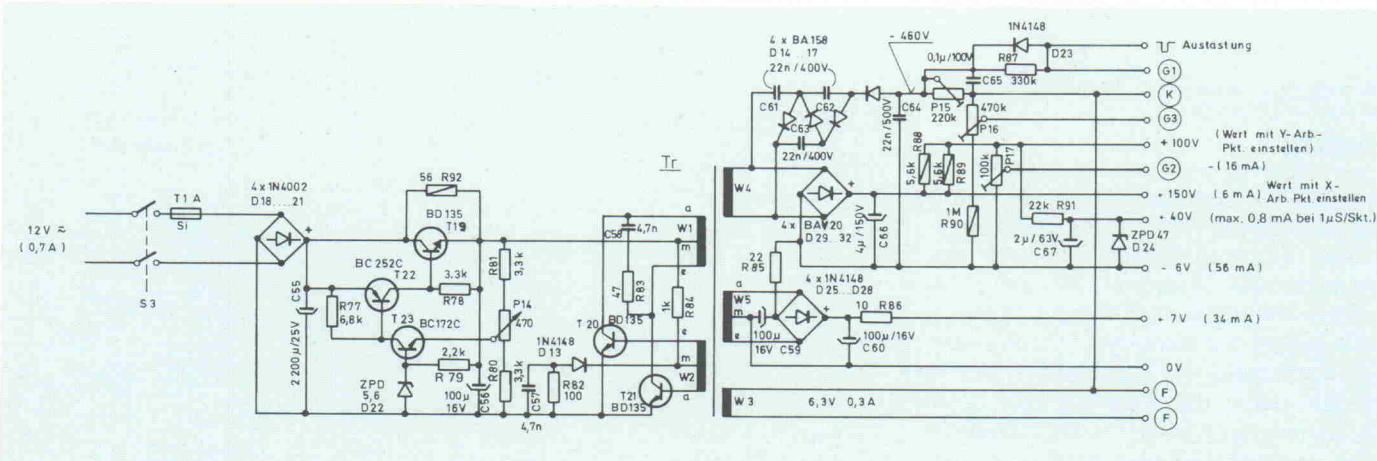


Bild 19. Ein Blick auf die Stromversorgungsplatine.



### Transformer Tr

Kern : 2 Schalenkernhälften P 18/11 - 3 H1  
ohne Luftpalt, Volvo - Nr. 4322-022-04200  
Spulenkörper / 4322-021-30280

Kammer 1 ⌈ W1 : 2 x 8 Wdg. / Ø 0,4 Cu L bifilar

Kammer 2	W2:	$2 \times 2$ Wdg./ $\phi$ 0,1	"	"
	W3:	5 Wdg./ $\phi$ 0,3	"	
	W4:	130 Wdg./ $\phi$ 0,1	"	
	W5:	$2 \times 7$ Wdg./ $\phi$ 0,1	"	bifilar

W1 W2 W5

2 Drähte gleichzeitigwickeln

a  m  
m  e

 = zum Rohrensockel

[View all posts by \*\*luisgarcia\*\*](#)

Austastschaltung. Alle im Schaltbild angegebenen Spannungswerte sind gegen Masse gemessen.

w4 speist auch den Spannungsverdrei-facher (D14 bis D17, C61 bis C64) zur Erzeugung der Röhrenbetriebsspannung von -460 V. Diese Spannung wird einem Spannungsteiler zugeführt (P15-Helligkeit, P16-Fokussierung, R90), an dem die einzelnen Elektrodenpotentiale für die Röhre abgegriffen werden.

Mit w5 werden die Betriebsspannungen +7 V und -6V erzeugt. Die Unsymmetrie dieser Spannungen wird durch unterschiedliche Siebwiderstände R85 und R86 erreicht. Sie ist erforderlich für die Versorgung des Vorverstärkers IC1 (Bild 4), deren Eingänge pin 1 und 14 auf ca. +1 V liegen. Diese Vorspannung (Sourcepotential T1) wird dadurch ausreichend kompensiert, daß die positive Versorgungsspannung (an pin 10) dem Betrage nach größer ist als die negative an pin 5.

Bestückungsschema und Leiterplatte für die Stromversorgungsplatine zeigt Bild 21 und 22.

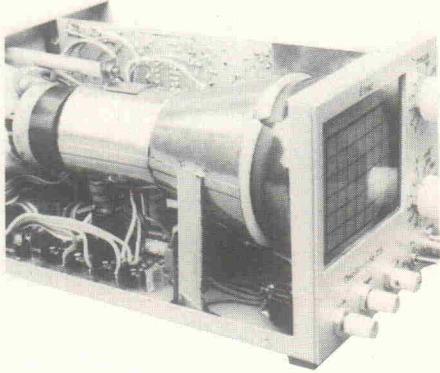
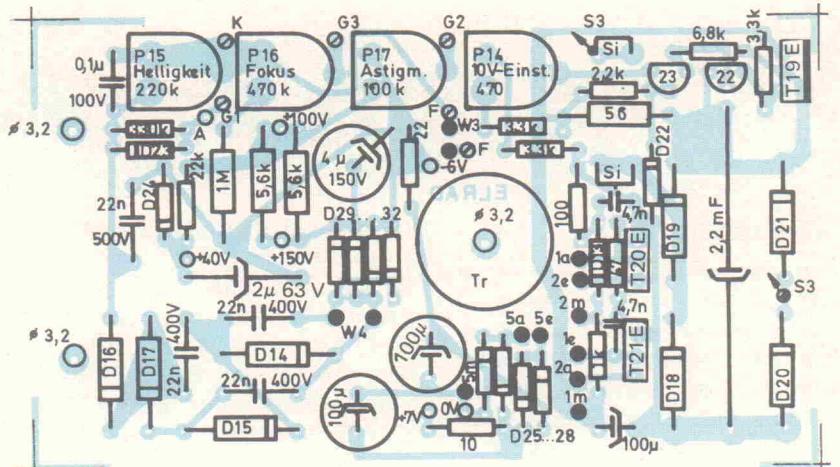


Bild 23. Das fertige Gerät mit montierter Frontplatte nach Bild 24.

## Aufbau

Das Gerät ist in einem Al-Gehäuse untergebracht. Bild 24 zeigt einen Frontplattenentwurf und Bild 25 die erforderlichen Frontplattenbohrungen und -auschnitte. Der Ausschnitt für den Bildschirm (64x55) ist ggf. einem Lichttubus anzupassen, der störenden Fremdlichteinfall verhindert. Im Mustergerät (Bild 1) wurde hierzu das Plastikkästchen einer Schraubenverpackung mit den angegebenen Außenabmessungen verwendet. Hinter diesen Ausschnitt legt man eine grüne Folie (Tageslichtschreiber-Folie, Papierwarengeschäft), auf die mit Folientusche das Meßraster (6x8 Rasterquadrate à 7 mm Kantenlänge, vergl. Bild 1), gezeichnet wird. Die Stellen, an denen der Bildschirm an der Frontplatteninnenseite anliegt, werden mit Tesamollstreifen beklebt.

Aus Bild 25 geht hervor, wie mit je einem Winkel am Frontrahmen die Hauptpla-



○ Flachkabel z. Röhrensockel   ● Litze (Leiterbahnseite) nach S3   ○ Flachkabel zur Hauptplatine

### ● Transistoranschlüsse

Bild 21. Der Bestückungsplan zur Spannungsversorgungsplatine.

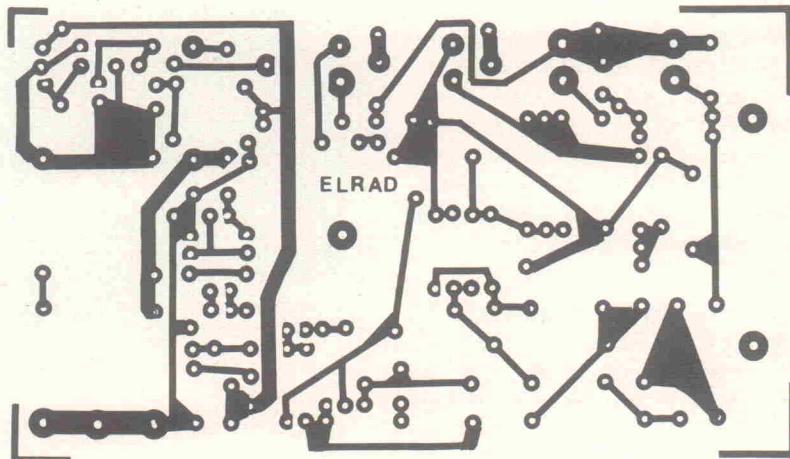


Bild 22. Das Platinenlayout.

### Stückliste Spannungsversorgung

#### Widerstände 1/4 W, 5%

R77	6k8
R78	3k3
R79	2k2
R80,81	3k3
R82	100R
R83	47R
R84	1k
R85	22R
R86	10R
R87	330k
R88,89	5k6 0,5 W
R90	1M
R91	22k
R92	56R

#### Trimmer

P14	470R liegend
P15	220k liegend
P16	470k liegend
P17	100k liegend

#### Kondensatoren

C55	2200 $\mu$ Elektrolyt 25 V
C56,59,60	100 $\mu$ Elektrolyt 16 V
C57,58	4n7 Keramik

C61,62,63	22n Folie 400 V
C64	22n Folie 500 V
C65	0 $\mu$ 1 Folie 100 V
C66	4 $\mu$ Elektrolyt 150 V
C67	2 $\mu$ Elektrolyt 63 V

#### Halbleiter

T19,20,21	BD 135
T22	BC 252C
T23	BC 172C
D13,23,25,	
26,27,28	1N4148
D14,15,16,	
17	BA 158
D18,19,20,	
21	1N4002
D22	5V6 Z-Diode
D24	ZPD 47 Z-Diode
D29...32	BAV 20

#### Sonstiges

Tr	Schalenkern P 18/11-3H1 ohne Luftspalt,
	Valvo-Nr. 4322-022-04200,
	Spulenkörper 4322-021-30280,
	Kupferlackdraht, 0,4 Ø, 0,3 Ø, 0,1 Ø,
Si	Schmelzsicherung 1A mit Halterung für Platinen, Lötosen, Platine.

tine und das Abschirmblech 1 befestigt werden (Senkschrauben M3 durch Frontrahmen und Befestigungswinkel).

Die Hauptplatine verstellt das Gehäuse in Längsrichtung, da sie einerseits am Frontrahmen, andererseits an der Rückwand (Al-Winkel  $10 \times 10 \times 1 \times 70$  lang) verschraubt ist. Die vordere Hälfte der Hauptplatine dient außerdem der seitlichen Abschirmung des Eingangsspannungsteilers.

Im Gehäuseboden sind 9 Bohrungen mit 5 mm Durchmesser (nach bestückter Leiterplatte anreißen und bohren) zur Befähigung der C-Trimmer C3, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 15, 16 anzubringen. Außerdem eine Senkbohrung für die M3-Schraube zur Befestigung von Abschirmblech 1 (vergl. Bild 5) und drei weitere Senkbohrungen für M3 zur Befestigung der Stromversorgungsplatine (nach Platine anreißen). Dabei sollte die Schraube, die durch den Trafokern führt, eine Messing- oder Kunststoffschaube sein.

Die Kathodenstrahlröhre wird nur durch den (mit Tesamoll ausgekleideten) Abschirmzylinder geführt und gehalten. Die Befestigung von Abschirmzylinder und

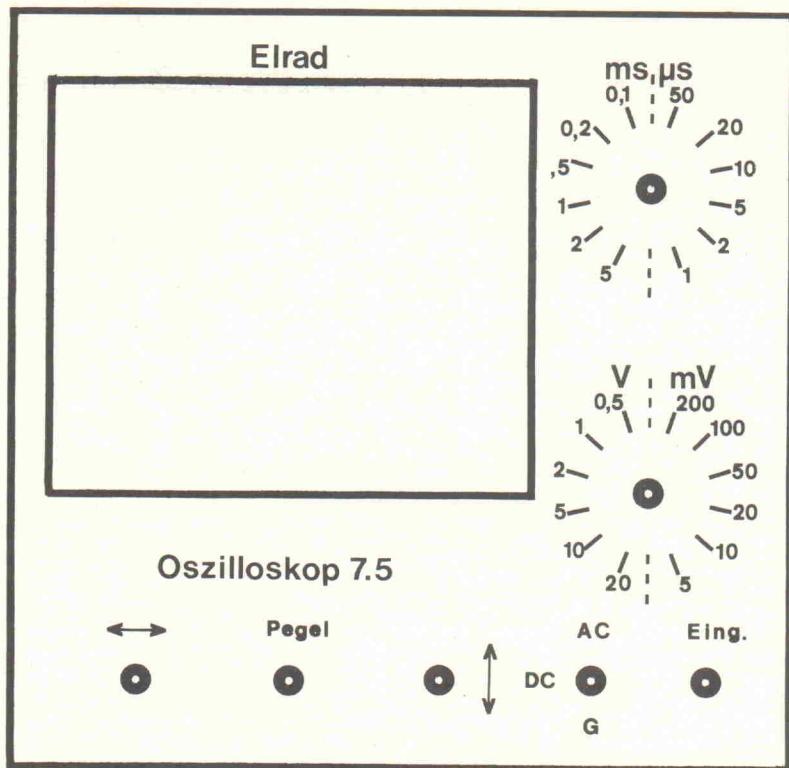


Bild 24. So kann man die Frontplatte gestalten (1:1).

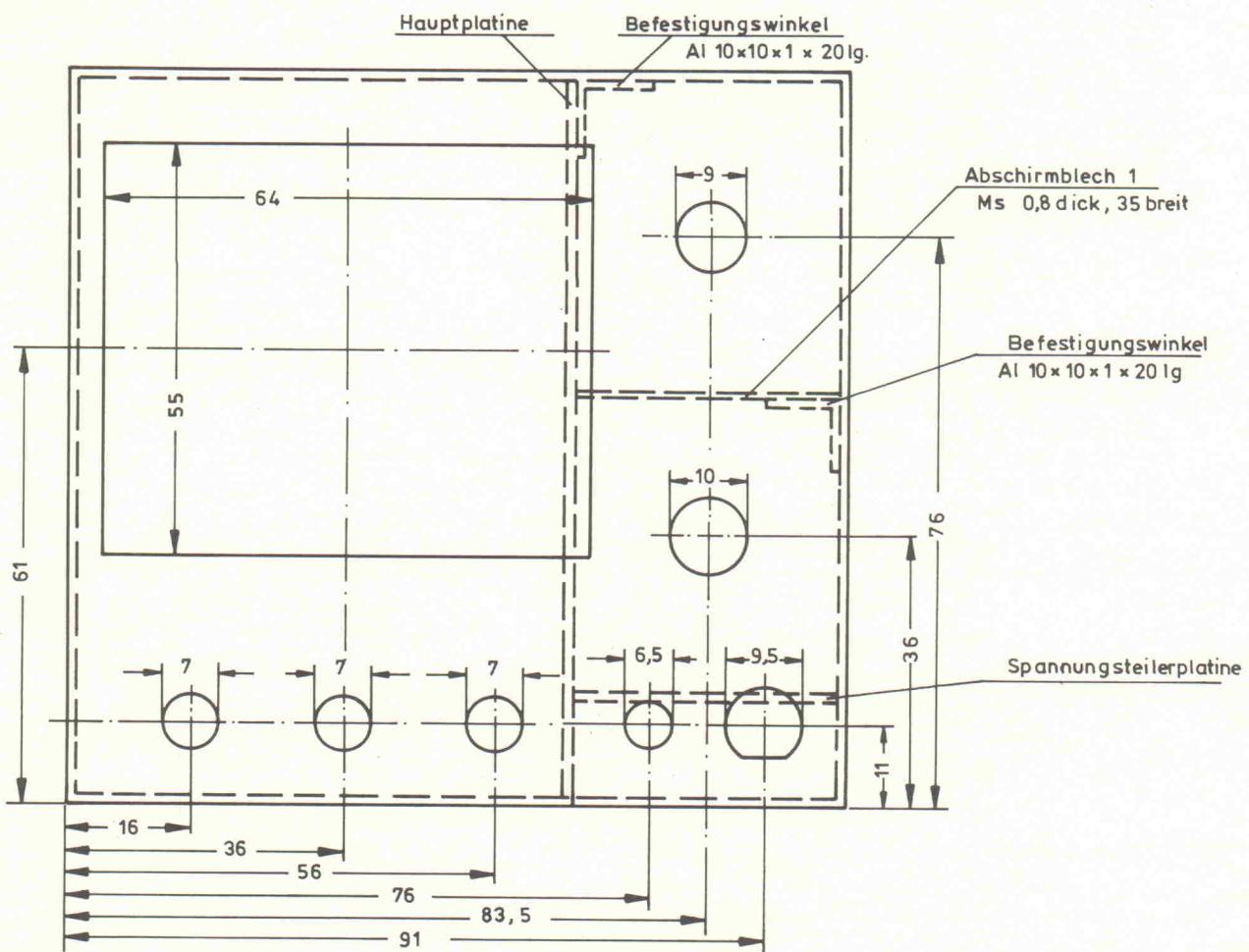


Bild 25. Der Bohrplan für die Frontplatte.

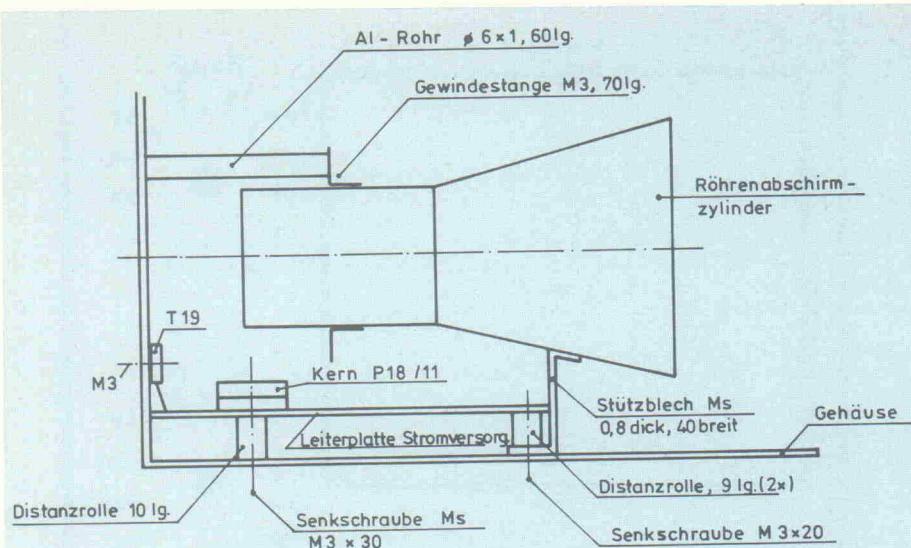


Bild 26. Der innere mechanische Aufbau des Oszilloskops.

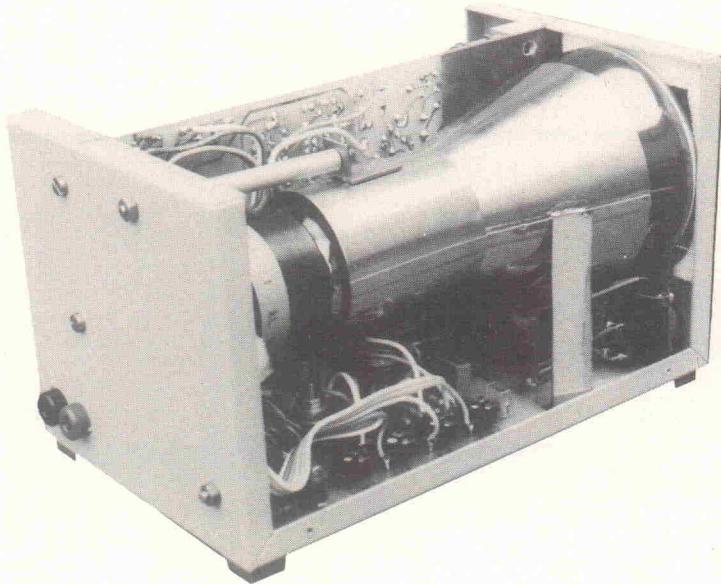


Bild 27. Ein Blick in das fertige Oszilloskop.

Stromversorgungsplatine geht aus Bild 26 hervor. Das Messingstützblech wird an die Form des Abschirmzylinders angepaßt und auf diesen weich aufgelötet oder geklebt (Araldit). Der Transistor T19 ist isoliert (Glimmerscheibe, Isolation nach Montage prüfen!) mit der Gehäuserückwand verschraubt.

Die Rückwand weist damit 6 Bohrungen auf: Zweimal 8 mm für isolierte Telefonbuchsen (Versorgungsspannung), viermal 3,2 mm für: Hauptplatten-Montagewinkel, Gewindestange M3 (Röhrenbefestigung), Transistor T19.

### Inbetriebnahme, Abgleich

Bei der ersten Inbetriebnahme des fertig montierten und verdrahteten Gerätes sollte auf jeden Fall ein Amperemeter in die Versorgungsleitung gelegt werden. Beim Einschalten fließt kurzzeitig ein

Strom von ca. 0,85 A (Gleichstrommessung), der innerhalb einiger Sekunden (wenn der Röhrenheizfaden warm und damit hochohmiger wird) auf ca. 0,7 A abfällt. Die anschließenden Kontroll- und Abgleichmessungen sollen in der nachfolgend angegebenen Reihenfolge durchgeführt werden.

Einstellung der stabilisierten Speisespannung (an C56) mit P14 auf 10 V.

Kontrolle der Spannung UCE an T20 oder T21. Hier sollte eine 25 kHz-Rechteckspannung mit einer Amplitude von 20 V<sub>SS</sub> liegen, die Überschwingspitzen sollten kleiner als 10 V sein. Die Frequenz kann wegen der Kerndatenstreuung von 25 kHz abweichen.

Kontrolle der Röhrenheizspannung: 12...13 V<sub>SS</sub>, Rechteck. Die Heizspannung kann nicht mit einem einfachen Vielfachmeßgerät überprüft werden! Durch

die relativ hohe Frequenz (25 kHz) würde es zu Fehlmessungen kommen. Kontrolle der Versorgungsspannungen +7 V, -6 V, +150 V, -460 V (an C64). Einstellen Arbeitspunkt X-Endstufe: mit P12 auf 6 mA in 150 V-Leitung. Einstellen Arbeitspunkt Y-Endstufe: mit P9 auf +100 V hinter R88/89. Einstellen des Strahles auf ausreichende Helligkeit mit P15 (nicht zu hell, sonst wird das Bild unscharf). Einstellen auf optimale Strahlschärfe in Bildmitte mit P16 und P17. Einstellen der Bildbreite mit P11. Röhre drehen, bis Zeitlinie exakt parallel zum Meßraster geschrieben wird. Röhre in dieser Lage mit Klebeband fixieren. Potentiometer Y-Pos. (= P1) in Mittelstellung bringen, mit P2 (auf Vorverstärkerplatine) Strahl in Bildmitte stellen.

### Eichung Zeitmaßstab

50 Hz-Wechselspannung auf Eingang geben. Zeitschalter auf 5 ms/Skt. P10 so einstellen, daß eine Periode dieser Spannung genau 4 Skalenteile lang ist. 5 kHz-Spannung auf Eingang (Frequenz möglichst mit Zähler kontrollieren), Zeitschalter auf 50 µs/Skt. Eine Periode sollte wieder 4 Skalenteile lang sein. Ist sie länger als 4 Skalenteile (Zeitablenkung zu schnell): Zusatzkapazität parallel zu C45 (= 2,2 nF) schalten. Platz dafür ist auf Leiterplatte vorgesehen. Bei z.B. 10% zu großer Anzeige muß die Zusatzkapazität 10% von C45, also 220 pF, betragen.

Ist die angezeigte Periodendauer zu kurz, so muß eine Zusatzkapazität parallel zu C44 (0,22 µF) gelegt werden. Wird die Periodendauer der 5 kHz-Schwingung z.B. statt (richtig) 4 Skt x 50 µs = 200 µs mit nur 180 µs (Δ -10%) angezeigt, so sind 10% von 0,22 µF = 22 nF parallel zu C44 zu legen und der P10-Abgleich zu wiederholen.

Die übrigen Zeitschalterstellungen brauchen nicht abgeglichen zu werden, sie sollten aufgrund der Festwiderstände im Zeitschalter innerhalb unvermeidlicher Toleranzen automatisch stimmen. Man kontrolliert lediglich die Eichung in jeder Zeitschalterstellung mit geeigneten und genau bekannten Frequenzen, um evtl. Bestückungsfehlern auf die Spur zu kommen.

Nach erfolgter Zeiteichung dürfen folgende Trimmer nicht mehr verstellt werden, da sie die Eichung beeinflussen: P10 (Zeiteichung), P11 (Bildbreite), P15 (Helligkeit), P16 (Fokus), P17 (Astigmatismus), P14 (10 V-Eingangsspannung).

### Y-Eichung

Empfindlichkeit auf 1 V/Skt, Eingangsschalter DC. Nulllinie mit Y-Pos. auf Bild-

mitte stellen. Mit genauem Drehspulinstrument kontrollierte Gleichspannung von +3 V auf den Eingang geben. Mit P8 (Y-Endstufenverstärkung) Strahl auf oberen Rasterstrich stellen. Eingangsschalter auf 'G': Kontrollieren, ob sich Nulllinie verschoben hat. Nulllinie ggf. mit Y-Pos. neu einstellen und Einstellung P8 mit 3 V-Gleichspannung auf oberen Rasterstrich wiederholen. Anschließend Linearitätskontrolle: Nulllinie auf untersten Rasterstrich bei Eingangsspannung 0 V. Eingangsspannung erhöhen. Bei jedem zusätzlichen Volt Eingangsspannung muß sich der Strahl um einen Skalenteil nach oben verschieben.

### Frequenzgang-Abgleich

Gehäuse schließen (Abdeckhaube fest-schrauben, Zusatzkapazität der Haube geht mit in die Eichung ein). Rechteckspannung von ca. 500 Hz über Tastkopf 1:1 auf Eingang geben, Eingangsschalter auf DC. Amplitude des Rechteckgenerators jeweils so nachstellen, daß sich bei dem nachfolgend beschriebenen Abgleich ein Bild von ca. 3 bis 4 Skalenteilen Höhe ergibt. Abgeglichen wird auf optimale Rechteck-Kurvenform (keine verrundeten Ecken, keine Überschwingungsspitzen an den Ecken).

S1 auf 5 mV, Tastkopf 1:1, Abgleich mit C3  
10 mV, Tastkopf 1:1, Abgleich mit C15  
20 mV, Tastkopf 1:1, Abgleich mit C10

S1 auf 5 mV, Tastkopf 10:1, Abgleich mit Trimmer im Tastkopf. Diesen Trimmer nicht wieder verstellen! Auch die übrigen, einmal abgeglichenen Trimmer nicht mehr verstehen!

S1 auf 10 mV, Tastkopf 10:1, Abgleich mit C16  
20 mV, Tastkopf 10:1, Abgleich mit C9

S1 auf 50 mV, Tastkopf 1:1, Abgleich mit C13  
100 mV, Tastkopf 1:1, Kontrolle: Abgleich muß stimmen  
200 mV, Tastkopf 1:1, Kontrolle: Abgleich muß stimmen  
0,5 V, Tastkopf 1:1, Abgleich mit C7  
1 V, Tastkopf 1:1, Kontrolle: Abgleich muß stimmen  
2 V, Tastkopf 1:1, Kontrolle: Abgleich muß stimmen

S1 auf 50 mV, Tastkopf 10:1, Abgleich C12

100 mV, Tastkopf 10:1, Kontrolle  
200 mV, Tastkopf 10:1, Kontrolle  
0,5 V, Tastkopf 10:1, Abgleich C6  
1 V...20 V, Tastkopf 10:1, Kontrolle.

Rechteckspannung ca. 50 kHz, S1 auf 5 mV/Skt, Tastkopf 1:1, Abgleich C34 (auf Hauptplatine) auf optimale Rechteckform.

Damit ist das Gerät betriebsbereit.

### Einkaufs-Tips

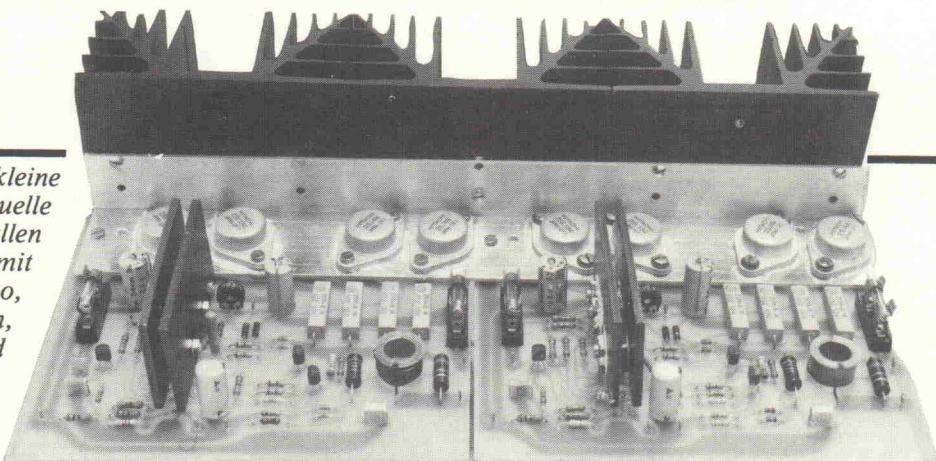
Bitte beachten Sie die Anzeigen in den Heften 9 und 10/81, hier werden Sie alle benötigten Teile finden. Ein passendes Gehäuse ist bei der Fa. Bürklin, Postf. 2022, 4000 Düsseldorf 1 unter der Bestell Nr. 70 H 490 erhältlich. Wer keine Möglichkeit hat, die mechanischen Arbeiten auszuführen, der kann bei der Fa. O. Schubert, Gewerbestr. 8, 8501 Roßtal ein Gehäuse mit allen Ausbrüchen beziehen.

## *z. B. Power MOSFET-Verstärker*

*in modernster Transistortechnik.*

*Für den Selbstbau ausführlich  
beschrieben.*

Jeden Monat bringt Elrad kleine und große Bauanleitungen, aktuelle Informationen und Reports aus allen Gebieten der Elektronik mit Computing Today, HiFi, Video, Amateurfunk, Wochenendprojekten, Elektronik-Grundlagen und Schaltungsfeatures, Bühne und Studio, Grenzgebieten der Elektronik, Englisch für Elektroniker, Platinenservice und Elektronik-Einkaufsverzeichnis.



**Über 200 000 Leser und Bastler sind bereits Elrad-Fans.  
Wann gehören auch Sie dazu?**

Fordern Sie unverbindlich ein aktuelles Probeheft an.

Verlag Heinz Heise  
Hannover KG  
Postfach 2746  
3000 Hannover 1

**elrad**  
magazin für elektronik

**Darauf können Sie sich verlassen:**

# Halb-intelligentes Tresorschloß

**Mit numerischer Tastatur und 100 Mio Kombinationen**

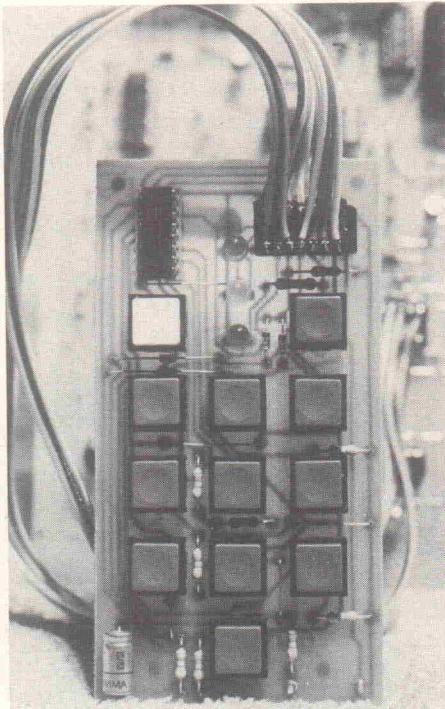
Was immer gegen Einbruch und Diebstahl geschützt werden soll — Wohnung, Auto, Büro, Wertgegenstände — alles läßt sich mit Elektronik wirkungsvoll sichern. Mit dem digital aufgebauten Tresorschloß sogar besonders zuverlässig. Seine Ausstattung:

- Verriegelung mit 100 Mio verschiedenen, wahlfrei programmierbaren Zahlenkombinationen;
- Unterscheidungsfähigkeit zwischen Fehlbedienung, Knackversuch und Herumspielerei;
- verschiedene, graduell abgestufte Alarmtypen.

Elektronik im Sicherheitseinsatz — das ist nicht neu. Einem wirksamen Objektschutz unterstellt man allerdings eine komplexe Schaltung, verbunden mit einem hohen Bauteileaufwand. Deshalb muß die erste kritische Frage dem Aufwand gelten, wenn hier von einem programmierbaren, mit Intelligenz ausgestatteten Kombinationsschloß die Rede ist. Das 'Tresorschloß' ist jedoch — Sie werden es feststellen — gemessen an seinen Qualitäten überraschend einfach aufgebaut, und nicht ohne einen gewissen Stolz dürfen wir Ihnen diese Digitalschaltung mit ihren raffinierten logischen Verknüpfungen präsentieren.

Das Tresorschloß besteht aus zwei Baueinheiten. Im Bedienfeld mit seinen 12 Tasten sind drei LEDs zur Zustandsanzeige sowie ein kleiner Alarmgeber enthalten. Die Zentraleinheit mit Logik, Auswertung und Steuerung des externen Alarms befindet sich an unzugänglicher Stelle bzw. im abgesicherten Bereich.

Auf dem Tastenfeld befinden sich außer den zehn numerischen Tasten (0...9) zwei weitere, die mit 'Reset' und 'Entriegelung' bezeichnet sind. Um das Schloß zu öffnen, muß eine 8stellige Ziffernfolge über die Tastatur eingegeben werden. Stimmt diese mit der vorher einprogrammierten überein, so signalisiert eine LED, daß die 'Entriegelung' scharf gemacht wurde und daß durch Betätigen dieses Tasters ein Relais (das Schloß) aktiviert werden kann. Gilbt man jedoch eine falsche Ziffer ein, läßt sich das Schloß nicht öffnen. Je nach Art des Fehlers reagiert das Kombinationsschloß abgestuft von 'Pieps' bis 'externer Alarm'. Die Kombination läßt sich hardwaremäßig über eine



DIL-Fassung einprogrammieren, wodurch schnelles und bequemes Ändern der Kombination möglich ist.

## Sicherheit durch elektronische Intelligenz

Eine echte Besonderheit dieser Konstruktion ist die Eigenschaft, zwischen autorisierten und nicht-autorisierten Bedienern verschiedener Kategorien zu unterscheiden. Die Schaltung mißt Faktoren wie die Gesamtzeit, in der die Tastenkontakte geschlossen sind oder wie lange der 'Reset'-Taster gedrückt wird. Auch die verstrichene Zeit, seitdem die erste Ziffer eingegeben wurde, wird berücksichtigt. Auf-

grund dieser Messungen versucht die eingebaute Logik, zwischen Kinderstreichern, stark angeheiternten Bedienern, autorisierten Bedienern, die sich nur vertippt haben und Dieben, die den Code knacken wollen zu unterscheiden und in jedem Fall angemessen zu reagieren.

## Autorisierte Bediener haben den Schlüssel im Kopf

Das Kombinationsschloß ist mit drei Leuchtdioden ausgestattet. Sie sind mit 'bereit', 'Entriegelung bereit' und 'blockiert' bezeichnet. Im Ruhezustand leuchtet keine der drei Leuchtdioden auf, was soviel bedeutet, daß die Schaltung auf die Eingabe einer Ziffernfolge wartet. Mit Eintasten der ersten Ziffer leuchtet die 'bereit'-LED auf — die Eingabe kann fortgesetzt werden.

Sobald die fünfte Ziffer eingetastet wurde, überprüft die Schaltung die Ziffernfolge auf Fehler. Stimmt diese nicht mit der fest einprogrammierten überein, wird ein kurzer Ton erzeugt (Pieps), so daß der Bediener weiß, daß schon jetzt etwas nicht stimmt. Nach Drücken des 'Reset'-Tasters kann ein neuer Versuch gestartet werden. Stellt die Logik bis zur fünften Ziffer keinen Fehler fest, kann die Eingabe fortgesetzt werden. Nach der letzten Ziffer erfolgt wieder eine Überprüfung. Bei richtigem Code leuchtet die 'Entriegelung bereit'-LED und das Schloß kann mit der 'Entriegelung' geöffnet werden.

Tritt jedoch nach der fünften Ziffer ein Fehler auf, ertönt ein stetiger Alarmton. Der Bediener kann diesen durch Betätigen des 'Reset'-Tasters stoppen und anschließend eine neue Ziffernfolge eintippen.

## **Strenge Prüfung unter Zeitdruck**

Eine Baugruppe des Tresorschlosses besteht aus einem zeitbestimmenden Netzwerk, das u. a. die verstrichene Zeit nach dem Eintippen der ersten Ziffer mißt. Diese Schaltung ist so dimensioniert, daß dem Bediener zwei bis drei Versuche bleiben, den richtigen Code einzugeben.

Nachdem das Schloß geöffnet wurde, sollte abschließend der 'Reset'-Taster gedrückt werden. Vergißt man dieses, holt der Timer die Funktion nach Ablauf von etwa 30 s nach und die Schaltung geht in einen speziellen Sperr-Modus über. Durch das Leuchten der 'blockiert'-LED wird signalisiert, daß das Schloß keine weiteren Instruktionen entgegennimmt.

Während dieser Zeit dürfen keine Taster betätigt werden, da dadurch die Blockierzeit verlängert wird. Nach Verlöschen der LED befindet sich die Schaltung wieder im Ruhezustand.

### **Leichte Übung: Kinderstreichs abwehren**

Wenn Kinder wahllos auf dem Bedienfeld herumtippen, wird die Logik nach der 5. Ziffer wahrscheinlich einen Fehler feststellen, einen kurzen Ton erzeugen und keine weiteren Ziffern annehmen, bis der 'Reset'-Taster gedrückt wird. Dieses Verhalten wiederholt sich, bis die Summenzeit aller Tastenbetätigungen 6 s überschreitet oder nach Betätigen des ersten Tasters 60 s verstrichen sind. Dann fällt die Schaltung in den 'Sperr'-Modus, sie nimmt keine weiteren Daten mehr an, bis die Tastatur 30 s lang überhaupt nicht mehr betätigt wurde. Anschließend geht sie in den Ruhezustand über.

## **Codeknacker: Technischer K. o. nach der 5. Runde**

Die ersten fünf Ziffern liefern bereits genau 100 000 Kombinationsmöglichkeiten, so daß die Chance für einen Codeknacker, mehr als die ersten fünf Ziffern herauszufinden, verschwindend gering ist. Gelingt es ihm trotzdem, diese Hürde zu nehmen, stuft ihn die Schaltungslogik bei einem Fehler sofort als potentiellen Einbrecher oder Dieb ein und reagiert dementsprechend.

Wird ein Fehler, der nach der 5. Ziffer eingetastet wurde, nicht innerhalb einer angemessenen Zeit (max. 60 s) berichtigt, schlägt das Tresorschloß Alarm: Der Alarmton wird erzeugt und das Relais

das einen externen Alarm auslöst, zieht an. Dieser Alarmzustand lässt sich 'manuell' nicht beenden. Erst wenn die Tastatur etwa 30 s nicht bedient wurde, geht die Schaltung in den Ruhezustand über.

**Betrunken kommt man  
selbst nicht rein**

Falls Sie des öfteren mit stark angefeuchtetem Innenleben nach Hause kommen, sollten Sie es sich gründlich überlegen, ob Sie Ihre Wohnungstür mit diesem Schloß absichern! Wie schon erwähnt, begrenzt die Schaltung die Zeit, in der die Kombination eingetastet werden muß. So werden einem nüchternen Bediener mit seinen flinken, gewandten Fingern zwei bis drei Versuche gestattet, nicht aber einem Betrunkenen, der sich langsam von einer Ziffer zur anderen tasten muß.

## Einsatzfälle

Das Kombinationsschloß benötigt eine Betriebsspannung von 12 V. Die Stromaufnahme beträgt im Ruhezustand etwa 1 µA. In Verbindung mit einer elektrischen Türverriegelung lassen sich Büro oder Wohnung absichern, aber ebenso gut kleine Versteckräume und Behälter. Mit dem Alarm-Relais können Sirenen oder Alarmglocken geschaltet werden.

Eine andere Möglichkeit ist das Sichern von Kraftfahrzeugen, wobei als 'Nebenprodukt' ein Tester für die Fahrtauglichkeit anfällt. Das Schloß (Relais) wird mit dem Zündschalter in Reihe geschaltet. Jedoch ist es in diesem Fall erforderlich, das Relais über einen Selbsthaltekontakt in seiner Arbeitslage festzuhalten, da man sonst mit Betätigen des 'Reset'-Tasters die Zündung abstellt.

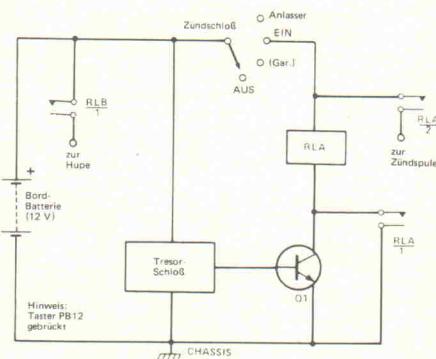


Bild 1. Das Tresorschloß im Auto: einfacher Anschluß.

#### **Einbau nach Maß**

Wenn Sie Ihr Auto vor Dieben schützen wollen, dann schließt oder unterbricht Relais A den Zündschaltkreis, wie in Bild 1 dargestellt. Das Schloß erhält seine Versorgungsspannung direkt von der Fahrzeughalterie, während die Plusleitung von RLA und Q1 über das Zündschloß geschaltet wird. Der Selbsthaltekontakt RLA/1 verhindert, daß die Zündung nach Betätigen des 'Reset'-Tasters unterbrochen wird. RLA/2 schaltet den Strom zur Zündspule. Bei dieser Anwendungsart ist der Taster 'Entriegelung' (PB 12) zu überbrücken.

Auch beim Sichern von Wohnungen, Büros oder Stahlschränken ist der Einbau recht einfach (Bild 2). Die Spannungsversorgung erfolgt hier über ein IC-stabilisiertes Netzteil. Mit den Relaiskontakten RLA/1 wird die Türverriegelung geschaltet. RLB/1 kann bei Bedarf Alarmglocken usw. aktivieren.

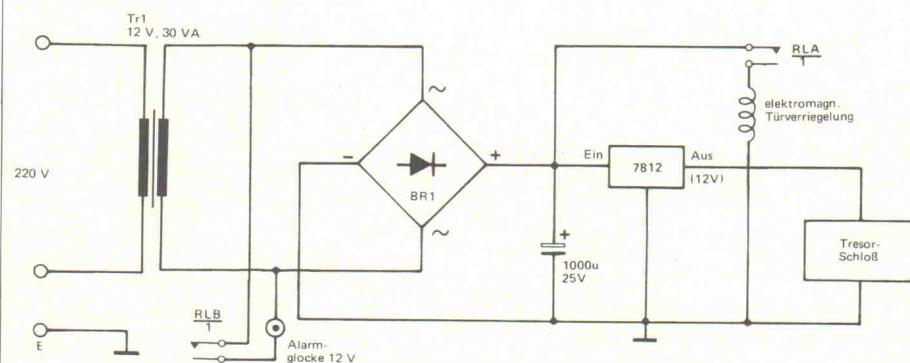


Bild 2. Eine Methode, das Schloß in der Wohnung oder im Büro anzuschließen. Sollten Sie mit Stromausfall rechnen, ist es angebracht, die Stromversorgung von Schaltung und elektromagnetischer Türverriegelung dann mit Hilfe von Akkus aufrechtzuerhalten, die im Normalbetrieb gepuffert werden. Die Alarmglocke kann evtl. weiterhin aus dem Netz gespeist werden.

## Wie funktioniert's?

Das Tresorschloß besteht aus den Code-Generatoren sowie einem Komparator. Die weiteren Teile sind der Timer und die Logik, die Eingabefehler erkennt und entsprechend reagiert.

Die Grundfunktionen sind eigentlich ziemlich leicht zu verstehen. Das Code-Generator/Komparator-Netzwerk, das man wohl als Herz des Kombinationsschlosses bezeichnen kann, enthält zwei 4-Bit-Codewortgeneratoren sowie einen 4-Bit-Wortkomparator. Einer dieser Generatoren wird direkt von der Tastatur gesteuert und erzeugt einen der Tasternummer entsprechenden, 4-stelligen Binärkode. Gleichzeitig löst jede Tasterbetätigung einen Impuls aus. Im Eingang des zweiten Codewortgenerators liegt ein Zähler, der mit den Impulsen gesteuert wird. Die Zählerausgänge sind mit einem Binär-Codierer (Encoder) verbunden, der ebenfalls ein 4-Bit-Codewort erzeugt. Dieses Wort entspricht einer der 10 Dezimalziffern; welche es ist, hängt davon ab, welcher Zählerausgang gerade aktiviert ist und wie die Zählerausgänge und Encoder-Eingänge miteinander verbunden sind.

Im Ruhestand ist der Zähler auf null gesetzt. Sobald ein Taster gedrückt wird, erzeugt der erste Generator den dazugehörigen Code. Gleichzeitig kommt vom zweiten Generator die erste Vergleichsziffer. Die Dualcodes beider Ziffern werden nun miteinander verglichen. Sind sie nicht identisch, wird der Fehler erkannt und die Schaltung zur Freigabe des Relais (des Schlosses) blockiert. Dieser Vorgang wiederholt sich immer, wenn eine Ziffer eingegeben wird: Umwandlung in den Dualcode — Erzeugen der Vergleichsziffer — Vergleichen.

Falls bis nach Eingabe der achten Ziffer kein Fehler festgestellt wurde, wird das Relais (RLA) freigegeben und das Schloß kann mit dem Taster 'Entriegelung' geöffnet werden. Wenn dem Bediener jedoch ein Fehler unterlief, bleibt das Relais RLA blockiert und es wird Alarm gegeben. Die Art des Alarms richtet sich nach der Art des Fehlers. Die Schaltung reagiert abgestuft von 'externer Alarm' bis 'Pieps'.

Von einer ziemlich simplen Schaltung werden die Zeit seit der Eingabe der ersten Ziffer, die Zeittdauer, in der Kontakte der Tastatur geschlossen sind usw. gemessen. Sobald bestimmte Werte überschritten werden, blockiert die Schaltung das gesamte Kombinationsschloß, das dann in den 'Sperr'-Modus übergeht.

Die Umwandlung der Ziffern in den Dualcode sowie der Vergleich von eingetippter und programmierten Ziffer erfolgt mit Hilfe der Bauteile IC1...5 und IC8a, b. Bei den ICs1, 2 handelt es sich um Codierer mit 8 Eingängen und Wertigkeits-

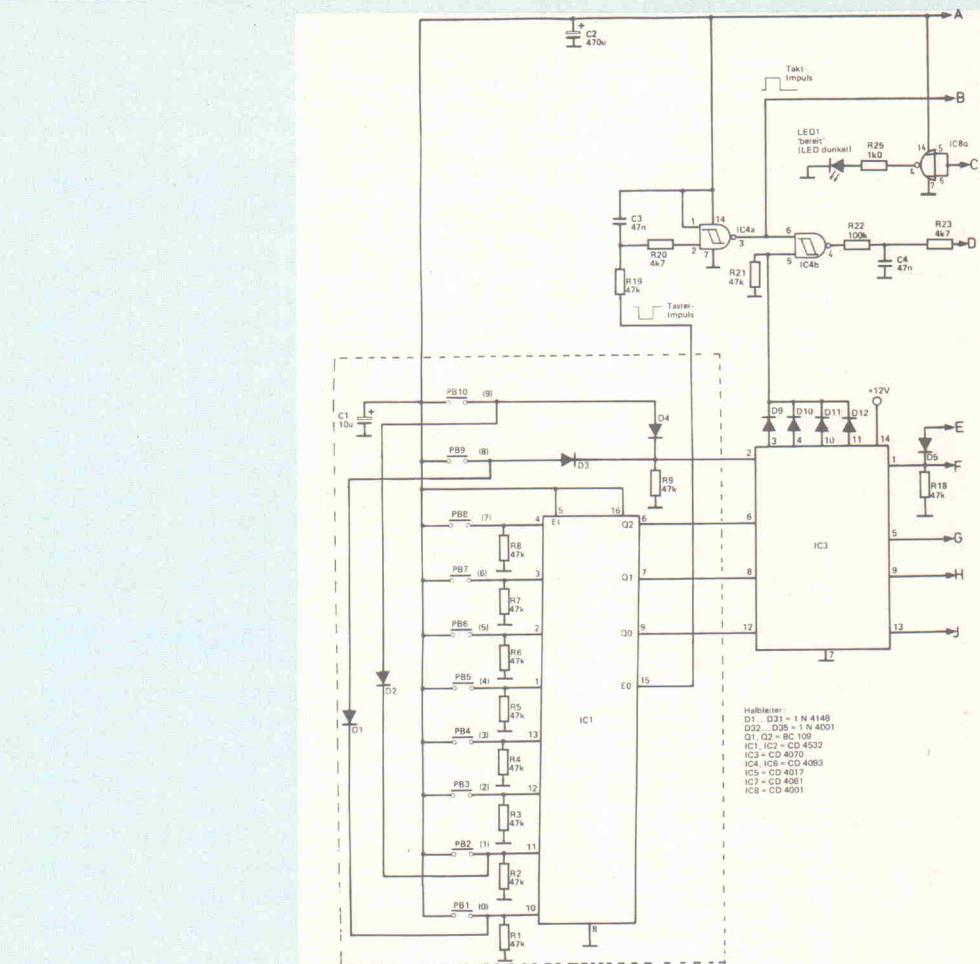


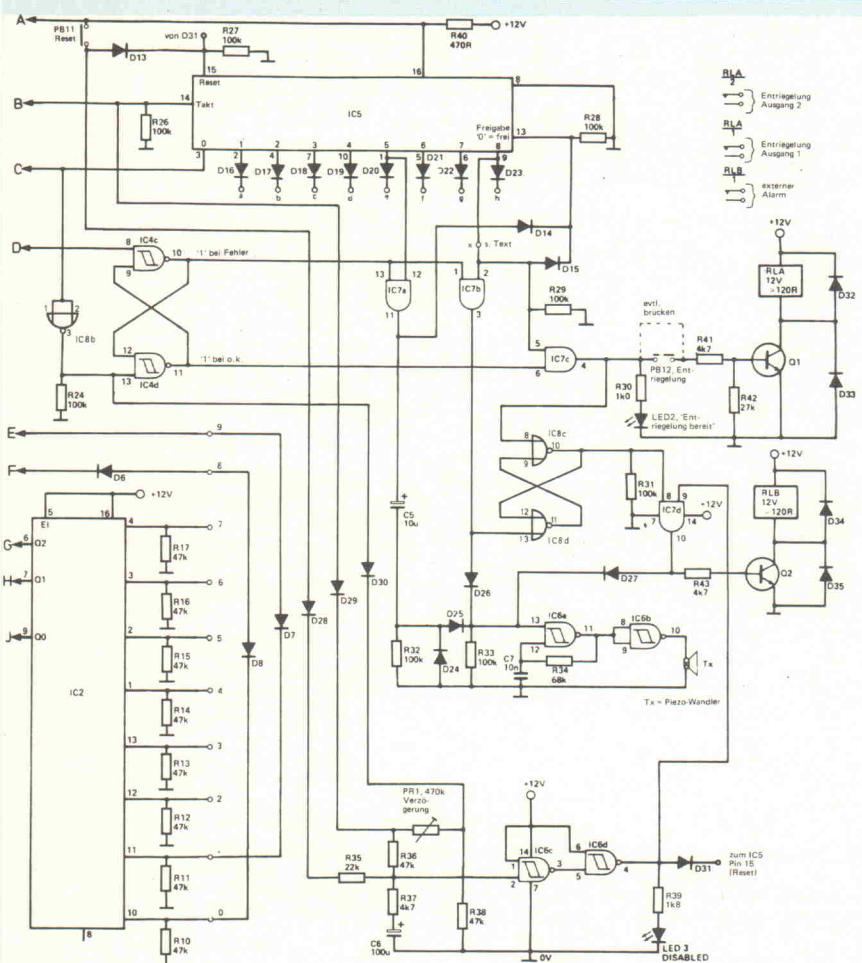
Bild 3. Gesamtschaltung. Den gewünschten Code erhält man durch Verbinden der Anschlußpunkte a...h mit 0...9. Für die Kombination 22814142 z. B. müßten die Punkte a-2, b-2, c-8, usw. verbunden werden. Noch ein Tip: Wenn nur wenig Platz zur Verfügung steht (z. B. am

priorität. Sie besitzen jeweils acht von einander unabhängige Eingänge (0...7) und erzeugen einen dreistelligen Dualcode, entsprechend des höchsten gesteuerten Eingangs. Bei Steuerung des '0'-Eingangs lautet der dazugehörige Dualcode '000', beim '7'-Eingang dement sprechend '111'. Im Ruhezustand liegt an Pin 15 log. '1'. Sobald jedoch einer der Eingänge gesteuert wird, springt das Signal für diese Zeit auf logisch '0'.

Eine Ergänzung der ICs1, 2 durch jeweils ein Diodennetzwerk ermöglicht, mit 10 Tasten einen 4-Bit-Code zu erzeugen. Die Eingangssignale des IC1 stammen direkt von der Tastatur. Aus dem Ausgangssignal an Pin 15 wird über eine Entprellschaltung (IC4a) ein positiver Impuls geformt, mit dem IC5 getaktet wird. Bei diesem IC handelt es sich um einen Dezimalzähler, der bei jedem Taktimpuls einen Schritt weiterzählt. IC2 erhält seine Eingangssignale über die Dioden D11...D23. Mit Hilfe der DIL-Fassung lassen sich die Verbindungen zu den Eingängen von IC2 herstellen und so die Vergleichsziffern festlegen.

Die beiden von IC1, 2 und ihren Ergänzungen erzeugten 4-Bit-Codes werden mit Hilfe von IC3 verglichen. Bei diesem Bauteil handelt es sich um vier EXOR-Gatter mit je zwei Eingängen. Über das ODER-Glied, bestehend aus D9...12, wird das Ausgangssignal von IC3 zusammen mit dem invertierten Taktsignal einem NAND-Gatter zugeführt (IC4b). Nach Passieren der RC-Kombination (C4, R22, 23) gelangt das so erzeugte Fehler signal zu einem FlipFlop (IC4c, d). Im Zusammenhang erkennt man, daß an C4 normalerweise log. 1 liegt. Tritt jedoch ein 'Tippfehler' auf, springt das Potential synchron mit dem Taktsignal auf '0'.

Bevor eine Zifferfolge eingegeben wird, ist der Zähler (IC5) zurückgesetzt, entweder automatisch oder mit PB11; an Pin 3 liegt log. 1. Dieses Signal wird mit IC8a invertiert, weshalb LED1 ('bereit') nicht leuchtet. Gleichzeitig wird das FlipFlop (IC4c, d) über IC4b so gesetzt, daß am Ausgang von IC4c log. '0' liegt. Sobald mit dem Eintippen der Ziffern begonnen wird, springt das Potential von Pin 3 (IC5) auf log. '0', LED1 leucht-



Armaturenbrett), kann man auf einige der numerischen Tasten verzichten und die Ziffernfolge so festlegen, daß z. B. nur zwei Tasten erforderlich sind (11212122).

tet (über IC8a) und das FlipFlop wird freigegeben. Falls jetzt ein Tippfehler auftaucht, springt der Ausgang von IC4c auf logisch '1', der von IC4d auf '0'.

Die Fehlererkennung/Auswertung erfolgt mit IC7, IC8c, d, IC6a, b, den Relaisstufen Q1, 2, das schon beschriebene FlipFlop IC4c, d und die dazugehörigen Bauteile. IC6a, b bilden einen astabilen Multivibrator mit gepuffertem Ausgang, an dem ein kleiner akustischer Wandler angeschlossen wird. IC8c, d bilden ein FlipFlop mit der Funktion 'externer Alarm bereit'.

Sobald ein Eingabefehler auftritt, wird der Ausgang von IC4c logisch '1'. Trat der Fehler innerhalb der ersten fünf Ziffern auf, springt der Ausgang des UND-Gatters IC7a mit Erreichen der fünften Ziffer auf log. '1', ein Auftastimpuls gelangt über C5-R32-D24-D25 zum astabilen Multivibrator. Dieser kann nunmehr kurzzeitig arbeiten und erzeugt einen kurzen Ton (Tx). Simultan gelangt über D14 log. '1' an Pin 13 des Zählers IC5, was bewirkt, daß dieser alle folgenden

Taktimpulse ignoriert und seinen Eingang erst nach einem 'Reset' wieder freigibt.

Wird der Eingabefehler zwischen der 5. und 8. Ziffer gemacht, springt der Ausgang von IC7b mit Erreichen der achten Ziffer auf logisch '1', so daß D26 den astabilen Multivibrator IC6a aktiviert. Der Alarmton ertönt so lange, bis IC5 zurückgesetzt wird. Gleichzeitig kippt das 'Alarm'-FlipFlop in seinen Arbeitszustand. Wenn der Fehler nicht innerhalb angemessener Zeit berichtigt wird (durch Rücksetzen des Zählers und Eingabe der richtigen Ziffernfolge), schaltet der Ausgang von IC7d auf log. '1' (bedingt durch die Zeitschaltung). Das hat zur Folge, daß der astabile Multivibrator unabhängig vom Zustand des Zählers zu arbeiten beginnt und das Relais RLB, geschaltet von Q2, anzieht. Mit den Relaiskontakten kann ein externer Alarm ausgelöst werden. Sobald Ausgang 8 des Zählers log. '1' führt, gelangt dieses Potential über D15 an Pin 13 und der Zähler ignoriert bis zum Reset weitere Taktimpulse.

Gibt man die richtige Ziffernfolge ein, sperrt der Zähler nach Eingabe der 8. Ziffer ebenfalls. Jedoch leuchtet in diesem Fall LED2 ('Entriegelung bereit') auf, gesteuert von IC7c. Durch Betätigen des Tasters PB12 schaltet Q1 durch und das Relais RLA zieht an.

Die schon angesprochene Zeitschaltung besteht aus IC6d, c und den umgebenden Bauteilen. Diese NAND-Gatter bilden einen nicht-invertierenden Schmitt-Trig-ger, an dessen Eingang C6 liegt. Der Ausgang wirkt über D31 auf den 'Reset'-Eingang des Zählers. Die Aufgabe der Schaltung besteht darin, unterschiedliche zeit-abhängige Faktoren bei der Dateneingabe zu ermitteln. Überschreiten diese Faktoren bestimmte Maximalwerte, wird der Zähler blockiert — nichts geht mehr.

C6 kann über jede der Dioden D28...30 aufgeladen werden. Die Entladung erfolgt über PR1 und R36...38. Die Ladung über D28, R35 findet statt, solange der 'Reset'-Taster (PB11) gedrückt wird. Das ist in etwa 3 s möglich. Da die Entladewiderstände bedeutend größer sind, beträgt die Entladezzeit etwa 30 s. Auf diese Weise wird die Häufigkeit, mit der 'Reset'-Versuche stattfinden, berücksichtigt.

Auch durch den Taktimpuls wird C6 aufgeladen, und zwar über D29, R36. Das bedeutet, daß C6 um so schneller aufgeladen ist, je länger die einzelnen Taster gedrückt werden. Die Gesamtzeit, in der die Kontakte der Tastatur geschlossen sind, darf 3 s nicht überschreiten, da sonst eine Blockierung von 30 s erfolgt.

Schließlich kann C6 noch über D30, PR1 aufgeladen werden. Etwa 60 s, nachdem die erste Ziffer eingetastet wurde (also Pin 3 von IC5 auf log. '0' gesprungen ist) wird die typische Blockierung von IC5 veranlaßt. Durch diese Maßnahme wird auch sichergestellt, daß ein automatischer 'Reset'-Impuls gegeben wird, falls jemand nach Öffnen des Schlosses vergessen haben sollte, das manuell zu tun. Auch bei Leuten, die 'mal mit der Tastatur spielen' wollen, wird diese Schaltung wirksam.

Das zeitbestimmende Glied mit C6 besitzt ein additives Verhalten, so daß eine autorisierte, nüchterne Person zwei bis drei Versuche machen kann, den richtigen Code einzutasten, bevor der Zähler blockiert wird. Stark angeheiterte haben hingegen kaum eine Chance. Nicht-autorisierte Personen können vielleicht einige Ziffern eingeben, bevor die Blockierung anspricht, jedoch ist ihre Chance nicht besonders hoch, gerade die richtige Ziffernfolge zu erwischen (1:100 Mio...). Befindet sich das Tresorschloß einmal im 'Sperr'-Modus (der Zähler ist blockiert), darf so lange kein Taster betätigt werden, bis LED3 nach etwa 30 s erloschen ist. Dann können neue Versuche beginnen.

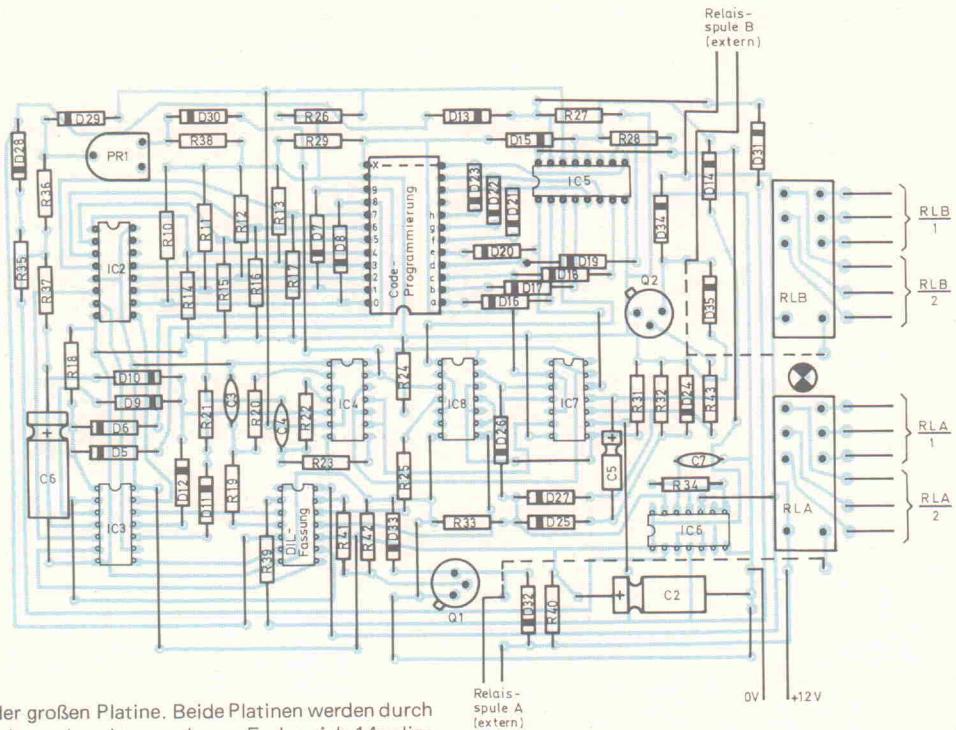


Bild 4. Bestückungsplan der großen Platine. Beide Platten werden durch Flachbandkabel miteinander verbunden, an dessen Enden sich 14polige DIL-Stecker befinden. Falls Sie die Relais nicht auf der Platte unterbringen wollen, können die gestrichelt gezeichneten Brücken entfallen; die Relaisspulen kommen dann an die entsprechend gekennzeichneten Ausgänge.

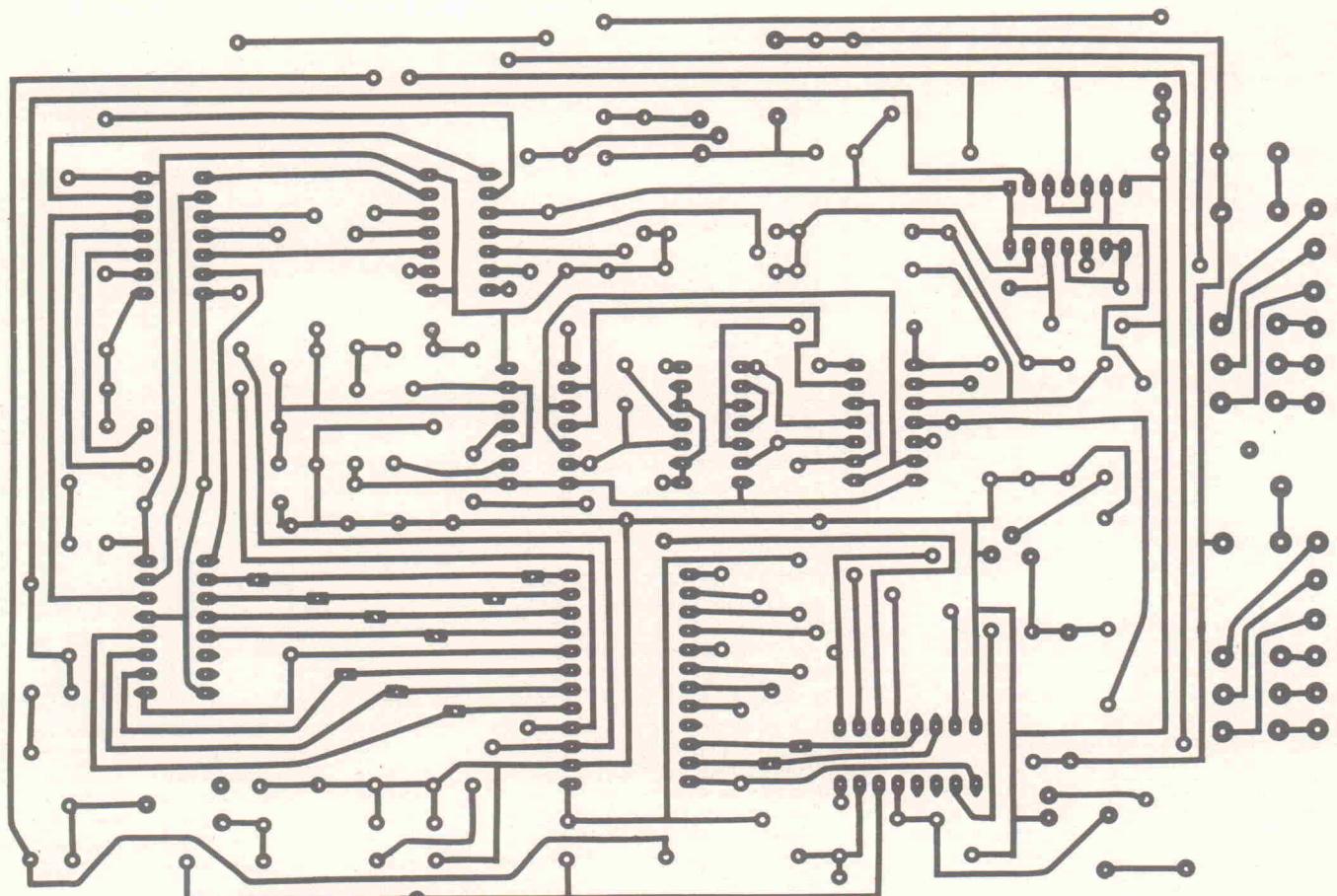


Bild 5. Das Layout der Hauptplatine. Wer beim Bohren kein Loch ausläßt, vergißt auch keine Drahtbrücke.

Die einzige Schwierigkeit könnte bei der elektromechanischen Türverriegelung auftreten. Die ist ziemlich teuer — aber ein findiger Bastler wird vielleicht eine preiswerte Möglichkeit finden.

### So bauen Sie Ihr elektronisches Fort Knox

Die Gesamtschaltung des Kombinationsschlosses teilt sich auf zwei Platinen auf. Die kleine Platine, auf der sich außer der Tastatur und den Leuchtdioden auch IC1 mit den dazugehörigen Bauteilen befindet, wird über Flachbandleitung mit der kleinen Platine verbunden.

Beim Layout wurde darauf geachtet, daß sowohl kleine Relais direkt auf der Platine, als auch größere extern angeschlossen werden können. Die leere DIL-24-IC-Fassung dient zur Aufnahme von Drahtbrücken, durch die der Code bestimmt wird. Überhaupt ist darauf zu achten, daß keine der zahlreichen Drahtbrücken vergessen wird.

Beim Aufbau des Tresorschlosses beginnen Sie am besten mit der kleineren Platine. Achten Sie darauf, daß Sie für die ICs entsprechende Fassungen und passende Taster für das Tastenfeld verwenden. Als Gehäuse schlagen wir ein Spritzgußgehäuse vor, in dem auch der akustische Wandler und die drei Leuchtdioden untergebracht werden.

Auch auf der großen Platine müssen IC-Fassungen verwendet werden. Setzen Sie die ICs noch nicht ein! Wenn die Platine vollständig bestückt ist, überprüfen Sie sämtliche Bauteile noch einmal. Zu beachten ist die Polarität der Dioden und Elkos, vergessen Sie keine Drahtbrücke und achten Sie auf ungewollte Kurzschlüsse.

Als nächstes folgt die Verdrahtung des DIL-Steckers, mit dem der Code bestimmt wird. Die erste Ziffer programmiert eine Verbindung zwischen Punkt 'a' (rechts unten auf dem Print) und der gewünschten Ziffer auf der gegenüberliegenden Seite des DIL-Sockels (0...9 von unten). Die zweite Ziffer wird durch eine Brücke zwischen Punkt 'b' und der gewünschten Ziffer bestimmt usw. Falls Sie nur 6- oder 7-stellige Ziffernfolgen benutzen wollen (also weniger als 8 Ziffern), können Sie das, indem Sie Punkt 'x' (links oben) nicht 'horizontal' in die obere Buchse der rechten Seite verbinden, sondern in die zweite oder dritte von oben.

Nachdem beide Platinen miteinander verbunden sind, können die ICs eingesetzt

werden. Halten Sie dabei unbedingt die Reihenfolge (IC1...IC8) ein! Wenn es später einmal erforderlich sein sollte, ein IC herauszunehmen, entfernen Sie vorher sämtliche ICs mit höheren Nummern in umgekehrter Reihenfolge (IC8, 7...ICn)!

Als letztes stellen Sie die Verbindung zu

einer 12 V-Spannungsquelle her. Nach kurzem Betätigen des 'Reset'-Tasters darf keine der drei LEDs mehr leuchten. Die richtige Funktion läßt sich durch Eingeben von richtigen und falschen Ziffernfolgen überprüfen. Nach bestandener Funktionsprüfung kann das Tresorschloß eingebaut werden.

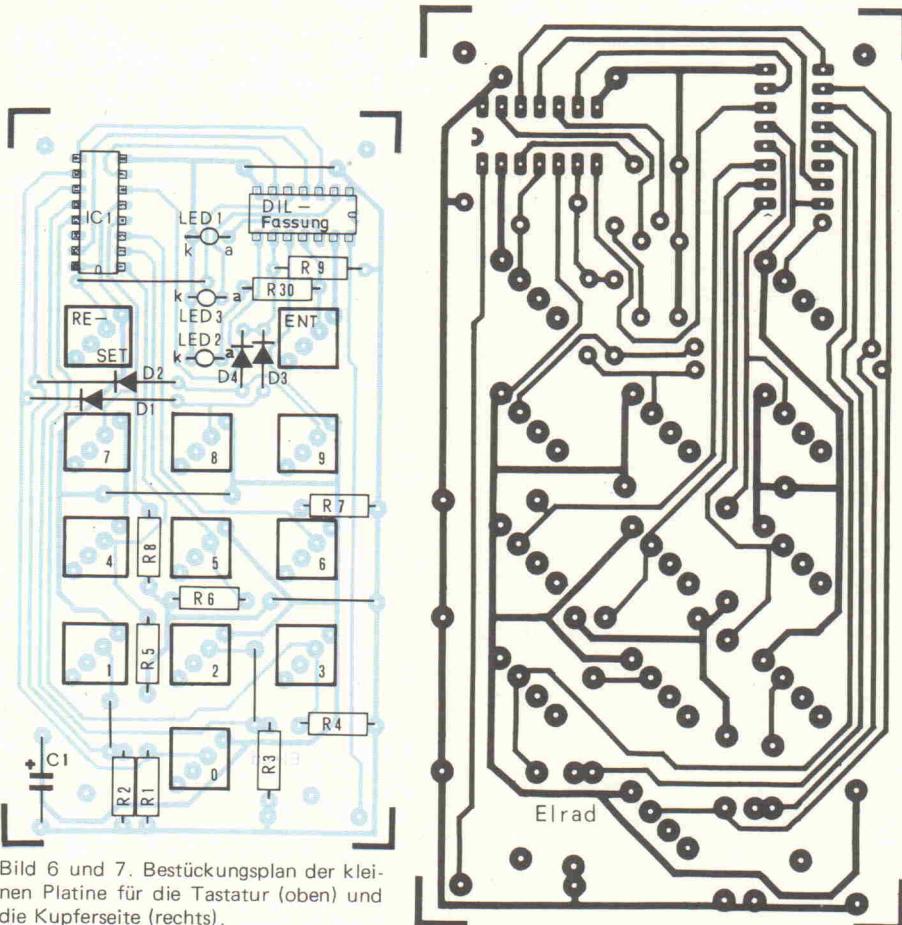


Bild 6 und 7. Bestückungsplan der kleinen Platine für die Tastatur (oben) und die Kupferseite (rechts).

### Stückliste

Widerstände 1/4 W, 5%
R1...R19, R21, R36,
R38 47k
R20, R23, R37, R41,
R43 4k7
R22, R24, R26, R27, R28, R29, R31, R32,
R33 100k
R25, R30 1k0
R34 68k
R35 22k
R39 1k8
R40 470R
R42 27k

Potentiometer
PR1 470k lin., Trimmer, RM 5x10, liegend

Kondensatoren
C1, C5 10µ, 16 V axial
C2 470µ, 16 V axial
C3, C4 47n, Folie
C6 100µ, 16 V axial
C7 10n Folie

Halbleiter
IC1, IC2 CD 4532
IC3 CD 4070
IC4, IC6 CD 4093
IC5 CD 4017
IC7 CD 4081
IC8 CD 4001
Q1, Q2 BC 109
D1...D31 1 N 4148
D32...D35 1 N 4001
LED1...LED3 je 1x gelb (1), grün (2), rot (3)

Verschiedenes
PB1...PB12 Taster 1xUM; Liefer. Fa. Schäfer, Schwetzingen (s. Einkaufsverzeichnis)
RLA, RLB Siemens 12 V, V23037-A0002-A101
Tx Piezo-Wandler
3x IC-Fassung DIL 16
7x IC-Fassung DIL 14
1x IC-Fassung DIL 24
2x IC-Stecker DIL 14
1x IC-Stecker DIL 24
Gehäuse, Platinen, Flachbandkabel

# Antennen-Matcher

**Das vorgestellte Anpaßgerät (engl. match box) dient zur Anpassung beliebiger Langdrahtantennen an die Eingangsimpedanz eines Kurzwellenempfängers und bewirkt eine erhebliche Verbesserung der 'Empfangsleistung'.**

Für allgemeine Empfangsanwendungen im Frequenzbereich von etwa 1,7 MHz bis 30 MHz wird häufig eine Drahtantenne benutzt, deren eines Ende direkt an die Antennenbuchse des Empfängers angeschlossen ist. Ein derartiger Antennentyp ist im schlimmsten Fall eine von der Gardinenleiste über die Deckenlampe zum Empfänger gehängte 'Strippe'!

Die Antennenlänge kann also zwischen einigen Metern bei einer Innenantenne und einigen 'zig Metern bei einer frei aufgehängten Außenantenne liegen. Die Außenantennen erlauben einen guten Fernempfang, aber die Anpassung der Antennenimpedanz an die Eingangsimpedanz des Empfängers ist oft katastrophal.

Zunächst einige Anmerkungen für die weniger Eingeweihten (die Profis können diesen Abschnitt überspringen): Eine Empfangsantenne entspricht einem Generator, der eine gewisse Hochfrequenzleistung an den Empfänger liefert. Bleibt z.B. bei einem UKW-Tuner die Antennenbuchse offen, lässt sich der Tuner bestens als Niederfrequenzrauschkenerator verwenden (vorausgesetzt, es ist keine eingebaute Antenne vorhanden bzw. angeschlossen). Der Anteil der von der Antennenbuchse eingefangenen Hochfrequenzleistung ist zu gering. Gerade bei weiter entfernten Sendern wird bei UKW-Stereoempfang unter Verwendung der eingebauten Antenne ein Restrauschen hörbar sein. Eine Verbesserung ist nur durch eine Außenantenne zu erreichen.

Aber wieso rauscht es nun nicht mehr? Ganz einfach! Die Außenantenne liefert erheblich mehr Leistung als eine eingebaute. Wir sehen also, je höher die von der Antenne abgegebene Leistung ist, desto besser ist die Empfangsqualität. Das gilt aber nur, wenn die an den Antennenklemmen abgenommene Leistung ohne große Verluste der Antennenbuchse des Empfängers zugeführt werden kann!

## Nun wird's theoretisch.

Ein *ideal*er Generator stellt die erzeugte elektrische Leistung auch an seinen Klemmen zur Verfügung. Ein *real*er Generator jedoch weist immer irgendwelche Verluste auf, die durch seinen 'Innenwiderstand' charakterisiert werden. Man kann

sich also einen realen Generator aus der Zusammenschaltung eines idealen Generators und eines Verlustwiderstandes (= Innenwiderstand) vorstellen. Das bedeutet, wenn ich den Generator mit einem Verbraucherwiderstand belaste, fließt Strom, es stellt sich eine zugehörige Spannung am Verbraucher ein und somit nach dem Ohmschen Gesetz auch eine bestimmte Leistung. Da der Strom auch durch den Generatorinnenwiderstand fließen muß, wird hier eine 'Verlustleistung' erzeugt, die zum größten Teil in Wärme umgesetzt wird. Wenn ich nun den Widerstandswert des Verbraucherwiderstandes ändere, stellt sich ein anderes Strom-Spannungsverhältnis ein.

Wir wollen nun ein Gedankenexperiment durchführen: Wir beginnen mit einem Verbraucherwiderstand der Größe  $0\Omega$  (also Kurzschluß). Es fließt zwar ein sehr hoher Strom, aber die Spannung ist  $0V$  und somit auch die Leistung  $0\text{Watt}$ .

Jetzt vergrößern wir den Widerstand, messen wieder Strom und Spannung und bestimmen die daraus resultierende Leistung. Nun wird der Widerstand wieder vergrößert usw.

Wenn die errechneten Leistungen grafisch dargestellt werden, erhält man eine Kurve, die zunächst ansteigt, dann ein Maximum erreicht und wieder abfällt.

Betrachten wir das Maximum der vom Verbraucherwiderstand in Wärme umgesetzten Leistung und schauen uns den hierbei eingestellten Widerstandswert an, so erleben wir eine Überraschung: Dieser Widerstandswert entspricht haargenau dem Innenwiderstand des Generators!

Wenn wir unsere neuen Erkenntnisse auf die Anpassung Antenne – Empfänger übertragen, so können wir der Antenne als Generator einen bestimmten Innenwiderstand zuordnen und dem Empfänger als Verbraucher einen bestimmten 'Verbraucherwiderstand'.

In der Hochfrequenztechnik verwendet man allerdings andere Begriffe, da normalerweise keine Ohmschen Widerstände definiert werden können, sondern außer in Sonderfällen sogenannte Scheinwiderstände (eine Zusammensetzung aus einem Ohmschen Widerstand und einem Blindwiderstand) vorliegen. Aus Platz-

gründen können wir hier nicht näher auf die Theorie des Wechselstromkreises und das Verhalten der Bauelemente eingehen; wir verweisen auf die Fachliteratur!

Die 'Scheinwiderstände' werden auch als 'Impedanz' bezeichnet, womit wir endlich zum eigentlichen Thema zurückkommen.

Wie wir gesehen haben, wird nur dann die maximale Leistung an den Empfänger abgegeben, wenn die Antennenimpedanz mit der Empfängereingangsimpedanz übereinstimmt. Es wird also eine Art 'Transformator' benötigt, mit dem sich die unbekannte Antennenimpedanz auf die Eingangsimpedanz des Empfängers transformieren lässt. Dieser Vorgang wird 'Anpassen' genannt! Viele Spezial-Kurzwellenempfänger weisen eine Eingangsimpedanz von  $50\Omega$  auf. Bei anderen Empfängern ist die Eingangsimpedanz oft unbekannt und auch noch frequenzabhängig.

Die Impedanz am Ende unserer Langdrahtantenne hängt vom Verhältnis der Drahtlänge zur Wellenlänge ab. Ist die Antennenlänge gleich oder ein Vielfaches der halben Wellenlänge (mathematisch:  $\lambda/2$ ), beträgt die Antennenimpedanz oft  $1000\Omega$  oder mehr! Beträgt die Drahtlänge ein Viertel der Wellenlänge (mathematisch:  $\lambda/4$ ) oder ein ungeradzahliges Vielfaches davon, so ist die Antennenimpedanz sehr niedrig, d.h. unter  $50\Omega$  bei einigen Frequenzen. Die Länge einer Halbwellenantenne errechnet sich mit ausreichender Genauigkeit zu

$$l \text{ in m} = \frac{143}{f \text{ in MHz}} \quad (1)$$

Ein bevorzugtes Empfangsgebiet stellen die Amateurbereiche dar, und da sie mit einer Ausnahme in harmonischen Intervallen im Frequenzbereich zwischen 1,7 MHz und 30 MHz auftreten (siehe Tabelle 1), erscheint es angebracht, sie als Beispiele heranzuziehen.

Tabelle 1: Amateurbänder bis 30 MHz

160 m	1815 – 1835	kHz
80 m	3,5 – 3,8	MHz
40 m	7,0 – 7,1	MHz
20 m	14,0 – 14,35	MHz
15 m	21,0 – 21,45	MHz
10 m	28,0 – 29,7	MHz

Nehmen wir an, unser Antennendraht ist insgesamt 10 lang. Die Antenne arbeitet dann als Halbwellenantenne im 20 m-Band, wie wir aus unserer Gleichung ableiten können.

Beispiel:  $f = 14,3 \text{ MHz}$ ;  $l = 10 \text{ m}$   
Gleichung umgestellt:

$$f \text{ in MHz} = \frac{143}{l \text{ in m}} = \frac{143}{10} = 14,3 \quad (2)$$

Die Antenne hält also eine hohe Impedanz, die auf z.B.  $50 \Omega$  'heruntertransformiert' werden müßte.

Bei der doppelten Frequenz (= 28,6 MHz) beträgt die Antennenlänge unserer Beispielantenne 2 Halbwellenlängen, und die Impedanz ist wiederum hoch. Aber bei der zur halben Halbwellenlänge gehörenden Frequenz (= 7,15 MHz) haben wir eine Viertelwellenantenne mit sehr niedriger Impedanz. Zu guter Letzt hängt die Impedanz nun auch noch von der Antennenhöhe, der Leitfähigkeit des Bodens und der Umgebung ab (also frei aufgehängt oder Bäume oder Häuser in Antennennähe).

Wenn wir mit einem Impedanzmeßgerät (so etwas gibt es, ist aber ziemlich teuer) die Antennenimpedanz im Bereich 1,7 MHz bis 30 MHz messen, stellen wir fest, daß sie zwischen beiden Extremwerten hin und her pendelt.

Jede andere beliebige Drahtlänge weist diese grundsätzliche Eigenschaft auf, natürlich mit anderen Impedanzen als unsere Beispielantenne bei den gewählten Frequenzen.

Um nun jeden 'feuchten Bindfaden' über den gesamten Kurzwellenbereich an unseren Empfänger anpassen zu können und die bestmöglichen Empfangsverhältnisse zu erzielen, benötigen wir ein variables Anpaßgerät. Der beste Weg, ein solches Gerät zu verwirklichen, ist die Verwendung eines Resonanzkreises, der sich über den gesamten interessierenden Frequenzbereich abstimmen läßt. Dieser Resonanzkreis soll außerdem auf die unterschiedlichsten Bedingungen für die Impedanztransformation umschaltbar sein. Das hier beschriebene Anpaßgerät benutzt eine in bestimmten Abständen angezapfte Spule und einen Zweifach-Drehkondensator mit einem Variationsbereich von etwa  $10 \text{ pF} - 500 \text{ pF}$ . Drehkondensatoren  $< 500 \text{ pF}$  schränken die Benutzung am niederfrequenten Ende (also bei ca. 1,7 MHz) ein.

Die Spulenanzapfungen führen auf einen 10stufigen Drehschalter. Die Spule und

der Kondensator können nach Belieben durch Brücken zusammengeschaltet werden. Einige Beispiele zeigen wir am Ende dieses Artikels in den Schaltungsdiagrammen.

### Aufbauhinweise

Als Gehäuse für das Anpaßgerät haben wir ein Kunststoffgehäuse von etwa  $190 \text{ mm} \times 110 \text{ mm} \times 60 \text{ mm}$  vorgesehen. Es kann natürlich auch ein Metallgehäuse verwendet werden. Buchsen und Drehko sind dann aber *isoliert* einzubauen. In unserem Fall dient der Deckel des Kunststoffgehäuses als Front- und Montagplatte, auf die alle Bauteile montiert werden. Sechs Buchsen für Bananenstecker sind an der Oberseite mit Spule, Schalter und Drehko verbunden. Drehschalter und Drehko sind nebeneinander in gleicher Höhe in der Nähe der Buchsen montiert. Schalter links und Drehko rechts (von hinten gesehen). Eine generelle Einbauanleitung für den Drehko kann nicht gegeben werden, da zu viele unterschiedliche Typen auf dem Markt sind. Der Drehko sollte jedoch nicht zu volumös sein. Notfalls muß eben die Gehäusegröße geändert werden.

Die Spule wird direkt über den Drehschalter montiert, damit die Verbindungen zu den Schaltkontakten nicht zu lang werden. Für die Verbindungen zwischen Drehko und Buchsen empfehlen wir verzinneten oder versilberten Kupferdraht von etwa  $1 \text{ mm} \varnothing$ .

Als erstes werden die erforderlichen Bohrungen angezeichnet und gebohrt. Der Grat an den Lochrändern lässt sich mit einem größeren Bohrer leicht entfernen.

Nun werden Buchsen, Drehschalter und Drehkondensator eingebaut. Vorsicht ist

beim Anziehen der Schrauben oder Muttern geboten, denn Kunststoff bricht leicht!

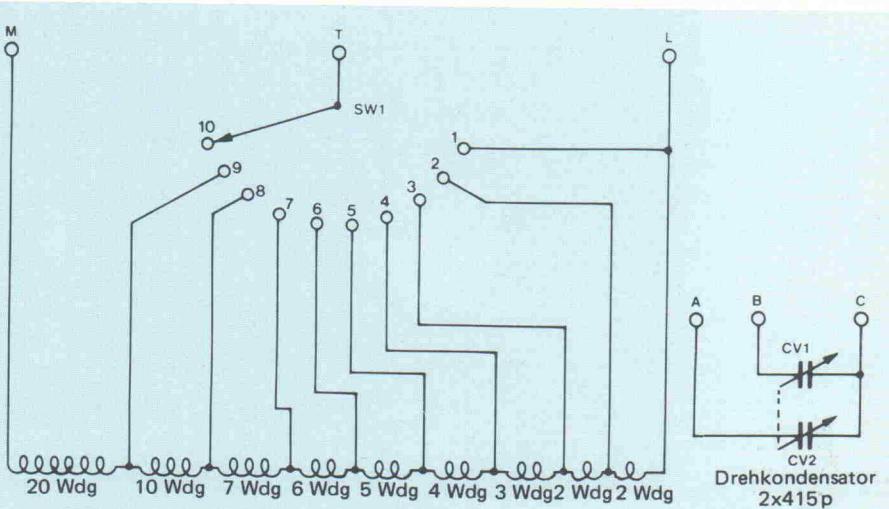
Um das Ganze außen optisch schöner zu gestalten, kann natürlich noch eine beschriftete Frontplatte vorgesehen werden.

### Die Spule

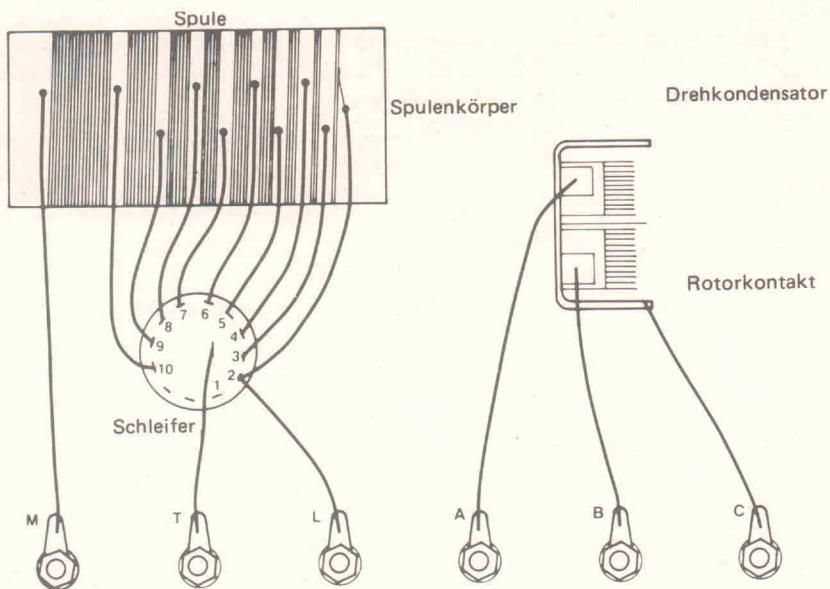
Als Spulenkörper dient ein Papp- oder Pertinax- oder Kunststoffrohr,  $80 \text{ mm} - 100 \text{ mm}$  lang und etwa  $40 \text{ mm}$  Außen-durchmesser. Die Zeichnung zeigt die Wicklungsanordnung. Als Spulendraht ist Kupferlackdraht mit etwa  $0,6 \text{ mm} \varnothing$  geeignet. Um den Anfang der Spule 'festzulegen', werden etwa  $10 \text{ mm}$  vom Rand des Spulenköpers entfernt zwei kleine Löcher gebohrt, die in Wickelrichtung gesehen etwa  $5 \text{ mm}$  Abstand haben sollten. Nun den Draht so durch die Löcher fädeln, daß der Steg zwischen den Löchern von *einer* Windung umschlungen wird. Das freie Ende muß so lang sein, daß es bis zur Buchse 'M' reicht!

Jetzt werden die ersten 20 Windungen aufgebracht, nicht zu locker und immer schön Windung neben Windung. Außerdem darauf achten, daß die Wicklung nicht schief aufgebracht wird. Die 20. Windung endet auf der Höhe der am Anfang gebohrten Löcher. Damit sich die Wicklung nicht selbstständig macht, wenn der Draht losgelassen wird, empfehlen wir, die letzten Windungen mit einem ca.  $10 \text{ cm}$  langen Streifen Tesa-film vorübergehend festzulegen, wenn kein Helfer vorhanden ist (sonst benötigen Sie nämlich mindestens 3 Hände!).

Nun zur 1. Anzapfung: Sie besteht aus einer etwa  $10 \text{ cm}$  langen Schleife, wobei Anfang und Ende dieser Schleife das Ende der 20. Windung darstellen. Durch



Schaltbild mit Windungsplan und Schalteranordnung.



Verdrahtungsplan. Die Anordnung der Bauteile zeigt das Foto.

das U-förmige Ende der Schleife wird ein Schraubendreher o. ä. gesteckt, und es werden durch Drehen die beiden Drähte miteinander verdrillt. Drehen Sie so lange, bis die gesamte Länge gut verdrillt ist und nicht wieder aufgeht. Die Verdrillung sollte möglichst genau am Ende der 20. Windung beginnen.

Der nächste Spulenteil beginnt in 4 mm Abstand (siehe Zeichnung). Er besteht aus 10 Windungen und endet wieder in einer Anzapfung wie gehabt. Die weiteren Spulenteile haben jeweils 4 mm Abstand vom vorhergehenden. Die Anzapfungen werden immer nach dem gleichen Prinzip hergestellt. Windungszahlfehler bis zu 1/8 Windung sind tolerierbar (durch die Anzapfungen wird das sowieso nicht so

ganz genau). Das Ende der letzten Teilspule wird wie der Anfang der ersten Teilspule festgelegt, damit sich die Spule nicht aufwickeln kann. Das Ende muß so lang sein, daß es bis zur Buchse 'L' reicht!

Die zum Festlegen der Teilspulen verwendeten Tesafilmstreifen können nun abgenommen werden. Wer will, kann die Windungen an einigen Stellen mit einem Schnellkleber (kein Pattex!!!) festlegen.

Die fertige Spule wird so positioniert, daß sie oberhalb des Schalters liegt, ohne die Kontakte zu berühren. Anfang an die Buchse 'M' anlöten, Ende an die Buchse 'L'. Die Anzapfungen in der richtigen Reihenfolge so kurz wie möglich an die Schalterkontakte anlöten. Die Spule

wird vom Schalter getragen und braucht nicht extra befestigt zu werden. Buchse 'T' mit dem Schleifer des Schalters verbinden.

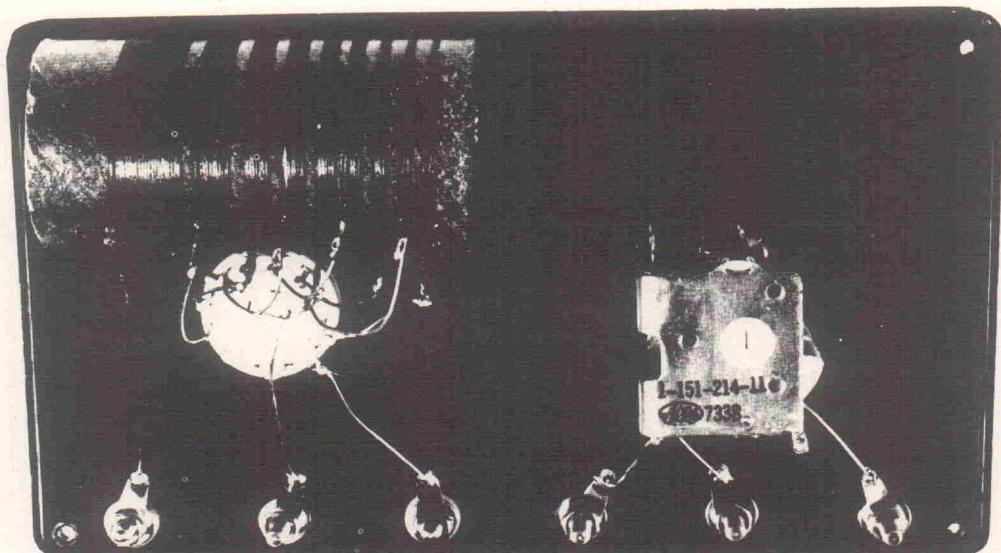
Als nächstes wird der Drehko verdrahtet. Das Drehko-Gehäuse (= Stator) mit Buchse 'C', die Anschlüsse der beweglichen Platten (= Rotor) mit den Buchsen 'A' bzw. 'B' verbinden.

Damit ist die interne Verdrahtung abgeschlossen.

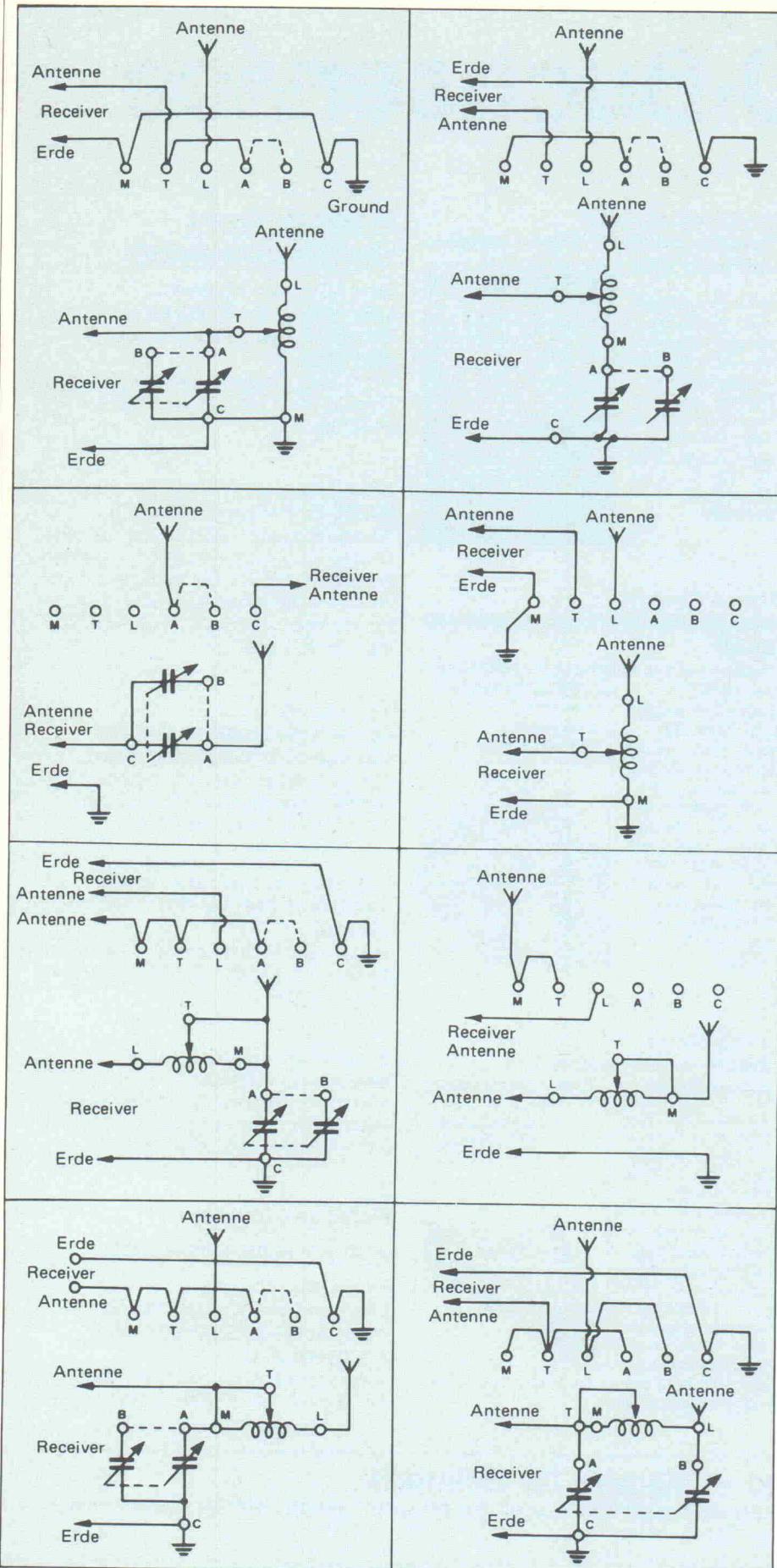
Nun müssen noch einige ca. 20 cm lange (auf keinen Fall länger!), mit Bananensteckern versehene verschiedenfarbige Kabel hergestellt werden, mit denen dann die gewünschte Schaltung des Anpaßgerätes gesteckt werden kann. Reste von dreiadrigen flexiblen Kabeln mit 1,5 mm<sup>2</sup> Querschnitt sind gut geeignet. Es muß auch noch ein Koax-Kabel angefertigt werden, das das Anpaßgerät mit dem Empfänger verbindet (1 Koax-Stecker auf der einen und 2 Bananenstecker auf der anderen Seite).

## Anwendung bei Kurzwellensendern

Das Anpaßgerät ist auch für die Anpassung von Kurzwellensendern bzw. -Transceivern geringer Leistung (< 15 W) gut geeignet. Die maximale Leistung wird durch den Plattenabstand der Drehkos und die Spannungsfestigkeit des Schalters begrenzt, weil in einigen Fällen hohe Spannungen (> 1000 V) an den Bauteilen auftreten können. Es entstehen dann Überschläge, die nicht nur das Anpaßgerät, sondern vor allem die Senderendstufen zerstören können. Bei zu hohen Leistungen kann sich das Anpaßgerät mit Flammen und Rauch verabschieden!



Das fertig verdrahtete Gerät.



## Verwendungshinweise

Die Diagramme zeigen eine Auswahl an brauchbaren Anpaßschaltungen. Um die richtige Einstellung zu finden, müssen Sie zunächst die **Gesamtlänge** Ihrer Antenne (inklusive Zuleitung) bestimmen. Bei Abstimmung auf einen bestimmten Frequenzbereich überschlagen Sie, ob die Antennenlänge ungefähr einer geraden Anzahl von Halbwellenlängen, einer ungeraden Anzahl von Viertelwellenlängen oder weniger als einer Viertelwellenlänge entspricht. Eine Tabelle, die den Zusammenhang zwischen Frequenz- und Wellenlänge angibt, ist dabei sehr hilfreich.

Welche Schaltung nun das beste Ergebnis liefert, muß experimentell ermittelt werden.

Bei sehr langen Antennen ist das Maximum der Abstimmung ziemlich breit, bei kurzen Antennen schmäler. Fertigen Sie sich eine Aufstellung über die Spulen- und Drehkoabstimmung für die jeweiligen Bereiche an. Das ist nur **einmal** Arbeit. Danach brauchen Sie nur noch die jeweilige Einstellung in ihrer Tabelle abzulesen.

Die besten Empfangsergebnisse werden erzielt, wenn die Abstimmung auf höchste Empfangsfeldstärke mit dem Drehko des Anpaßgerätes sehr scharf ist (das bedeutet hohe Güte). Dadurch wird eine Verbesserung der Vorselektion erreicht, außerdem kann auch die Spiegelfrequenzsicherheit erhöht werden, die bei billigen Empfängern mit niedriger ZF (455 kHz oder weniger) ein Problem darstellt. Kreuzmodulation und Zustoppeffekte werden vermindert.

Bei Verstimmung des Empfängers um mehrere hundert Kilohertz muß dann auch das Anpaßgerät nachgestimmt werden. Meist reicht eine Verstimmung des Drehkos. Soll die Abstimmung 'breiter' werden, (d. h. geringere Güte), muß man weniger Induktivität (also weniger Windungen am Schalter einstellen) und höhere Kapazität mit den Drehkos einstellen. Bei höheren Frequenzen können sich Störeffekte durch die Handkapazität bemerkbar machen, wenn die Antennenimpedanz sehr hoch ist.

# ELRAD-Buchservice

## Anwendung programmierbarer Taschenrechner

Band 8, Peter Kahlig  
**Graphische Darstellung mit dem Taschenrechner (TI-58/58 C und TI-59)**

Mit 88 Programmen, 51 neuen Zeichnungen, 26 Beispielen und 85 Abb. 1981. XI, 163 S. DIN C 5. Kart. 32,- DM

Band 9, Harald Nahrstedt  
**Maschinenelemente für AOS-Rechner**

Teil I: Grundlagen, Verbindungselemente, Rotationselemente. Mit 17 vollständigen Programmen, 90 Abb. und 42 Tab. 1981. VI, 171 S. DIN C 5. Kart. 34,- DM

Band 10, Kurt Hain  
**Getriebetechnik – Kinematik für AOS- und UPN-Rechner**

Mit 11 vollständigen Programmen, 28 Abb. und 66 Tab. 1981. VIII, 102 S. DIN C 5. Kart. 38,- DM

Band 11, Arnim Tölke  
**Programmorganisation und indirektes Programmieren für AOS-Rechner**

Mit 34 Tab., 46 Programm-Segmenten und 14 Tafeln. 1982. Ca. 150 S. DIN C 5. Kart. ca. 30,- DM

Band 12, Dieter Lange  
**Algorithmen der Netzwerkanalyse für programmierbare Taschenrechner (HP-41 C)**

Mit 52 Beispielen. 1981. VIII, 116 S. DIN C 5. Kart. 24,80 DM

Harald Schumny (Hrsg.)  
**Taschenrechner + Mikrocomputer Jahrbuch 1982**

Anwendungsbereiche - Produktübersichten - Programmierung - Entwicklungstendenzen - Tabellen - Adressen. Mit 95 Abb., 38 Tab., 29 Progr. und 400 Adressen. 1981. VIII, 276 S. 18,5 x 24 cm. Kart. 29,80 DM



Hans H. Gloistehn  
**Mathematische Unterhaltungen und Spiele**

mit dem programmierbaren Taschenrechner (AOS)  
1981. 164 S. DIN A 5. Kart. 24,80 DM  
Das Buch bringt zahlreiche Probleme aus der Unterhaltungsmathematik und entwickelt dafür geeignete „Lösungsprogramme“. Ein vertieftes mathematisches Vorverständnis ist dafür nicht erforderlich.



Jörg Zschocke  
**Mikrocomputer, Aufbau und Anwendungen**

Arbeitsbuch zum μP 6800. Hrsg. v. Harald Schumny. Mit 193 Abb. 1981. 192 S. DIN C 5. Kart. 24,80 DM  
Das Buch erleichtert das Einarbeiten in die Mikrocomputer-Software. Klar und übersichtlich wird der Leser mit dem Mikrocomputer, dessen Baustein μP 6800 sowie dessen Funktions- und Arbeitsweise vertraut gemacht.



## Programmieren von Mikrocomputern

Band 2, Gerhard Oetmann  
**Lehr- und Übungsbuch für die Rechnerserien cbm 2001 und cbm 3001**

Mit 32 Abb., 8 Programmen und zahlr. Beispielen. 1981. VIII, 115 S. DIN C 5. Kart. 29,80 DM

Band 3, Wolfgang Schneider  
**BASIC für Fortgeschrittene**

Textverarbeitung – Arbeiten mit logischen Größen – Computersimulation – Arbeiten mit Zufallszahlen – Unterprogrammtechnik. Mit zahlr. Beispielen und 10 vollständigen Programmen. 1982. Ca. 150 S. DIN C 5. Kart. ca. 25,- DM

Jon M. Smith  
**Numerische Probleme und ihre Lösungen mit Taschenrechnern**

Aus dem Engl. von Hubert Scholz und Reinhard Scholz. Mit zahlr. Abb. 1981. XII, 332 S. DIN C 5. Kart. 49,- DM

Ekbert Hering/Hans-Peter Kicherer  
**Taschenrechner für Wirtschaft und Finanzen**

Arbeitsbuch für die Rechner TI-31, TI-41, TI-42 und TI-44. 1980. X, 154 S. 12 x 19,5 cm. Kart. 19,80 DM

Gerhard Schnell/Konrad Hoyer  
**Mikrocomputerfibel**

Vom 8-bit-Chip zum Grundsystem. Unter Mitarbeit von Burkhard Kours. 1981. X, 231 S. DIN C 5. Kart. 29,80 DM

## Programmieren von Taschenrechnern

Band 6, Paul Thießen  
**Lehr- und Übungsbuch für die Rechner HP-33 E/HP-33 C und HP-25/HP-25 C**

Hrsg. von Hans H. Gloistehn. 1981. VIII, 116 S. 12 x 19,5 cm. Kart. 22,80 DM

**Elrad — Magazin für Elektronik**

Verlag Heinz Heise GmbH, Bissendorfer Straße 8, 3000 Hannover 61, Postanschrift: Postfach 27 46, 3000 Hannover 1

# **elrad**-Leserangebote



In Originalgröße

## **LCD-Miniwecker TAC 3**

Der Miniwecker TAC 3 (er ist 65x32x11,5 mm klein), paßt in jedes Reisegepäck. Sie können die Uhrzeit wahlweise mit Sekunden oder Monatstag ablesen oder auch auf Tag – Monat – Jahr umschalten. Dabei bleibt der Tagesname ständig sichtbar. Man kann überhaupt an diesem Taschenwecker soviel ein-, um- und anstellen, daß es schon fast eines 'Führerscheins' bedarf, um alle Möglichkeiten voll auszuschöpfen.

**Preis: 49,50 DM**

+ 4,00 DM Versandspesen

## **LCD-Radiowecker für Batteriebetrieb**

Die Alternative zum Netz-Radiowecker (HDR 2000) ist unser LCD-Radiowecker HDR 1170. Bei diesem Modell wird das Radioteil mit einer 9-V-Batterie und die Uhr mit einer Knopfzelle versorgt. Die weiteren Merkmale sind: UKW/MW-Bereich, 24-Stunden-Anzeige, Schlummerautomatik, Beleuchtung der Flüssigkristallanzeige (LCD), Wecken mit Summtom und Radio, Teleskopantenne.

Gehäusegröße: 58x58x155 mm, Farbe: weiß.

**Preis: 75,00 DM**

+ 4,00 DM Versandspesen



## **Radio-Digitaluhr HDR 2000**

Der neue Radio-Wecker für Netzbetrieb hat eine 24-Stunden-Anzeige mit grünen Digitronziffern (Helligkeit regelbar). Der besondere Pfiff liegt in der Batteriereserve der Uhrenschaltung bei Netzausfall, so daß die Uhr nicht jedesmal neu gestellt werden muß. Zu den Selbstverständlichkeiten gehören UKW/MW-Bereich, Schlummerautomatik, Wecken durch Radio oder Summtom, Verriegelung der Zeiteinstelltasten gegen unbeabsichtigtes Verstellen. Der Klang ist bei einer Ausgangsleistung von 500mW und einem 8-cm-Lautsprecher erstaunlich gut. Gehäuse: schwarz mit beleuchteter Skala.

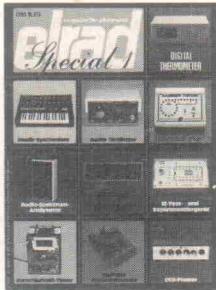
**Preis: 75,00 DM**

+ 4,00 DM Versandspesen



# Die Specials:

## Special 1 Bauanleitungen



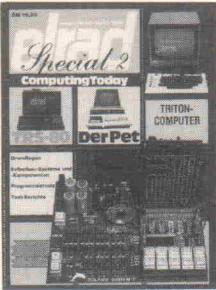
### Aus dem Inhalt:

Musik-Synthesizer, Graphic-Equaliser, Digital-Thermometer, Frequenz-Shifter, CCD-Phaser, IC-Test- und Experimentiergerät, Audio-Spektrum-Analysator, Morse-Tutor, Rauscht Ihr Recorder?, Inhalt eines PROMs, Transistor- und Dioden-Tester, Audio-Oszillator, Funktionsgenerator, Digital-trainer Digimax, Verschlußzeit-Timer, Digitaler Drehzahlmesser, Aquarium-Thermostat, Morse-Piepmatz.

128 S.

**DM 9,80\***

## Special 2 Computer-Heft



### Aus dem Inhalt:

**Grundlagen:** Der Mikroprozessor—nahegebracht, Speichersysteme für Mikrocomputer, Adressierungsarten bei Mikroprozessoren, Höhere Programmiersprachen.

**Selbstbau-Systeme und Komponenten:** Mikrocomputer-System Delphin EHC 80, Elrad-Triton-Computer, Cuts Cassetten-Interface, Inhalt eines PROMs.

**Programmierung:** Einführung in die BASIC-Programmierung.

**Testberichte:** Mikroprozessor-Trainer und Lehrkurs, Der Pet, Heathkit Mikrocomputer-System H8, Der TRS-80 auf dem Prüfstand.

144 S.

**DM 16,80\***

## Special 3 Bauanleitungen



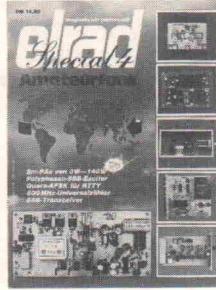
### Aus dem Inhalt:

2x 200W PA, Universal-Zähler, Stereo Verstärker 2x60W, Elektronisches Hygrometer, Professionelle Lichtorgel, Transmission-Line-Lautsprecher, Drehzahlmesser für Modellflugzeuge, Folgen-Blitz, DC-DC Power-Wandler, Mini-Phaser, NF-Mischpultsystem.

144 S.

**DM 12,80\***

## Special 4 Amateurfunk



### Aus dem Inhalt:

SSB-Transceiver, Preselektor, VFO, Sprachkompressor, 2mPA, Morse-Piepmatz, 2m/10m Transverter, Quarz-Thermostat, Kurzwellen-Audion, Quarz-AFSK.

120 S.

**DM 14,80\***

\*) Lieferung erfolgt per Nachnahme (+ DM 4,— Versandkosten) oder gegen Verrechnungsscheck (+ DM 1,50 Versandkosten)

## Digitaltechnik



In diesem Sammelband wird der Leser von Grund auf die Methoden der Digital-Technik kennenlernen. Zunächst werden einfache Techniken besprochen; aufbauend auf den logischen Verknüpfungen werden digitale Schaltungen, Register und Rechenwerke erklärt, und am Ende des Heftes weiß der Leser, wie ein Mikroprozessor funktioniert.

Der Inhalt beschränkt sich jedoch nicht auf die reine Rechentechnik; viele praktische Anwendungen der Digitaltechnik, wie z. B. Zählschaltungen, Zeitmesser oder die Steuerung einer Ampelanlage, werden besprochen.

**DM 7,80\***

**elrad** magazin für elektronik

Verlag Heinz Heise GmbH  
Postfach 27 46 · 3000 Hannover 1

## Unser Special-Heft 5

Das Sonderheft mit den beliebtesten Bauanleitungen aus dem Elrad-Jahrgang 1980.

### Aus dem Inhalt:

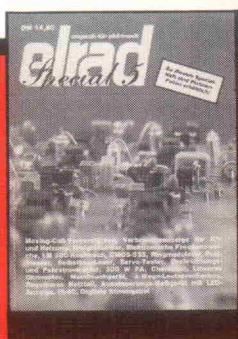
**Audio:** 300 W PA, Aussteuerungsmeßgerät mit LED Anzeige, Choraliser, 4-Wege-Lautsprecherbox, Digitale Stimmgabe. **Meßgeräte:** Signal-Verfolger, Ton-Burst-Schalter, Eichspannungs-Quelle. **Grundlagen:** Laser, LM 380

Elrad-Versand, Postfach 27 46, 3000 Hannover 1

Kochbuch, CMOS-555.

**Modellbau:** Drehrichtungs- und Fahrstromregler, Schienenreiniger, Servo-Tester.

**Sonstiges:** Verbrauchsanzeige für Kfz und Heizung, Metallsuchgerät, Selbstbau-Laser . . . und vieles andere mehr!



Lieferung erfolgt per Nachnahme (+ DM 4,— Versandkosten) oder gegen Verrechnungsscheck (+ DM 1,50 Versandkosten)

144 Seiten  
**DM 14,80**

Zu diesem Heft sind  
Platinen-Folien erhältlich  
**DM 8,—**

**elrad** magazin für elektronik