

**elrad studio 1**

Verlag Heinz Heise GmbH  
- Redaktion elrad -

Bissendorfer Straße 8  
3000 Hannover 61

# REMIX

**Tonstudio im Selbstbau**

Know-how  
und Bauanleitungen  
für das eigene Studio.  
Von Profis für Praktiker.





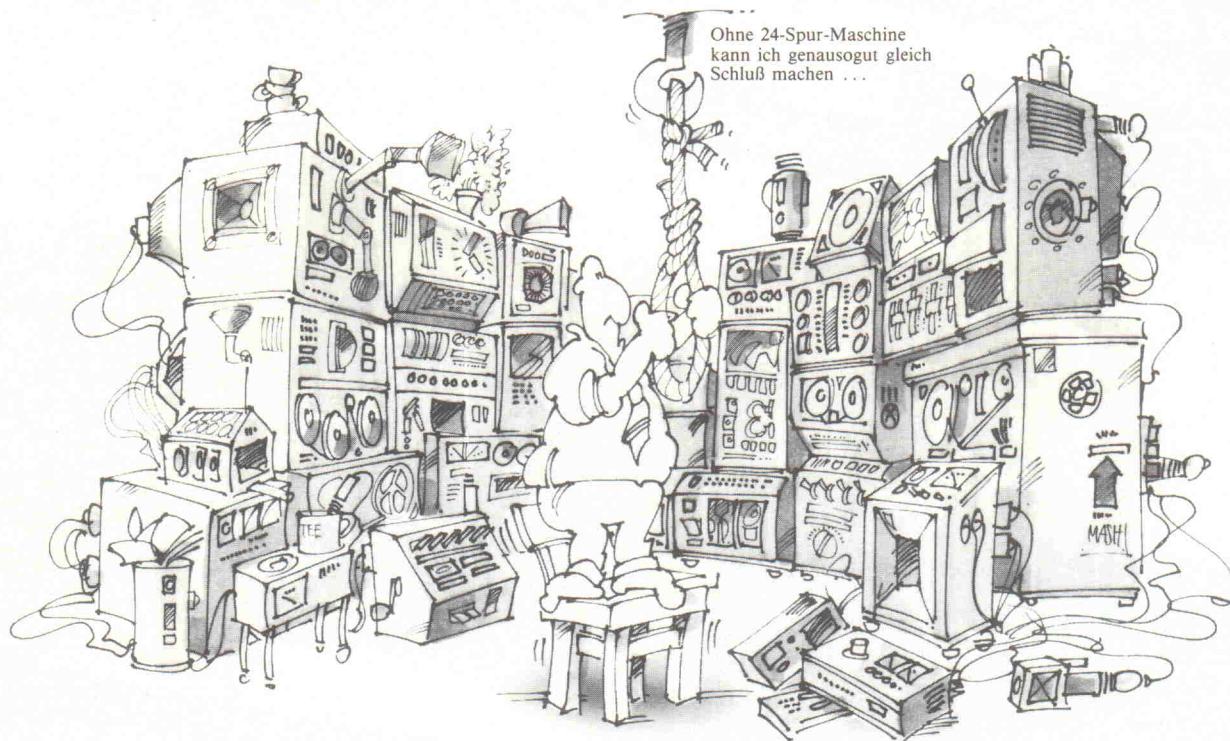
# Frisch eingetroffen. Weil bestellt.

elrad. 12 Hefte zum Preis von 10. Ganz bequem bis in den Kasten. Nur noch rausholen und reinlesen. Für 60,- DM\* im Jahr. Abo-Abbrufkarte in jeder Ausgabe.

\*-Ausland: Normalpost DM 73,-, Luftpost DM 95,-







Das eigene Studio ist mittlerweile vom reinen Wunschraum zum echten *Muß* für viele engagierte Musiker geworden.

Seit das fröhliche Geschepper der 60er Jahre und der krude Motown-Sound der frühen siebziger von den lupenreinen Digital-Produktionen der achtziger Jahre abgelöst wurde, haben sich natürlich auch die Hörsprüche derer verändert, die über das Wohl und Wehe einer nach Erfolg strebenden Band letztlich entscheiden: Die Konzertveranstalter, Produzenten, Musikredakteure und wie sie alle heißen.

Wer will da heute noch wagen, diesen Allgewaltigen der Unterhaltungsbranche mit einer mumpfigen Monoaufnahme aus dem eierdeckelgedämpften Übungsraum unter die Augen, besser gesagt: unter die Ohren zu treten? Musiker, egal ob Solisten oder Bands, sind im Zug- und Kaufzwang. Welten trennen den blitzsauberen Klang einer professionellen Studioproduktion und dem, was sich mit zwei Mikros und viel gutem Willen auf die heimische Zweispur zaubern läßt.

Theoretisch ließe sich die Lücke schließen. Mischpulte, Multitrack-Maschinen, Effekte, Composer, Prozessoren, Sampler... es gibt einfach nichts, was man aus dem professionellen Studio-Outfit nicht auch privat ergattern könnte. Natürlich nicht ganz umsonst.

# Ein Faß ohne Boden

Wer ins Multitrack-Hobby investiert, sollte finanziell mit einem golfspielenden Segler schon mithalten können.

Und doch ist es immer wieder einer aus der Schar der eher schwach besoldeten Freaks, der schließlich den 15.000 Mark schweren Wunderhall aus dem Laden schleppt, sich dafür ein Jahr lang von den Beeren des Waldes ernährt und kurze Zeit später feststellen muß, daß ein soeben auf dem Markt erschienenenes Nachfolgemodell nur noch rund ein Zehntel seines Gerätes kostet und neben dem bißchen Hall auch noch hundert Presets, einen Equalizer, Midianschluß, Vorecho und digitale Anzeige von Hallzeit sowie der nächsten zu erwartenden Mondfinsternis vorzuweisen hat.

Der eingeschworene Multitracker ist der Liebling des Musikhandels. Man schätzt besonders seine ewige Unzufriedenheit. Es klingt halt immer noch nicht so richtig 'wie von Platte', dazu würde er noch dringend *dieses eine* Gerät brauchen. Recording Freaks brauchen übrigens grundsätzlich noch *dieses eine* Gerät. Todsicher! Das kann ein De-esser sein, ein Noise-Gate, ein Equalizer oder was auch immer — wenn das alles bloß nicht so teuer wäre...

Eigenbau als Alternative zum Industriegerät? Daß dies möglich und vermutlich gar nicht so schwierig ist, wird sicherlich schon mancher vermuten, der etwa einem 3000 DM-Kompressor einmal unter die Haube geschaut hat und sich Auge in Lötauge ausschließlich alten Bekannten aus der eigenen Bastelkiste gegenüber sah.

Dieses Heft ist keine Homerecording-Fibel. Obwohl auch Grundlagen vermittelt und Aufnahmetricks verraten werden, geht es in erster Linie darum, zum Selbstbau anzuregen und zu zeigen, daß das Self-made-Studio konkurrenzfähig und viel mehr als ein bloßer Kompromiß zwischen schmalem Geldbeutel und teurem Industriegerät ist.

*Detlev Gröning*  
Detlev Gröning



# Know-how und Bauanleitungen für das eigene Studio. Von Profis für Praktiker.

## Studiomixer PM 500

Ein wahrlich professionelles Mischpult bildet das Zentrum des Regieraumes. Das PM 500 ist in Einschubtechnik aufgebaut, bietet ein Höchstmaß an Komfort und Flexibilität und weist — auch nicht ganz unwichtig — exzellente Audio-Eigenschaften auf. Nachbauen läßt sich das Ganze auch noch. Was will man mehr?

Seite 12

## Mikrofone

Falsch ausgewählte und ungünstig aufgestellte Mikrofone machen leicht aus dem teuren Steinway-Flügel ein Wirtshausklavier und aus dem Ludwig-Edelset eine Blechmücherversammlung. Tips für Einkauf und Aufstellung von Mikrofonen ab

Seite 52

**REMIX**  
Tonstudio im Selbstbau

**REMIX**  
Tonstudio im Selbstbau

**REMIX**  
Tonstudio im Selbstbau

**REMIX**  
Tonstudio im Selbstbau

**REMIX**  
Tonstudio im Selbstbau



**Gesamtübersicht****Bauanleitungen**

Mischpult in Einschubtechnik Studiomixer PM 500 .....	12
'Die' Hallplatte HALLternativen .....	46
Begrenzte Pegel Limiter L 6000 .....	64
Gegen Störgeräusche Noise Gate .....	74
Echos vom Königssee Delta Delay .....	80
Grüne Welle für Stereo Korrelationsgradmesser ....	101
High-End-Pegelanzeige Studio-Peakmeter .....	105

**Grundlagen**

Daten auf dem Prüfstand Zahlenspiele .....	6
Mehrspurmaschinen Multitracker .....	41
Welches Mikro wofür ... Studio-Mikrofontechnik .....	52
Dynamik an der Kette Limiter im Studioeinsatz ....	61
Noise-Gates im Einsatz Gating .....	68
Gebändigte Reflexionen Akustik des Regieraumes ..	88
Signale auf Kollisionskurs Korrelation .....	96

**Rubriken**

Editorial .....	1
Buchkritik .....	111
Impressum .....	112
Inserentenverzeichnis .....	112

**Studio-Peakmeter**

Eine hochauflösende Aussteuerungskontrolle, deren Empfindlichkeit und Kennlinienverlauf sich jedem Einsatzort in der Übertragungskette anpassen läßt. Bei der Schaltungsdimensionierung hilft ein Rechnerprogramm zur Ermittlung der Widerstandswerte in einer Teilerkette. ■ Seite 105

**HALLternativen**

Im Reigen der Peripheriegeräte ist eine hochwertige Halleinheit fast schon die halbe Miete. Dafür darf ein solches System auch ruhig etwas größer und schwerer sein, als man sich ein Hallgerät im allgemeinen vorstellt.

Die Beschreibung des 'schwingenden Doppelzentners', einer Hallplatte für den Selbstbau, beginnt auf ■ Seite 46



### Sonderangebot!

**Feinsicherungen 5x20 mm Ausführung flink**  
lieferbare Werte  
0,1/0,125/0,16/0,2/0,25/0,315/0,4/0,5/0,63/0,7/0,8/1,0/1,25/1,4/1,6/2,0/2,5/3,15/4,0/5,0/6,3/8/10 A  
1 Stück 0,35 DM  
ab 10 Stück 0,30 DM  
ab 50 Stück 0,25 DM  
ab 100 Stück 0,20 DM  
Der Staffelpreis gilt auch bei gemischter Abnahme

**Leuchtdioden 3 und 5 mm Typen (1. Wahl)**  
lieferbar in den Farben Grün, Gelb, Rot

1 Stück 0,22 DM  
ab 10 Stück 0,19 DM  
ab 50 Stück 0,16 DM  
ab 100 Stück 0,14 DM  
Der Staffelpreis gilt auch bei gemischter Abnahme

TEA 2025	STK 5,50 DM	TL 061	STK 1,98 DM
NE 555	STK 0,75 DM	TL 071	STK 1,08 DM
LF 356	STK 1,48 DM	TL 081	STK 0,89 DM
LM 324	STK 0,86 DM	Alle Halbleiter 1. Wahl	
2N3055	(RCA) 2,50 DM		
SK 135	STK 15,95 DM		
SJ 50	STK 15,95 DM		

Dioden 1N4148  
50 Stück 3,95 DM  
100 Stück 5,60 DM  
Dioden 1N4002  
50 Stück 8,45 DM  
100 Stück 14,95 DM

**Spannungsregler 78xx und 79xx**

lieferbare Werte  
7805 / 7812 / 7815 / 7818 / 7824 / 7905 / 7912 / 7915 / 7918 / 7924  
1 Stück 1,40 DM  
ab 10 Stück 1,31 DM  
ab 25 Stück 1,27 DM  
ab 50 Stück 1,23 DM  
ab 100 Stück 1,20 DM  
Der Staffelpreis gilt auch bei gemischter Abnahme

Fordern Sie unseren Bauteile-Katalog an.

### elrad Bausatz Elektr. Schlagzeug

kompletter Bauteilesatz (ohne VG Federleisten), inkl. Platine 91,40 DM  
Bausatz Voice ohne Sound EPROM, inkl. Platine 63,40 DM  
64 pol. VG Steckerleiste (Stiftleiste und Federleiste) 9,50 DM  
Grundplatine Plane 29,50 DM Ringkerntrafo 2x18 V/1,4 A 39,95 DM  
Platine Voice 12,60 DM Print Trafo 8V 8,60 DM

**Sonderliste Sound-EPROMs gegen Rückporto**

### elrad Bausatz Delta-Delay

kompletter Bauteilesatz 147,95 DM  
Platinensatz 38,50 DM  
19 Zollgehäuse 2 HE, Frontplatte unbearbeitet, schwarz eloxiert 69,00 DM



### elrad Bausatz Limiter L-6000

kompletter Bauteilesatz 66,45 DM  
Platine Einzelpreis auf Anfrage, Regelmodul einzeln 47,50 DM

### elrad Bausatz Inverter-Aufholverstärker

kompletter Bauteilesatz 12,80 DM  
Platine Preis auf Anfrage

### elrad Bausatz Studio-Peakmeter

kompletter Bauteilesatz 68,20 DM  
Platine Preis auf Anfrage



### elrad Bausatz Korrelationsgradmesser

kompletter Bauteilesatz 21,10 DM  
Platine Preis auf Anfrage

### elrad Bausatz Multiboard

kompletter Bauteilesatz 103,90 DM  
Platine 15,90 DM



### elrad Bausatz CD Kompressor

kompletter Bauteilesatz 29,95 DM  
Platine 9,95 DM

### Spezielle Bauteile für elrad Bausätze

LUA 725	8,65 DM	LM 393	1,25 DM
NE 5532 selektiert	9,95 DM	CA 3161	3,95 DM
Regelmodul ALC-600	47,90 DM	Quarz 3,579545 MHz	3,25 DM
HA 1105 Anzeige	3,45 DM	TDA 2104 (MN 3004)	24,40 DM
D. 200	3,45 DM	TDA 2107 (MN 3007)	29,80 DM
2N 426-E 8	14,75 DM	19 KHz Filter	7,80 DM
4164 64 K-Ram	4,45 DM	High-Cor Modul	
MC 4569 BCP	5,95 DM	(solange Vorrat)	19,80 DM
MC 4553	5,85 DM	NE 572	9,80 DM
MC 4053	1,65 DM	TEA 2025	5,50 DM
CA 3280	6,95 DM	Stereo-Potentiometer 2x100 K	
RC 4558	1,75 DM	negativ logarithmisch	2,90 DM
NE 3532 N	3,95 DM		

Weitere spezielle Bauteile halten wir für Sie bereit.

**Service-Center Eggemann, Jiwittsweg 13, 4553 Neuenkirchen 2, Telefon 0 54 67/2 41**

an-speak  
(seas)  
TEC  
NSING  
SATORN

isophon  
Magnet  
JBL  
AUDAX

CORAL  
EY  
Peerless  
HIGH-FIDELITY

DYNAUDIO  
Mullicel  
KEF

## AUSGEWÄHLTE SPITZENTECHNIK

... zusammengefaßt in einem Katalog

Lautsprecher-Selbstbau-Systeme, „vom Feinsten“ bis zum preiswerten und klangstarken Chassis.

*Wir wissen, was wir verkaufen:*

## elektroakustik stode

Bremervörder Str. 5 - 2160 Stade - Tel. (0 41 41) 8 44 42

Den Katalog '87 gibt es kostenlos bei uns!

### elrad-Platinen

elrad-Platinen sind aus Epoxid-Glashartgewebe. Alle Platinen sind fertig gebohrt und mit Lötack behandelt bzw. verzinkt. Die Platinen sind mit einem Bestückungsaufdruck versehen. Zum Lieferumfang gehört nur die Platine.  
Mit Erscheinen dieser Preisliste verlieren alle früheren ihre Gültigkeit.

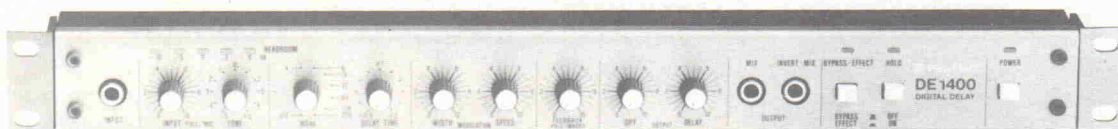
Platine	Best-Nr.	Preis DM
Limiter	REM-540	7,40
Noise Gate	026-463	22,60
Delta-Delay — Hauptplatine	076-497	56,50
Delta-Delay — Anzeige	076-498	6,50
Korrelationsgradmesser	REM-541	8,90
Peakmeter	REM-542	48,40

So können Sie bestellen: Die aufgeführten Platinen können Sie direkt beim Verlag bestellen. Da die Lieferung nur gegen Vorauszahlung erfolgt, überweisen Sie bitte den entsprechenden Betrag (plus DM 3,— für Porto und Verpackung) auf eines unserer Konten oder fügen Sie Ihrer Bestellung einen Verrechnungsscheck bei. Bei Bestellungen aus dem Ausland muß stets eine Überweisung in DM erfolgen.  
Kt.-Nr. 9305-308, Postgiroamt Hannover · Kt.-Nr. 000-019968 Kreissparkasse Hannover (BLZ 25050299)

**Verlag Heinz Heise GmbH, Postfach 610407, 3000 Hannover 61**  
Die Platinen sind ebenfalls im Fachhandel erhältlich. Die angegebenen Preise sind unverbindliche Preisempfehlungen.

**Schnellversand per Nachnahme zzgl. Spesen. — Gratis-Katalog anfordern!**

# DAS JEDERMANN-DELAY ...jetzt noch preiswerter!



**Digital Delay DE 1400:** 1024 ms bis 16 kHz im Effektweg. Kein hörbares Rauschen.  
Modulationsgenerator für Chorus, Flanger ect.  
Fußschalteranschlüsse für BYPASS und HOLD, Stereo-Ausgang, 19".

**Außerdem:** Mixer, Endstufen, Bodeneffekte, Kabel in 6 verschiedenen Farben...u.v.m.  
**ALLES ZU TOTAL AFFIGEN PREISEN!**

## j o d o — e l e c t r o n i c

Bieberer Straße 141 · 6053 Obertshausen · Telefon 0 61 04 / 4 41 35

Weiterhin 8 Tage Rückgaberecht!

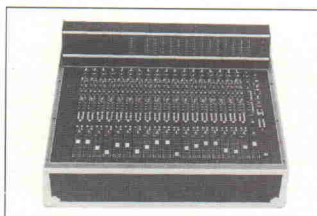
Weiterhin 8 Tage Rückgaberecht!



## Döderlein Studio- und Theater-Tontechnik

### Entwicklung und Vertrieb

von professionellen  
Theater- und  
Studiopulten



z. B. Typ: **DST PM 500**

### und umfangreicher Peripherie

- Kreuzschienen
- Effektgeräte
- Aussteuerungs-/Korrelationsgradmesser

### Komplette Studioplanung und -einrichtung — Theater-Tonanlagen

**DST Wolfgang Döderlein**  
Altostr. 82, 8000 München 60  
Tel.: 0 89/8 14 22 48

## NETZTRAFOS und ÜBERTRAGER Spezialbauteile

Netztrafo für Mischpult PM-500  
Typ NT/PM-500, MD 102 B ..... DM 149,80  
Übertrager für Mischpult PM-500  
Typ L-1130C, EI 30 ..... DM 29,80  
Limiter-Regelmodul, ALC-6000 ..... DM 49,80  
**NE 5534 S** — selektiert für extrem  
rauscharme Vorverstärker ..... DM 11,30

### Trafoservice

Netztrafos ab 4 VA bis 320 VA (Standardreihe), bis  
10 kVA in der Leistungsbaureihe, Spannungen, An-  
schlüsse und Befestigung nach Wahl.  
Trafos in Spitzenqualität nach VDE 0550, verlustarme  
kornorientierte Bleche, vakuumgetränkt, statischer  
Schirm, Lötösen oder Printanschlüsse, Fußwinkel oder  
Stehbolzen.

Preisbeispiele für Netztrafos mit zwei Sekundärspannun-  
gen nach Wahl:

M 42, 4 VA .....	DM 14,50	MD 42, 8 VA .....	DM 18,90
M 55, 12 VA .....	DM 21,60	MD 55, 16 VA .....	DM 25,90
M 85 B, 120 VA ..	DM 48,50	MD 85 B, 160 VA ..	DM 59,90
M 102 B, 220 VA ..	DM 69,80	MD 102 B, 320 VA ..	DM 89,90

MD-Kerne entsprechen leistungs- und volumensmäßig etwa den  
SM-Schnittbandkernen.

Kostenlose Liste T86 anfordern gegen frankierten und  
adressierten Umschlag (A5, DM 1,30). Alle Trafos und  
Sonderanfertigungen kurzfristig lieferbar.

**EXPERIENCE electronics**

Weststraße 1 • 7922 Herbrechtingen • Tel. 073 24/53 18

Geschäftszeiten:

Montag bis Donnerstag 9.00 bis 16.00 Uhr  
Freitag 9.00 bis 14.00 Uhr

## Studio-Mischpult PM 500

Eingangs/Summenstange .....	1600,—
Masterstange — Stereosumme/Aux-Summen/Aux-Return/ Prüfoszillator .....	1720,—
Kassettenstange — Monitoring/Talkback/Kopfhörerverstärker .....	960,—
Stromversorgung — Extern mit Gehäuse .....	2400,—
Grundgestell mit Buchsen (transportabel) Preisbeispiel für 24 Züge .....	4000,—
Aufbaupult mit Stecker (ohne Aussteuerungsmesser) .....	500,—
Aussteuerungsmesser — Standardausführung .....	48,—
Korrelationsgradmesser .....	170,—
Multicore-Anschlußfeld (31 paare) .....	430,—
Masterfeld .....	800,—

— Alle Preise beziehen sich auf fertige Modulstangen —

Bei Auslieferung des Studio-Mischpultes oder einzelner Modulstangen  
in Bausatzform reduziert sich der jeweilige Endpreis um 10 %.  
Die Platine sowie alle Mechanikteile sind im Lieferumfang enthalten.



Delta-Delay (1 Kanal) DM 220,—  
Gehäuse 19" 1HE mit  
Frontfolie (mono) ... DM 88,—  
Gehäuse 19" 2HE mit  
Frontfolie (stereo) ... DM 99,—

Noise Gate (1 Kanal) ..... DM 61,50  
Netzteil ..... DM 14,90  
Gehäuse 19" 1HE  
mit Frontfolie ..... DM 88,00



Limiter L6000 inkl.  
Reglermodul/selkt. NE5534 DM 99,90

Studio-Peakmeter — aktiver Gleichrichter DM 26,50  
— Anzeige Stufe ..... DM 74,00

Korrelationsgradmesser ..... DM 26,60

### Sonderliste: STUDIO anfordern gegen DM 1,80 in Bfm. und frankierter Rückumschlag

Unsere Produkte enthalten nur Bauteile 1. Wahl (keine Restposten) sowie grundsätzlich IC-Fassungen und Verschiedenes.  
Baubeschreibung und Platinen können Sie bei Bedarf gesondert mitbestellen.  
Versandkosten: Nachnahme DM 7,50 (NN-PK 12,50) — Bei Vorkasse auf Postgiro Hannover 1210 07-305 DM 5,00 —  
Anfragenbeantwortung nur gegen frankierten Rückumschlag.



**Diesselhorst  
Elektronik**  
Hohenstaufenring 16  
4950 Minden

Tel. 05 71/5 75 14



Daten auf dem Prüfstand

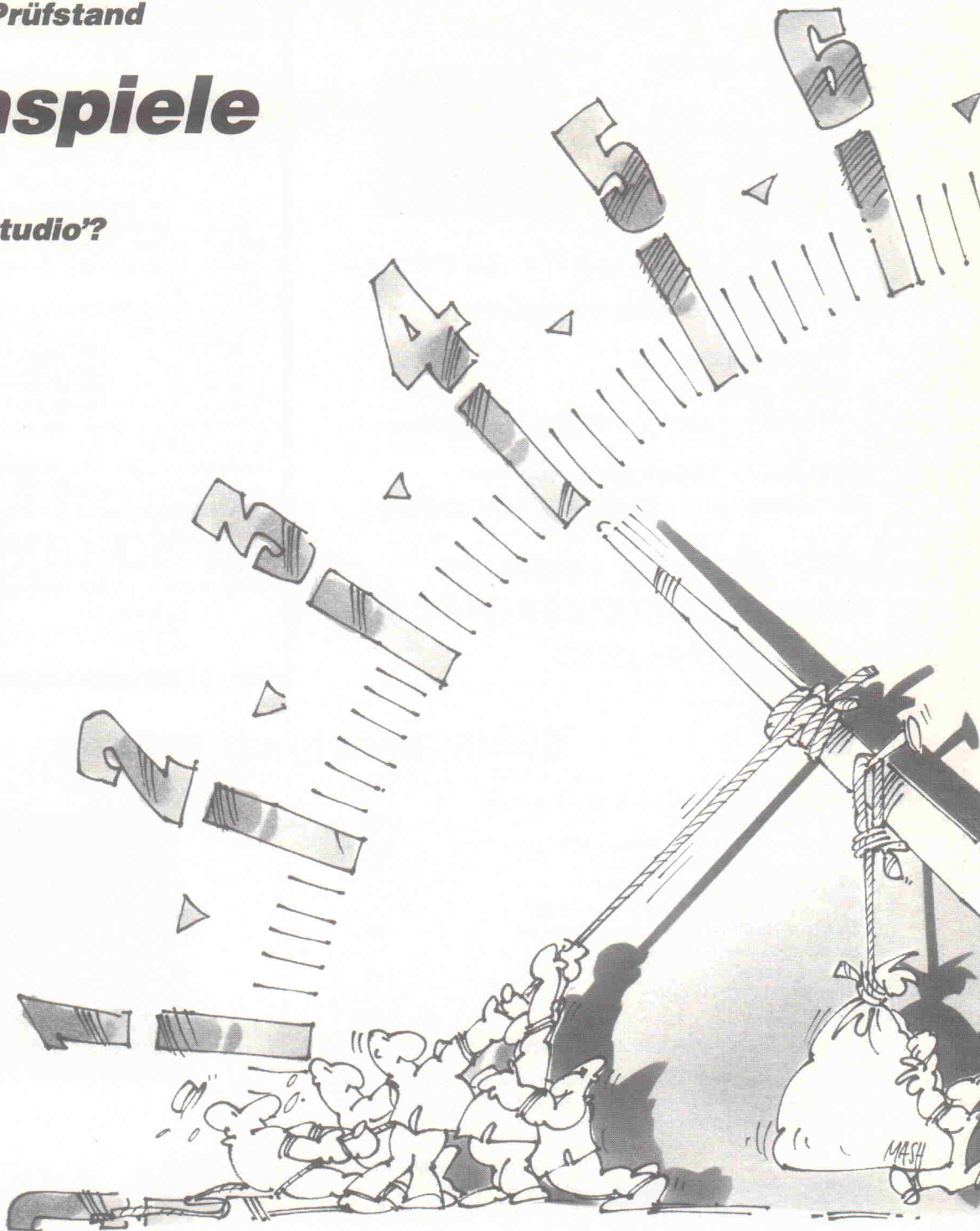
# Zahlenspiele

Was heißt hier 'studio'?

**Gerhard Haas**

Anhand von Meß- und Rechenbeispielen soll dieser Beitrag eine Orientierungshilfe sein, um qualitätsbestimmende Daten von Audio-Komponenten wie Rauschen, Klirrfaktor, Übersprechdämpfung usw. richtig beurteilen und falsche oder manipulierte Meßverfahren als solche erkennen zu können.

Einen zweiten Themenschwerpunkt bilden die konkreten Anforderungen, die an ein Mischpult zu stellen sind, das dem Anspruch 'studiotauglich' gerecht werden will.



Sowohl im Heimstudio als auch in Aufnahmestudios und Rundfunkanstalten ist das Mischpult die zentrale Einheit, von der aus alle Audio-Signale gesteuert und beeinflusst werden. Die Übertragungsqualität der gesamten Anlage wird daher wesentlich von den technischen Eigenschaften und Möglichkeiten des Mischpults bestimmt.

Dieser Grundlagenbeitrag richtet sich nach dem IRT-Pflichtenheft, in dem alle wesentlichen Einrichtungen und Qualitätseigenschaften eines Mischpults beschrieben sind. Das IRT-Pflichtenheft wird vom Institut für Rundfunktechnik erstellt und enthält alle Forderungen an ein Mischpult, die machbar und sinnvoll sind. Die deutschen Rundfunkanstalten

richten sich bei der Anschaffung ihrer Pulte nach diesem Pflichtenheft. Für viele professionelle Aufnahmestudios ist es ebenfalls Maßstab und Richtlinie. Auch für das Heimstudio ist es empfehlenswert, sich nach diesem Pflichtenheft zu richten, denn hier ist das physikalisch Machbare mit dem technisch Sinnvollen so verknüpft, daß es gleichzeitig ei-

nen guten Leitfaden für einen brauchbaren Mischpultaufbau abgibt.

### Die Sache mit den dBs

Am Anfang jeder größeren Anlage und deren Beschreibung steht üblicherweise ein Blockschaltbild. Hier wird jedoch aus Platzgründen darauf ver-





KLIRREFA  
%

zichtet, denn in der auf den Grundlagenartikel folgenden Bauanleitung wird eine geeignete Blockschaltung gezeigt und besprochen. Hier sollen verschiedene grundsätzliche Dinge erläutert und klargestellt werden, die so manchem dB-verwöhnten Hifi-Enthusiasten absurd erscheinen. Da dieses Sonderheft auf Heimstudioanlagen ausgerichtet ist, werden

in diesem Artikel des öfteren Vergleiche zwischen Hifi- und Studioteknik gezogen, und dabei wird ein besonderes Augenmerk auf manipulierte und/oder falsche Meßverfahren gelegt. Vor der Beschreibung eines konkreten Mischpults müssen zunächst einige Größen definiert werden. Der Vollständigkeit halber sei hier nochmals die komplette Definition von DeziBell (dB) dargestellt.

dB ist grundsätzlich lediglich ein logarithmisches Verhältnis zweier Beträge zueinander ohne Maßeinheit. Meistens werden zwei Spannungen zueinander nach der Formel  $p = 20 \log U_1/U_2$  ins Verhältnis gesetzt. Mit den sich aus dieser Rechnung ergebenden Werten läßt es sich hervorragend arbeiten, denn der angewandte Logarithmus vereinfacht die Berechnungen mit Spannungspegeln zu Additionen und Subtraktionen. Für eine Reihe von Verhältnissen sind in Tabelle 1 die wichtigsten Zahlen zusammengestellt, die sich leicht merken lassen und mit denen dann gut gearbeitet werden kann.

### Klare Verhältnisse

Auto A kostet 25 % mehr als Auto B. Diese Angabe mag richtig sein, trotzdem bleibt völlig unklar, wieviel für Auto A denn nun in Mark und Pfennig gezahlt werden muß, solange nicht der Preis für Auto B genannt ist. Mit den in dB angegebenen Spannungswerten verhält es sich genauso: Um die Angabe 'dB' überhaupt sinnvoll zu machen, muß sie sich auf eine konkrete Bezugsspannung (Auto B bzw.  $U_2$ ) beziehen.

$U_2$  als Bezugsspannung kann 100 V sein, 3 V, 0,4 V oder auch nur 3,1 mV. Hier müssen zunächst eindeutige Definitionen festgelegt werden. Über Definitionen braucht man sich nicht zu streiten, sie sind entweder zweckmäßig oder nicht. Hier soll der in der Studioteknik übliche, sogenannte Nullpegel betrachtet werden.

Pegel sind Spannungswerte, die ober- oder unterhalb eines definierten Normalwertes liegen können. Als Normal- bzw. Nullpegel sind zwei Werte gebräuchlich. Der erste Wert ist

0,775 V, der zweite 1 V. Es stellt sich die Frage, warum überhaupt der krumme Wert von 0,775 V verwendet wird, wenn sich auf den ersten Blick der Wert 1 V anbietet. Die Antwort ist einfach und begründet sich im Telefonwesen: Damit an einer Standardhörkapsel eines Telefons ein brauchbarer Normschallpegel erzeugt wird, muß exakt 1 mW an der typischen Schwingspulenimpedanz von 600  $\Omega$  der Hörkapsel anliegen, und dies entspricht eben genau einer Spannung von 0,775 V. Weil das Telefon eine sehr weitverbreitete Einrichtung ist, lag es nahe, diesen Bezugspegel auch für andere technische Bereiche zu übernehmen.

Hier sei gleich eine Anmerkung gebracht: Wenn zwei Spannungswerte ins Verhältnis gesetzt werden, schreibt man nur dB. Ist aber eine standardisierte Bezugsspannung definiert, etwa die 0,775 V, wird dem dB noch ein weiterer Buchstabe angehängt, hier das m. In der Studioteknik sind alle Spannungspegel über 0,775 V mit einem positiven Vorzeichen versehen, alle, die darunter liegen mit einem negativen. Es hat sich für die Spannungspegel allgemein die Bezeichnung dBm eingebürgert, d.h. alle Pegelanlagen sind auf den Normpegel von 0,775 V bezogen.

Weil der Wert 0,775 V oft als unhandlich empfunden wird, wurde ein weiterer Normpegel mit 1 V = 0 dBV eingeführt. Der große Vorteil: Diese Normpegel gestatten glatte Zahlenwerte, mit denen sich leichter hantieren läßt; außerdem lassen sich die dBV-Werte leichter in Millivolt umrechnen.

Obwohl die bequemen dBV-Werte von vielen erwünscht wären, wird in den folgenden Betrachtungen nur von dem in der Studioteknik üblichen Bezugspegel von 0 dBm = 0,775 V ausgegangen. Damit erhält man einheitliche Werte, mit denen man sich am IRT-Pflichtenheft orientieren kann. Werte von Hifi-Anlagen, die meistens in absoluten Spannungen angegeben sind, lassen sich durch Logarithmieren leicht in normgerechte Pegel umrechnen und entsprechend beurteilen.

In Ergänzung zu dem Begriff

'Normpegel' muß an dieser Stelle noch der Begriff 'Normalpegel' erwähnt werden. Der Normalpegel ist der Pegel, mit dem von einem Gerät zum anderen überspielt wird, und dieser beträgt +6 dBm = 1,55 V. Die Einführung des Normalpegels hat den großen Vorteil, daß alle Studiogeräte nach einer einheitlichen Norm leicht gekoppelt werden können. Welch ein Segen wäre dies in der Hifi-Technik, wo schon oft Geräte ein und desselben Herstellers nur mit speziellen Anpassschaltungen und Adapterkabeln zusammenpassen wollen.

Nachdem Bezugspegel und Normalpegel ausreichend definiert worden sind, müssen weitere Eckdaten der Anlage festgelegt werden. Zum Beispiel der Frequenzgang. Als Bezugsspannung ist 1 kHz festgelegt, wie es auch bei Hifi-Anlagen üblich ist. Was allerdings bei Hifi-Anlagen nicht üblich ist, ist die Festlegung der oberen und unteren Grenzfrequenz. Man kann da durchaus Verstärker finden, die angeblich zwischen Gleichspannung und mehr als 1 MHz alles linear verstärken, was am Eingang ankommt. Ob solche Frequenzgänge, auf die so manches Meßgerät stolz wäre, für eine Tonübertragung notwendig oder sinnvoll sind, darf bezweifelt werden.

Das IRT-Pflichtenheft verlangt, daß ein Mischpult Frequenzen zwischen 40 Hz und 15 kHz innerhalb festgelegter Toleranzgrenzen linear überträgt. Ab 15 Hz wird ein Pegelabfall von mindestens 12 dB verlangt, bis 40 kHz sollen es bereits 20 dB sein. Dieser Pegel darf auch im anschließenden Bereich bis 1 MHz nicht mehr überschritten werden. Darüber hinaus wird gefordert, daß Hochfrequenzeinstreuungen den Geräuschpegel um nicht mehr als 3 dB erhöhen und die Geräte so weit hochfrequenzdicht sind, daß keine Rundfunksender, CB-Funker, Amateurfunk oder sonstige Störer hörbar werden. Zusätzlich werden Absenkmöglichkeiten für tiefe Töne ab 140 Hz verlangt. Dies ist wegen des Mikrofon-Nahbesprechungseffekts und wegen eventuell auftretender Rumpelgeräusche im Studio erforderlich.



# Die Daten-Show

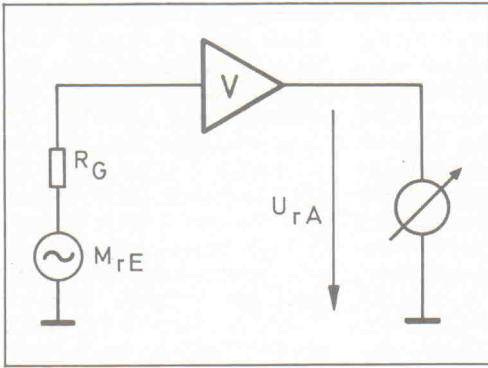


Bild 1. Prinzipieller Aufbau einer Rauschspannungs-Meßschaltung. Der Verstärker  $V$  wird dabei als ideal rauschfrei angenommen und alles Rauschen auf  $R_G$  zurückgeführt.

Um es noch einmal zusammenzufassen: Studioanlagen haben einen möglichst linearen Frequenzgang zwischen 40 Hz und 15 kHz; darüber und darunter wird der Frequenzgang an den Eingängen kräftig beschnitten, um Störungen fernzuhalten. Wenn also in Studioanlagen eine solche Frequenzangeingrenzung aus gutem Grund stattfindet, erscheint es absolut sinnlos, wenn Heim-Hifi-Anlagen Frequenzgänge bis in den MHz-Bereich aufweisen, denn das Programmmaterial (Schallplatten, Tonbänder, Rundfunksendungen, CD-Platten) endet bei maximal 20 kHz. Außerdem endet das Hörvermögen des menschlichen Ohrs altersbedingt zwischen 15 kHz und 20 kHz, liveerprobte Schlagzeuger schaffen sogar nur die Hälfte. Hifi-Anlagen, die wesentlich über 30 kHz übertragen, sind keineswegs besonders gut, jedoch weitaus störungsanfälliger. Frequenzen unter 15 Hz sind nicht mehr hörbar und führen bei höherer Leistung nur zur Zerstörung der Lautsprecher.

Deshalb ist auch hier eine Begrenzung sinnvoll.

Wenn im vorigen Abschnitt von beschnittenem Frequenzgang die Rede war, ist eines zu beachten: Die Anlage, auch die Heimanlage, soll zwar am Eingang unempfindlich gegenüber der Hochfrequenz sein, intern können die einzelnen Verstärkerbausteine durchaus obere Grenzfrequenzen von 1 MHz und mehr haben. Die schnelle Signalverarbeitung ist intern sogar notwendig, um auch schnelle Signaländerungen sicher und verzerrungsarm zu verarbeiten. Der Eingang soll jedoch für Frequenzen über 15 kHz abgeblockt sein. Der Nachteil ist ein rein optischer:

Die Angabe 15 Hz...20 kHz (-1 dB) liest sich halt weniger spektakulär als 2 Hz...200 kHz (-3 dB).

Nochmal sei betont, daß die gesamte Anlage ein- wie ausgangsseitig hochfrequenzdicht sein muß. Vagabundierende HF kann einzelne Verstärker des Mischpults 'zustopfen', was sich in Knackgeräuschen oder schwer erklärbaren Verzerrungen äußert. Schwer erklärbar sind die Verzerrungen deshalb, weil sie trotz richtiger Aussteuerung hörbar werden. Mit einem breitbandigen Oszilloskop läßt sich die HF jedoch immer nachweisen.

## Einfügungsdämpfung

Hierunter versteht man Pegelanhebungen oder -absenkungen durch externe Zusatzgeräte oder Effekteinrichtungen, die zuschaltbar sind. Wenn die entsprechende Einrichtung mit der Verstärkung  $V=1$  betrieben wird, muß auch die Einfügungsdämpfung 0 dB betragen.

Hier wird dB ohne jegliches Anhängsel geschrieben. Gleichgültig, wo sich die entsprechende Einrichtung befindet, wird verlangt, daß sich der Pegel an dieser Stelle nicht verändert. Dabei spielt es keine Rolle, ob der Pegel 20 dBm = 77,5 mV, +10 dBm = 2,449 V oder 0 dBV = 1 V beträgt. Wichtig ist, daß kein Pegelsprung beim Umschalten auftritt, denn dieser würde sich durch mehr oder weniger starke Lautstärkeänderungen bemerkbar machen.

Grundsätzlich gilt, daß keine hörbaren Lautstärkeunterschiede beim Schalten auftreten dürfen. Je nach geschalteter

Strecke oder Funktion werden Sprünge von kleiner 1 dB bis herunter unter 0,1 dB maximal zugelassen.

Dies sind hart klingende, aber notwendige Forderungen. So mancher teuren Hifi-Anlage stünde es gut zu Gesicht, wenn die Programmquellen durch Spindeltrimmer an den Verstärkereingängen angeglichen werden könnten. Wer hat noch nicht den Fall erlebt, daß die heimische Stereoanlage beim Umschalten von z.B. Radio auf Tonband kräftig losbrüllt.

Und noch etwas zum Thema 'Schalten': Eigentlich sollte es

sind die Quellwiderstände, d.h. die Eingangs- und Ausgangs-scheinwiderstände. Hier kann grundsätzlich gesagt werden: So niederohmig wie möglich, denn je niederohmiger gefahren wird, desto geringer ist die Störanfälligkeit und desto besser der Fremdspannungsabstand bzw. das Rauschverhalten. Bei Mikrofonen wird in der Regel mit Quellimpedanzen von weniger als 250  $\Omega$  gerechnet, bei allen anderen Tonquellen mit weniger als 40  $\Omega$ . Die Ausgänge der Anlage sollen mit Lasten bis herunter zu 300  $\Omega$  belastbar sein. Die Ausgangs-impedanzen sollen im allgemeinen weniger als 40  $\Omega$  betragen.

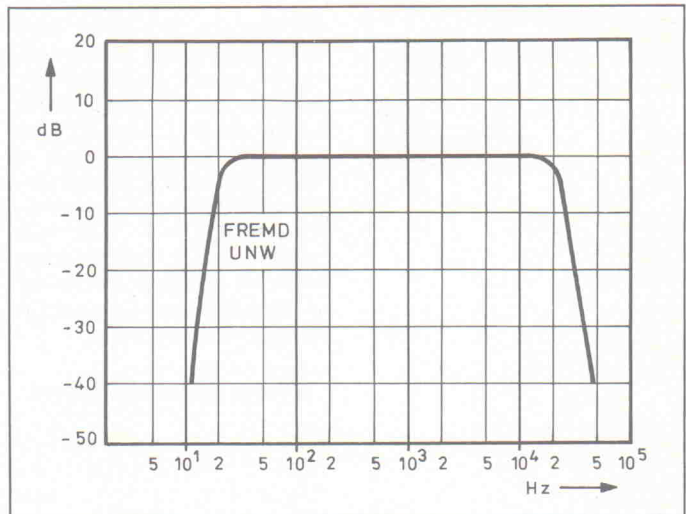


Bild 2. Frequenzkurve für die unbewertete NF-Rauschmessung. Im Bereich 20 Hz...20 kHz wird das gesamte Frequenzspektrum in gleicher Weise berücksichtigt, nicht jedoch das Hörempfinden.

für jeden Konstrukteur selbstverständlich sein, daß seine Geräte geräuschfrei umschaltbar sind. Leider werden häufig minderwertige Schalter und Potis eingesetzt, die nur im Neuzustand keine oder nur mäßige Schaltgeräusche von sich geben. Sind aber Kontakte oxidiert oder Reglerbahnen verstaubt und etwas abgenutzt, ist ein geräuschfreies Bedienen unmöglich. In Studioanlagen wird auch nach langer Betriebszeit geräuschfreier Betrieb der Bedienelemente gefordert. Dies läßt sich nur durch gute Schaltungsauslegung und hochwertige Bauteile gewährleisten. Darauf wird später noch in der Bauanleitung des Mischpults näher eingegangen.

Ein weiteres Qualitätskriterium

## Übersprechdämpfung

Die Übersprechdämpfung spielt bei mehrkanaliger Tonübertragung immer eine große Rolle. Bei einer normalen Schallplatte werden Übersprechdämpfungen zwischen linkem und rechtem Kanal von mindestens 26 dB bei 1 kHz verlangt; magnetische Tonabnehmersysteme weisen ähnliche Werte auf. In Mischpulten werden für Schalt- und Verteilungsanordnungen Übersprechdämpfungen von mehr als 100 dB verlangt, für programmwichtige Schaltungsteile nicht weniger als 90 dB, für Monitorwege minimal 85 dB, für Panoramaregler 70 dB und für Summenschaltungen 60 dB,



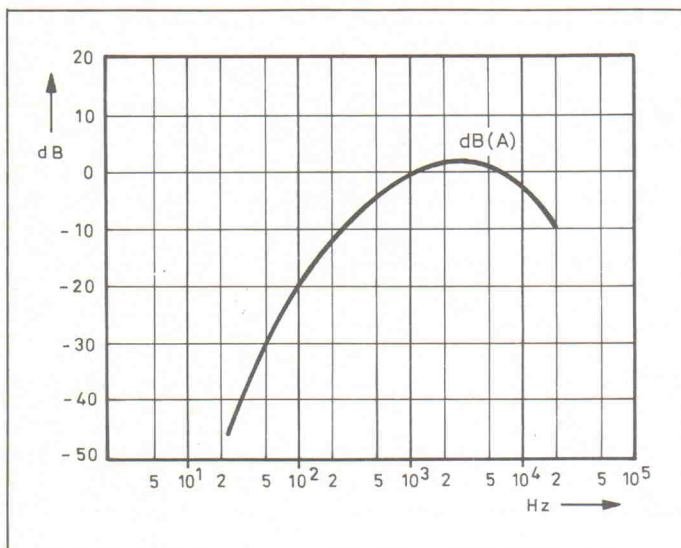


Bild 3. Die A-Bewertungskurve stammt ursprünglich aus der Ära der Röhrenverstärker, in der das Brummen durch die Röhrenheizspannungen noch ein Problem darstellte.

um nur einige Werte zu nennen. Die 26 dB für den Tonabnehmer bedeuten ein Dämpfungsverhältnis von 1:20 zwischen den beiden Stereokanälen.

Der schlechteste Wert, der bei einem Mischpult nach unserem Beispiel auftreten darf, ist ein Verhältnis von 1:1000. Der beste Wert ist sogar 1:100.000! Diese Forderungen mögen auf den ersten Blick übertrieben erscheinen, aber wenn man bedenkt, daß bei der weiteren Signalbearbeitung und -speicherung die Übersprechdämpfungen immer schlechter werden, muß von vornherein auf gute Kanaltrennung geachtet werden.

Ein Beispiel soll die Notwendigkeit hoher Übersprechdämpfungen verdeutlichen: Beim Livebetrieb in einem Theater (wo bei der Aufführung normalerweise absolute Ruhe im Zuschauerraum herrscht) läuft auf einem Kanal ein Mikrofon bei hoher Verstärkung, gleichzeitig wird auf dem Nachbarkanal über den Monitorweg das Tonbandgerät bei Vollpegel abgehört, damit zur nächsten Szene die passende Hintergrundmusik bereitsteht. Bei einer Übersprechdämpfung von weniger als 100 dB zum Nachbarkanal wäre das Tonband trotz zugezogener Fader auch bei hoher Ausschalt-dämpfung als Hintergrundgeräusch hörbar und sehr störend. Kanaltrennungen von

mehr als 110 dB zum Nachbarkanal sind deshalb keineswegs zuviel verlangt.

### Ausschalt-dämpfung

Neben hoher Übersprechdämpfung der einzelnen Mischpultkanäle werden auch hohe Ausschalt-dämpfungen von Reglern und Schaltern verlangt. Wenn ein normales Potentiometer auf Null gedreht wird, heißt das nämlich noch lange nicht, daß auch das Signal am Schleifer Null wird. Wenn z.B. der Potihersteller angibt, daß bei der Schleiferendstellung zwischen Schleifer und Bahnenden

schluß ein Widerstand von 1  $\Omega$  auftritt, so bedeutet das für ein 10-k $\Omega$ -Poti eine Ausschalt-dämpfung von rund 80 dB. Dies ist aber für ein gutes Mischpult zu wenig, vor allem wenn es sich dabei um einen Hauptregler (Fader) handelt. Für ihn werden Ausschalt-dämpfungen von mehr als 110 dB verlangt. Da der Bahnanschluß immer einen gewissen Übergangswiderstand zur Widerstandsbahn hat und der Schleifer nie den tatsächlichen Bahnanschluß erreicht, haben professionelle Studioregler einen Mikroschalter am Endanschlag. Dieser Schalter schließt den Schleifer noch einmal sicher gegen Masse kurz (bzw. den Eingang der unmittelbar dem Schleifer folgenden Aufholverstärker), damit die gewünschten hohen Ausschalt-dämpfungen erreicht werden. Bei Nebenwegen im Mischpult kann man sich mit kleineren Ausschalt-dämpfungen in der Größenordnung von 80 dB begnügen, da sie hier nicht so sehr ins Gewicht fallen.

Den Effekt der Ausschalt-dämpfung kann man sich an seiner eigenen Stereoanlage leicht verdeutlichen: Man schaltet den Programmwähler auf den magnetischen Tonabnehmer, läßt den Tonarm bei angehobenem Lift über der Platte schweben, so daß der TA-Kanal voll in Betrieb ist, jedoch kein Signal darüber läuft. Dann läßt man den Kassetten-

rekorder bei vollem Pegel laufen. Bei den allermeisten Stereoanlagen wird ein leises Signal im Lautsprecher hörbar sein. Dieser Effekt muß bei einem guten Mischpult sicher vermieden werden.

### Fremd- und Geräuschspannung

Am Ende der grundsätzlichen Betrachtungen über die Eigenschaften eines guten Mischpults müssen noch die Begriffe 'Fremdspannungsabstand' und 'Geräuschspannungsabstand' genau erklärt werden. Mit beiden Begriffsarten wird sehr leichtfertig umgegangen, und die Gerätehersteller wenden hier gerne Meßverfahren nach Hausmacherart an, um am Ende mit möglichst großen dB-Werten Eindruck zu schinden. Aber auch hier (und vor allem hier) gilt: Die Physik läßt sich nicht überlisten! Wenn das Meßverfahren bekannt ist, läßt sich jederzeit ein Vergleichswert errechnen. So mancher Hersteller, der in seinem Prospekt mit Traum-dB-Werten glänzt, erreicht nach der physikalisch und hörphysiologisch richtigen Messung gerade Mittelmaß. Was es mit dem Rauschen, der Geräusch- und Fremdspannung auf sich hat, soll im folgenden Abschnitt genauer betrachtet werden.

Bevor Werte und Meßverfahren für Fremd- und Geräuschspannungen angegeben werden, muß erst klar sein, was Rauschen eigentlich bedeutet und welche Faktoren dazu beitragen.

Rauschen wird als ein zufälliges Gemisch aus unendlich vielen Frequenzen definiert, wobei nie genau gesagt werden kann, welche Frequenz wann zu erwarten ist. Amplituden und Frequenzen treten zufällig in ihrer Verteilung auf. Die Rauschspannung wird mit der Formel  $U_r = \sqrt{4KTBR}$  berechnet. Die Rauschspannung  $U_r$  erhält man in Volt,  $k$  ist die Boltzmannkonstante mit  $1,38 \cdot 10^{-21}$  Ws/K,  $T$  die absolute Temperatur in Kelvin,  $B$  ist die geometrische Bandbreite des interessierenden Frequenzbereichs in Hz, und  $R$  ist der Widerstand in  $\Omega$ .

Wie man sieht, beeinflussen drei Faktoren die Höhe der Rauschspannung. Zwei davon

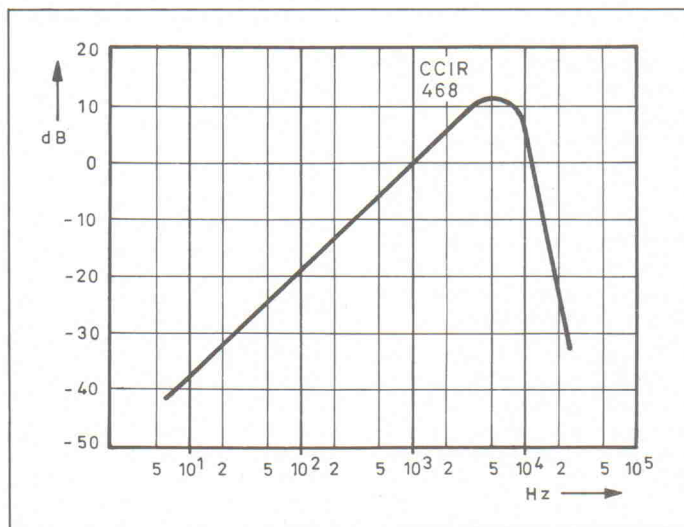


Bild 4. Mit dem Bewertungsfilter nach CCIR 468 wird üblicherweise in der Studioteknik gearbeitet. Besonders stark fällt hier der Bereich 1 kHz...12 kHz ins Gewicht, da Rauschen in diesen Frequenzen als besonders störend empfunden wird.



stehen praktisch fest: Die Temperatur  $T$  liegt bis auf  $\pm 10$  Grad fest, ebenso die Bandbreite, da der Bereich von 15 Hz...15 kHz durch das Hörspektrum vorgegeben ist. Lediglich der Widerstand  $R$  ist frei wählbar. Wie aus der Formel hervorgeht, verringert sich die Rauschspannung mit kleiner werdendem  $R$ . Bei  $0 \Omega$  ist auch die Rauschspannung 0 V. Leider gibt es keine Signalquelle, die mit null Ohm Innenwiderstand Signalspannung liefert. Um zu praxisnahen Werten zu kommen, soll hier für eine Modellrechnung der Innen- bzw. Quellwiderstand eines dynamischen Mikrofons eingesetzt werden. Dieser beträgt 200  $\Omega$ .

Bevor sich die Rauschspannung eines Mikrofons mit 200  $\Omega$  Innenwiderstand bestimmen läßt, muß zunächst die geometrische Bandbreite  $B$  ermittelt werden. Sie beträgt 133 Hz für den Bereich von 20 Hz...20 kHz. Für die absolute Temperatur gilt  $T = 300$  Grad Kelvin, was  $27^\circ\text{C}$  entspricht. Setzt man alle Werte in die Rauschspannungsformel ein, ergibt sich  $U_r = 0,21 \mu\text{V}$ . Wenn diese  $0,21 \mu\text{V}$  in Bezug gesetzt werden zu dem Normpegel von  $0,775 \text{ V}$  = 0 dBm, erhält man daraus einen Rauschpegel von ca. 131 dBm. Soviel Rauschspannung liefert ein dynamisches Mikrofon an den Eingang des nachfolgenden Verstärkers bei Raumtemperatur. Dies wäre der Wert für einen idealen Widerstand. Tatsächlich muß in der Praxis aber mit etwa -128 dBm Rauschspannung gerechnet werden, was etwa 0,3 V entspricht.

Wenn die eben ermittelte Rauschspannung auf einen Verstärker mit dem Verstärkungsfaktor von z.B. 1000 (= 60 dB) gegeben wird, müßten am Ausgang 3 mV Rauschspannung meßbar sein. Tatsächlich werden es aber einige Millivolt mehr sein, einen guten, rauscharmen Verstärker vorausgesetzt. Mit dem Wort 'rauscharm' ist eigentlich schon erklärt, warum statt der erwarteten 3 mV deutlich mehr Rauschspannung am Ausgang des Verstärkers ankommt. Es gibt keinen ideal rauschfreien Verstärker, sondern nur rauscharme.

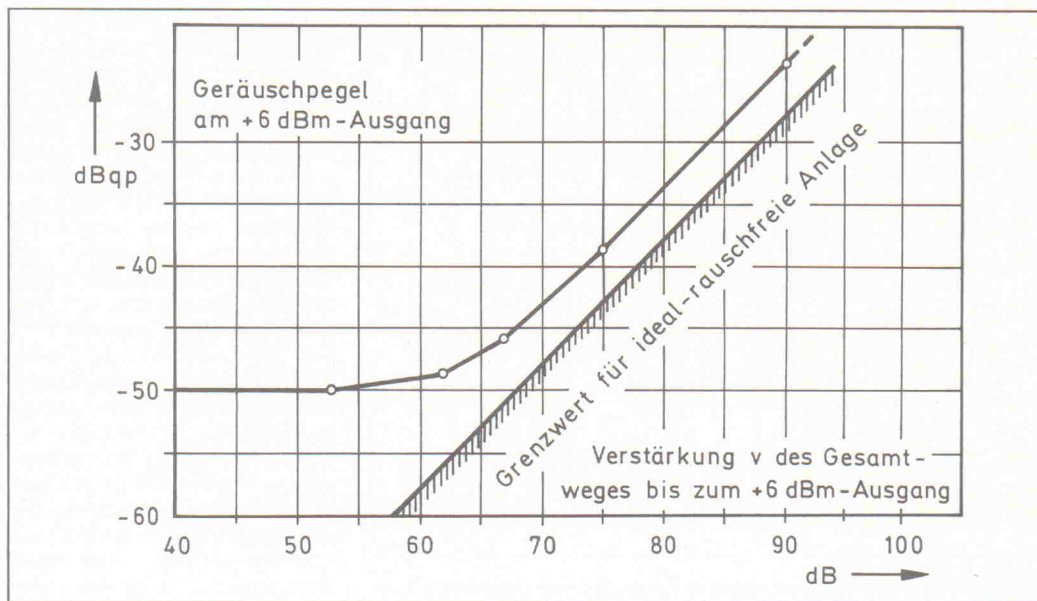


Bild 5. Zwischen diesen beiden Kurven muß der Rauschpegel eines Mischpultes liegen, das sich 'studiotauglich' nennen darf. Durch die Ordinatenbezeichnung dBqp ist ausgesagt, daß es sich um eine Messung mit einem Quasispitzenwert-Gleichrichter handelt, der Rauschspitzen wesentlich besser berücksichtigt als ein Effektivwert-Gleichrichter.

Damit man zu vergleichbaren Werten kommt, wird das Rauschen nach der Schaltung in Bild 1 gemessen. Man nimmt dabei an, daß der Verstärker mit der Verstärkung  $V$  ideal rauschfrei ist und die gesamte Rauschspannung von dem am Eingang liegenden Rauschgenerator erzeugt wird, der die Spannung  $U_r$  liefert. Sein Innenwiderstand ist durch  $R_G$  definiert. Man führt nun den Wert des auf den Eingang bezogenen Rauschens ein, denn es soll ja die Qualität des Verstärkers bestimmt werden. Wird der Verstärker als Mikrofonverstärker eingesetzt, muß er am Eingang mit einem rauscharmen Metallschichtwiderstand abgeschlossen werden. Dann wird die Verstärkung so eingeteilt, daß ein dynamisches Mikrofon bei einem Nennpegel von -64 dBm am Ausgang des Verstärkers +6 dBm (Normalpegel) erzeugt. Der Verstärker ist also auf eine Gesamtverstärkung von 70 dB eingestellt.

Nachdem alle Vorkehrungen, wie in Bild 1 angegeben, getroffen sind, kann die Ausgangsrauschspannung gemessen werden. Ein typischer Wert wäre z.B. -55 dBm. Da ja alles Rauschen auf den am Eingang anliegenden Rauschgenerator bezogen sein soll, also die auf den Eingang bezogene Rauschspannung als Meß- und Vergleichswert ermittelt wird, ist noch ei-

ne kleine Rechnung nötig. Von dem am Ausgang anliegenden Rauschpegel muß die Verstärkung abgezogen werden, und man erhält die auf den Eingang bezogene Rauschspannung.

$$U_e = U_{ra} - V = -55 \text{ dBm} - 70 \text{ dB} = -125 \text{ dBm.} \quad (U_{ra} = \text{Ausgangsrauschspannung})$$

Damit verschlechtert unser Mikrofonverstärker das Rauschen um 3 dB.

## Frequenzbewertung

Wer nun versucht, eine ähnliche Messung nachzuvollziehen, wird vermutlich zu ganz anderen Werten kommen, wenn er nicht die geeigneten Meßgeräte besitzt. Wenn man ein breitbandiges Voltmeter verwendet oder sogar ein Oszilloskop mit einer Grenzfrequenz von 20 MHz oder sogar 50 Mhz, wird mit Sicherheit ein wesentlich schlechterer Wert für das Rauschen ermittelt werden. Die breitbandigen Meßgeräte berücksichtigen Frequenzen, die für die Abhörqualität der Anlage nicht relevant sind. Es sind also Meßgeräte notwendig, die das Rauschen im Bereich von 20 Hz...20 kHz erfassen. Wenn vor dem Meßgerät ein Filter mit einem Frequenzgang nach Bild 2 verwendet wird und eine effektivgleichgerichtete Spannung zur Anzeige kommt, spricht man von der effektiven

oder auch unbewerteten Fremdspannung. Eventuell eingestreute Hochfrequenzen oder extrem tieffrequente Störungen unter 20 Hz werden durch das Filter wirksam unterdrückt und verfälschen nicht das Meßergebnis. Bei der im vorigen Abschnitt aufgeführten Musterrechnung ist die Verwendung des Fremdspannungsfilters vorausgesetzt.

Es wäre nun zu schön, um wahr zu sein, wenn alle Messungen mit diesem Filter und nach dieser Methode gemacht werden könnten. Das menschliche Ohr hat leider nicht den Verlauf wie die Filterkurve in Bild 2.

Über die Ohrkurve sowie Wesentliches über das Hören an sich kann in dem elrad-Sonderheft 'Hifi-Boxen' nachgelesen werden.

Mit der in Bild 3 gezeigten Bewertungskurve wurden verschiedene Punkte berücksichtigt. Die Kurve stammt ursprünglich aus der Röhrenzeit, wo das Brummen der Verstärker wegen der Röhrenheizung noch ein Problem war. Damit die Messung nicht verfälscht, sondern eher der Ohrkurve angepaßt wird, sind die Frequenzen unter 1 kHz geringer bewertet, 50 Hz werden mit 30 dB gedämpft, 100 Hz, wie sie von den üblichen Brückengleichrichtern produziert werden, mit 20 dB. Im empfindlichsten



Hörbereich zwischen 1 kHz und 6 kHz liegt eine leichte Überbewertung von maximal 2,5 dB vor, darüber wird wieder unterbewertet.

Mit der Filterkurve nach Bild 3 sind alle Heim-Hifi-Geräte nach DIN 45 500 gemessen. Der Meßwert heißt Geräuschspannung, ist ein Effektivwert, und statt der reinen dB-Zahl müssen korrekterweise dB(A) sowie der Bezugspegel stehen. Eine Angabe für einen Mikrofonverstärker wäre z.B.: Geräuschspannungsabstand am Ausgang bezogen auf 500 mV Ausgangsspannung = 65 dB(A). In der Hifi-Technik wird nicht unbedingt mit dem Bezugspegel von 0,775 V gearbeitet, deshalb ist es wichtig anzugeben, worauf sich der dB-Wert bezieht, damit man wenigstens durch Umrechnen zu aussagekräftigen Werten kommt. Leider wird hier in den Prospekten manches unterschlagen, oder man findet wichtige Angaben erst nach mühsamer Suche im Kleingedruckten.

In der Studioteknik wird ein Bewertungsfilter mit einem Frequenzgang wie in Bild 4 verwendet. Hier wird die Tatsache berücksichtigt, daß das Rauschen zwischen 1 kHz und 12 kHz als besonders lästig empfunden wird. Deshalb wird im empfindlichsten Bereich des Ohres bis zu 12 dB überbewertet. Außerdem sind in diesem Bereich überwiegend die Mitten- und zum Teil schon die

Höhenfilter aktiv, so daß der Rauschpegel zusätzlich durch die Klangregler beeinflusst wird. Weiterhin wird das Signal nicht mit einem Effektiv-, sondern einen Quasispitzenwert-Gleichrichter gleichgerichtet und zur Anzeige gebracht. Damit werden die Rauschspitzen besser berücksichtigt, denn wenn im gleichmäßigen Rauschen unregelmäßige Spitzen auftreten, werden diese besser wahrgenommen und als besonders störend empfunden.

Ein auf den Eingang bezogener Rauschspannungswert würde z.B. so dargestellt werden: -115 dBm mit Filter CCIR 468-2 (= Spitzenwert) oder -115 dBq. Damit ist das gleiche gesagt. Das q steht für Quasipeak, also Quasispitzenwert, und das p für pondere, also bewertet, womit die Filterkurve aus Bild 4 gemeint ist.

Es seien an dieser Stelle noch einige Hinweise gegeben, wie Rauschspannungen bzw. Rauschspannungsabstände auch manchmal in anderer Form angegeben werden. In vielen Prospekten taucht immer noch die Rauschzahl F auf. Wenn man die hohen dB-Werte der auf den Eingang bezogenen Rauschspannung gewohnt ist, muten die niedrigen Werte für F etwas seltsam an. Im Grunde genommen besagt die Rauschzahl nichts anderes, als um wieviel dB ein bestimmter Verstärker gegenüber einem ideal rauschfreien Verstärker schlechter ist. Um bei dem an-

fangs genannten Beispiel zu bleiben: Wir errechneten einen Rauschpegel für ein dynamisches Mikrofon mit -128 dBm. Die auf den Eingang bezogene Rauschspannung wurde mit -125 dBm ermittelt. Also heißt in diesem Fall die Rauschzahl  $F = 3$  dB.

In Bild 5 ist die Grenz-Betriebskennlinie für maximale Verstärkung gezeigt, ermittelt nach dem eben beschriebenen Meßverfahren. Zwischen den beiden Kurven muß sich der Geräuschpegel eines Studiomischpultes bewegen (Mikrofonkanal), sonst handelt es sich in diesem wichtigen Punkt eben nicht um ein solches. Der Vollständigkeit halber sei noch der Rauschpegel angegeben, der nach dem eben angeführten Meßverfahren für einen 200  $\Omega$ -Widerstand gilt; er beträgt -118 dBq. Die besten Mikrofonverstärker erreichen etwa -116,5 dBq, womit das technisch Machbare und die praktischen Grenzen abgesteckt sind.

### Symmetrische Übertragung

Ein live- wie studiotaugliches Mischpult hat an seinen Ein- und Ausgängen Übertrager. Am Eingang ist er praktisch unerlässlich, am Ausgang kommt es auf den Anwendungsfall an. Wer schon mehrere tontechnische Geräte zusammengeschaltet hat, kennt

das Problem der Brummschleifen und der richtigen Massführung. Das Auftrennen der Schutzleiter ist keine Lösung.

Hier helfen Übertrager, die die Geräte einerseits galvanisch trennen, andererseits die Tonsignale symmetrisch zur Verfügung stellen. Dies ist bei kurzen Leitungen von Vorteil, bei längeren Kabeln unerlässlich. Brumm- und Hochfrequenzeinstreuungen werden nur auf diese Art sicher vermieden. Leitungslängen bis 200 m stellen dann kein Problem mehr dar. Auch im Heimstudio kann eine symmetrische Verkabelung von Vorteil sein, Tonbandmaschinen der gehobenen Preis- und Qualitätsklasse sind oft schon mit Übertragern ausgerüstet und auf den Normpegel von +6 dBm eingemessen.

Leider kosten gute Übertrager auch einiges Geld: Stückpreise von 30...50 D-Mark sind durchaus normal. Billigangebote erweisen sich oft als Drahthaufen, der mit einem Übertrager wenig gemeinsam hat.

Von einem guten Übertrager wird erwartet, daß er eine Unsymmetriedämpfung von mehr als 60 dB bei 15 kHz hat, d.h. alle unsymmetrisch eingestreuerten Störungen werden mit mehr als 60 dB bei 15 kHz gedämpft; bei Frequenzen darunter ist die Dämpfung prinzipbedingt noch wesentlich größer. Elektrisch symmetrierte Eingänge sind für Mikrofonverstärker weniger gut geeignet, da die Unsymmetriedämpfung, beispielsweise von Operationsverstärkern, über den Frequenzgang starken Schwankungen unterliegt und unbrauchbare Werte von 20 dB und weniger erreichen kann. Weiterhin ist keine echte galvanische Trennung vorhanden, und der Eingangswiderstand für die beiden symmetrischen Tonadern kann je nach Schaltungskonzept unterschiedlich sein. Für hochpegelige Line-Eingänge ist eine elektronisch symmetrierte Eingangsstufe als preiswerte Lösung durchaus akzeptabel, vor allem, wenn die einspeisenden Geräte selbst Ausgangsübertrager haben. In der folgenden Bauanleitung wird nochmals auf diesen Punkt eingegangen.

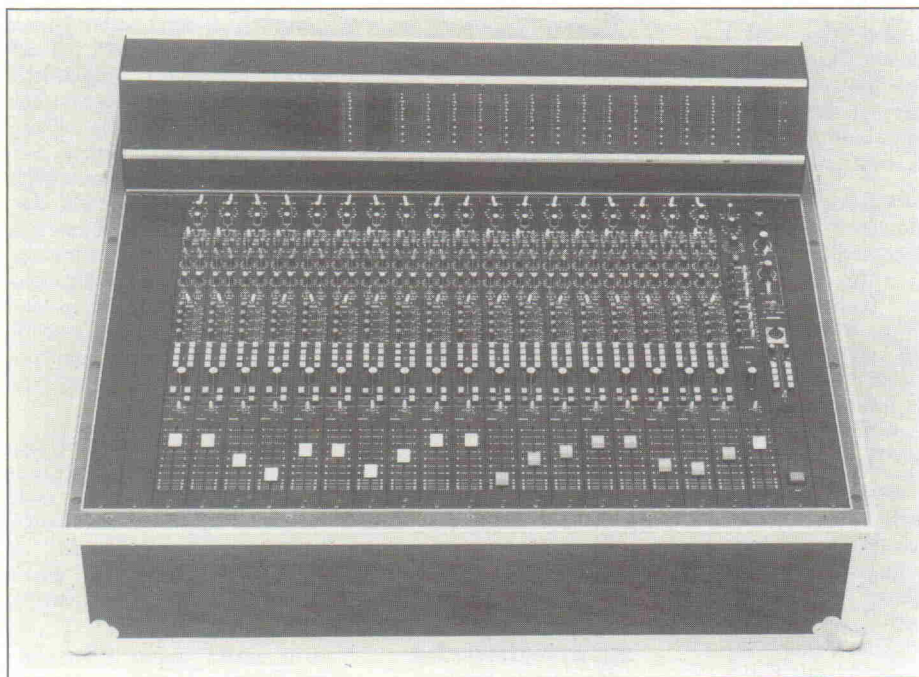
Und jetzt geht's endlich ans Löten! ☐





In Einschubtechnik

# Studiomixer PM500



modular aufgebaut ist und viele Systemteile vorgefertigt zu beziehen sind, gestaltet sich der Nachbau viel einfacher, als er auf den ersten Blick erscheint.

In Bild 1 ist das Blockschaltbild der Eingangs/Summen/Routing-Kassette dargestellt. Mit dem Schaltungskonzept wird man praktisch allen Anforderungen im Studio- und Heimstudiobetrieb gerecht, und mit nur einer Einheitskassette kann eine Vielzahl von Funktionen und Anwendungsfällen abgedeckt werden.

Im Eingang kommt ein Übertrager zur Anwendung, der symmetrische Leitungsführung und Phantomspeisung für Kondensatormikrofone (48 V) ermöglicht. Mit dem Empfindlichkeitssteller läßt sich der Vorverstärker auf alle Tonquellen vom Mikrofon bis zur elektronischen Orgel anpassen. Mit

### **Das fängt ja gut an! Gleich die Ouvertüre im Konzert der Bauanleitung-**

Nachdem im ersten Teil des Artikels die wesentlichen Eigenschaften eines guten Mischpults besprochen worden

leauswahl einige Spartips gegeben; man muß jedoch damit rechnen, daß die Kosten für die Grundausstattung

dem Pegelsteller können die 10-dB-Sprünge des Empfindlichkeitsstellers stufenlos feinjustiert werden. Der Mi-

### **gen gestaltet sich als schwieriges Werk; weniger eine Etüde für den**

sind, folgt im zweiten Teil eine Bauanleitung, bei der alle aufgeführten wichtigen Kriterien berücksichtigt wurden.

des Mischpults leicht auf DM 5000 kommen können. Der Selbstbau lohnt sich aber auf jeden Fall, da man sich

krofonverstärker bringt alle Signale auf den pultinternen Einheitspegel von 0 dBm.

### **Anfänger, sondern eher das Concerto Grosso für den Virtuosen. Trotz-**

Wer sich an den Bau dieses Mischpults wagt, sollte kein Anfänger sein und muß außer Geduld auch einige Meßge-

ein kompaktes Mischpult der oberen Klasse ganz nach den individuellen Wünschen maßschneidern und es je

Hinter dem Vorverstärker ist eine Möglichkeit vorgesehen, die Phasenlage des Tonsignals um 180° zu drehen.

### **dem ist die umfangreiche Schaltungspartitur so übersichtlich geglie-**

räte besitzen. Oszilloskop, Tongenerator und Vielfachmeßgerät sowie ein reichliches Maß an Elektronikpraxis

nach Bedarf und Geldbeutel erweitern kann. Im Hinblick auf Qualität und Einsatzmöglichkeiten steht es in kei-

Dies hat den Vorteil, daß keine Kabel getauscht oder umgelötet werden müssen, wenn etwa ein Mikrofon falsch ge-

### **dert, daß man auch bei den kritischen Passagen nicht aus dem Takt**

sind auf jeden Fall von Vorteil. Außerdem sollte man die Kosten nicht vergessen. In Teil 3 werden bei der Bautei-

nem Fall teuren Profipulten nach.

Die Bauanleitung gliedert sich wieder in verschiedene Teile, in die Eingangs/Summenkassette, die Auxiliary-Summenkassette, die Zusammenschaltung der einzelnen Kassetten über den Bus, das Anschlußfeld, die Aussteuerungsmesser, das Netzteil sowie den mechanischen Aufbau. Da das Pult

pult ist. Von jeder guten Anlage wird verlangt, daß Eingangs- und Ausgangssignal gleichphasig sind. Ist diese Forderung nicht erfüllt, lassen sich keine brauchbaren Ergebnisse beim Abmischen erzielen (siehe auch 'Korrelation').

Der 'Remix'-Eingang ist für den Anschluß einer Mehrspurtonbandmaschi-

### **kommt. Es dirigiert:**

**Gerhard Haas**



ne vorgesehen. In diesem Fall genügt eine elektronische Symmetrierung, da gute Mehrspurmaschinen Ausgangsübertrager haben und durch den hohen Pegel von +6 dBm ausreichend Störabstand vorhanden ist. Mit einem Schalter können die verschiedenen Eingänge bzw. die Phasendrehung ausgewählt und das Signal auf das nachfolgende Trittschallfilter gegeben werden, das mit zwei Grenzfrequenzen arbeitet, nämlich 40 Hz und 80 Hz.

Danach besteht eine Einschleifmöglichkeit für Geräte mit unsymmetrischen Ein- und Ausgängen. Hier kann man z.B. den an anderer Stelle beschriebenen Begrenzer oder das Noise Gate anschließen.

Der Filterblock beinhaltet die Einsteller für Höhen, Baß und zwei Mitten. Die Einsatzfrequenzen der jeweiligen Filter sind umschalt- bzw. für die Mitten stetig einstellbar. Es handelt sich also um parametrische Mittenregler, die zudem noch breit- oder schmalbandig geschaltet werden können. Damit stehen genügend wirksame Filtermöglichkeiten zur Verfügung. Alle bisher beschriebenen Funktionsblöcke können per Schalter (Bypass) umgangen und somit der Vorverstärker direkt linear betrieben werden. Dies kann z.B. beim Abmischen von Vorteil sein, wenn keine Klangbeeinflussung mehr gewünscht wird.

Nach Durchlaufen des Filterblocks liegt das Signal am Fader an. Unmittelbar vor dem Fader sind noch einige Abgriffe vorgesehen. Hier ist der Overload Indicator angeschlossen, der rechtzeitig vor Erreichen der Aussteuerungsgrenze eine rote LED aufleuchten läßt, des weiteren der Monitorbus, über den bei geschlossenem Fader per Kopfhörer geprüft werden kann, was auf dem Kanal geschieht. Die vier Auxiliary-Send-Wege können sowohl vor den Fader (PRE) oder hinter den Fader (POST) gelegt werden. Es handelt sich hierbei um vier voneinander unabhängige Signalwege, die jeweils ein eigenes Lautstärkepoti haben und in der AUX-Summe zusammengefaßt sind.

Der Fader hat eine Arbeitsstellung bei 0 dB. Dies ist nicht etwa der Endanschlag des Gesamtschiebeweges, sondern es stehen in dieser Betriebsstellung noch 10 dB als Aussteuerungsreserve zur Verfügung. Daher muß hinter dem Fader ein Aufholverstärker mit rund 11 dB Verstärkung installiert

werden, da der Fader durch Herstellungstoleranzen etwa 1 dB Durchgangsdämpfung aufweist, die ausgeglichen werden muß. Mit einem Trimpoti lassen sich die mechanische und elektrische Stellung des Faders in Übereinstimmung bringen.

Hinter dem Fader-Aufholverstärker werden die AUX-Send-Wege angekoppelt und der Kanalverstärker mit Ausgangsübertrager für den Kanalausgang angeschlossen. Hier kann beispielsweise die Mehrspurtonbandmaschine angeschlossen werden.

Nach der Aufnahme erfolgt die Abmischung über den REMIX-Eingang. Am Ausgang des Kanalverstärkers darf natürlich auch ein Anschluß für den Aussteuerungsmesser nicht fehlen.

Mit den abschaltbaren Panoramareglern wird das Signal zwischen den geradzahlgigen und ungeradzahlgigen Untersummen 1 bis 8 plaziert, die per Taste einzeln anwählbar sind. Von hier wird über einen DIL-Schalter, der sich auf der Platine befindet, wahlweise ein Summensignal abgegriffen und über den mit GROUP bezeichneten Verstärker geleitet, mit dem aus einer Eingangskassette einfach per Tastendruck eine Summenkassette wird.

Damit ist nur eine Standard-Grundkassette notwendig, die sowohl im Eingang als auch in der Summe Verwendung findet. Man darf nur nicht die als Summe geschaltete Kassette mit den Routingtastern sich selbst anwählen lassen, denn das macht erstens keinen Sinn, und zweitens entsteht höchstens eine fiese Rückkopplung.

In Bild 2a...f ist der komplette Schaltplan der eben beschriebenen Kassette dargestellt. Er ist in Blöcke aufgeteilt, was die Übersichtlichkeit erhöht. In Tabelle 3 sind die Bauteilenummerierungen erklärt, jedem Block ist eine eigene Leitzahl zugeordnet, so daß auf der recht umfangreichen Platine eine gute Orientierungsmöglichkeit besteht. Der auf den ersten Blick sehr umfangreiche Schaltplan wird durch diese Art der Aufteilung wieder übersichtlich und verständlich.

Block 1 in Bild 2 ist der INPUT. Hier wird im wesentlichen über den Rauschabstand bestimmt und damit über eine der Grundqualitäten des Mischpults.

Ia2 und Ib2 sind symmetrische Eingangsleitungen, die von einer XLR-Buchse kommen. Ia4 und Ib4 sind für den Anschluß eines Multicoresteckers

vorgesehen; auf der Platine müssen beide Anschlüsse lediglich durch Drahtbrücken verbunden werden. Auf den Eingangsstecker folgt ein symmetrischer Vorteiler. Wenn von Mikrofon- auf Line-Betrieb umgeschaltet wird, muß das höherpegelige Line-Signal gedämpft werden, damit der Eingangsübertrager nicht übersteuert wird.

Der Übertrager sorgt für gute Eingangssymmetrierung, galvanische Trennung und optimale Rauschanpassung an IC01. Mit S01a wird die nötige Dämpfung nach dem Übertrager bei hohen Pegeln eingestellt; S01b paßt die Verstärkung von IC01 an. Damit wird das IC immer im rauscharmen Kennlinienbereich betrieben. IC02 sorgt für den Ausgleich der 10-dB-Sprünge des Eingangsstellers. Mit dem PRELEVEL-Regler an IC02 kann die Verstärkung stufenlos und linear um  $\pm 10$  dB verstellt werden. An dieser Stelle sei gleich etwas zu den verwendeten Kondensatoren gesagt:

Wie man im Schaltplan in Bild 2 sieht, sind häufig gepolte Elkos eingesetzt. Trotz des symmetrischen Betriebs können im gesamten Pult gepolte Elkos verwendet werden, da sie reine Wechselspannungen in der Größenordnung von 1 V vertragen. Die Koppelkos sind leider unbedingt erforderlich, da sich sonst die Offsetspannungen der OpAmps negativ auswirken würden. Wenn Potis neben der reinen Tonwechselspannung auch noch mit geringen Gleichspannungen beaufschlagt werden, treten beim Drehen unüberhörbare Störgeräusche auf, die die gesamte Einspielung unbrauchbar machen, wenn man während einer Tonbandaufnahme Klang oder Lautstärke nachregelt. Außerdem dürfen keine Gleichspannungen an den Schaltern stehen, andernfalls wäre bei jedem Umschaltvorgang ein Knacksen hörbar.

Außer den Koppelkondensatoren findet man an vielen Schaltungspunkten Keramik-kondensatoren. Mit ihnen wird in jedem 'Zuständigkeitsbereich' auf der Kassette eine eventuelle Schwingneigung unterdrückt. An drei Schaltungspunkten befinden sich Trimpotis für die Offsetkompensation von OpAmps. Hier ist ein Abgleich erforderlich, auf den am Ende der Bauanleitung näher eingegangen wird.

IC03 dreht die Phasen des Eingangs-



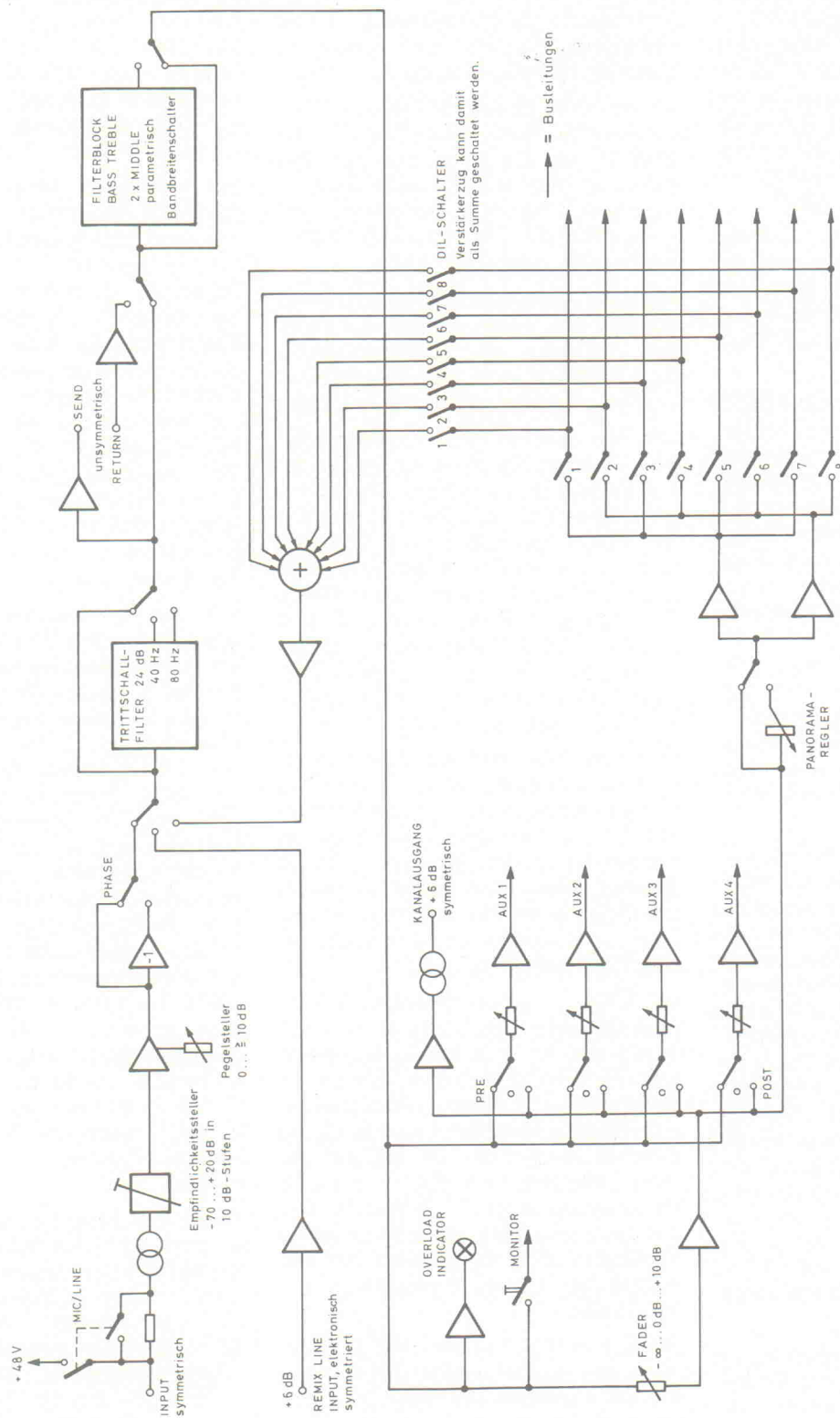


Bild 1. Blockschaubild des Eingangs/Summenzuges







signals; über die Analogschalter AS1b und AS1c wird jeweils der Betrieb 'in Phase' oder 'out Phase' geschaltet. Über AS1d wird das LINE-RE-MIX-Signal geschaltet. An diesen Eingang kommen bei der Abmischung die Ausgänge der Mehrspurtonbandmaschine. RC-Glieder unterdrücken von außen eindringende HF und teilen den Recorderpegel von +6 dBm auf den pultinternen Pegel von 0 dBm herunter. Die Pegelangaben finden sich im Schaltplan.

Über AS1a wird das GROUP-Signal geschaltet. Mit dem GROUP-Summiervverstärker IC21 kann die Kassette auch als Summenzug betrieben werden. Der DIL-Schalter wählt die jeweilige Busleitung an.

Um im Schaltbild nicht unnötig Verwirrung zu schaffen, ist die Ansteuer-schaltung für die Analogschalter und für alle weiteren Schaltfunktionen am Ende der Beschreibung dieses Schalt-plans erklärt.

Die Eingangssignale, die hinter dem Mikrofonverstärker alle einheitlich auf dem pultinternen Pegel von 0 dBm liegen, können jetzt über das Trittschall-filter geführt werden. Es besteht aus zwei Hochpässen mit 24 dB Flanken-steilheit für die Frequenzen 40 Hz und 80 Hz. Mit AS2 lassen sich die Filter anwählen oder umgehen.

Der nächste Block heißt INSERT. Hier können externe Geräte wie Begrenzer oder Effektgeräte eingeschleift oder auch nur über SEND Signale mit dem Normalpegel von +6 dBm unsymme-trisch abgenommen werden. Der RE-TURN-Eingang ist ebenfalls für +6 dBm Normalpegel ausgelegt. RC-Glieder blocken wiederum HF wirk-sam ab, und Widerstände teilen das Si-gnal auf den Pultpegel von 0 dBm her-unter. Der INSERT-Weg wird mit ei-nem mechanischen Umschalter an-gewählt.

Es folgt der (sehr umfangreiche) Filter-block. Für die beiden parametrischen Mittenregler ist je ein Variable-State-Filter eingesetzt. Diese Filter sind unter anderem auch schon in verschie-denen elrad-Veröffentlichungen in Theorie und Praxis abgehandelt wor-den, so daß auf ihre Funktion nicht nä-her eingegangen werden muß. Mit den beiden Mittenfiltern läßt sich der Be-reich von 300 Hz...10 kHz lückenlos abdecken. Es stehen Schalter zur Bandbreitenumschaltung zur Verfü-

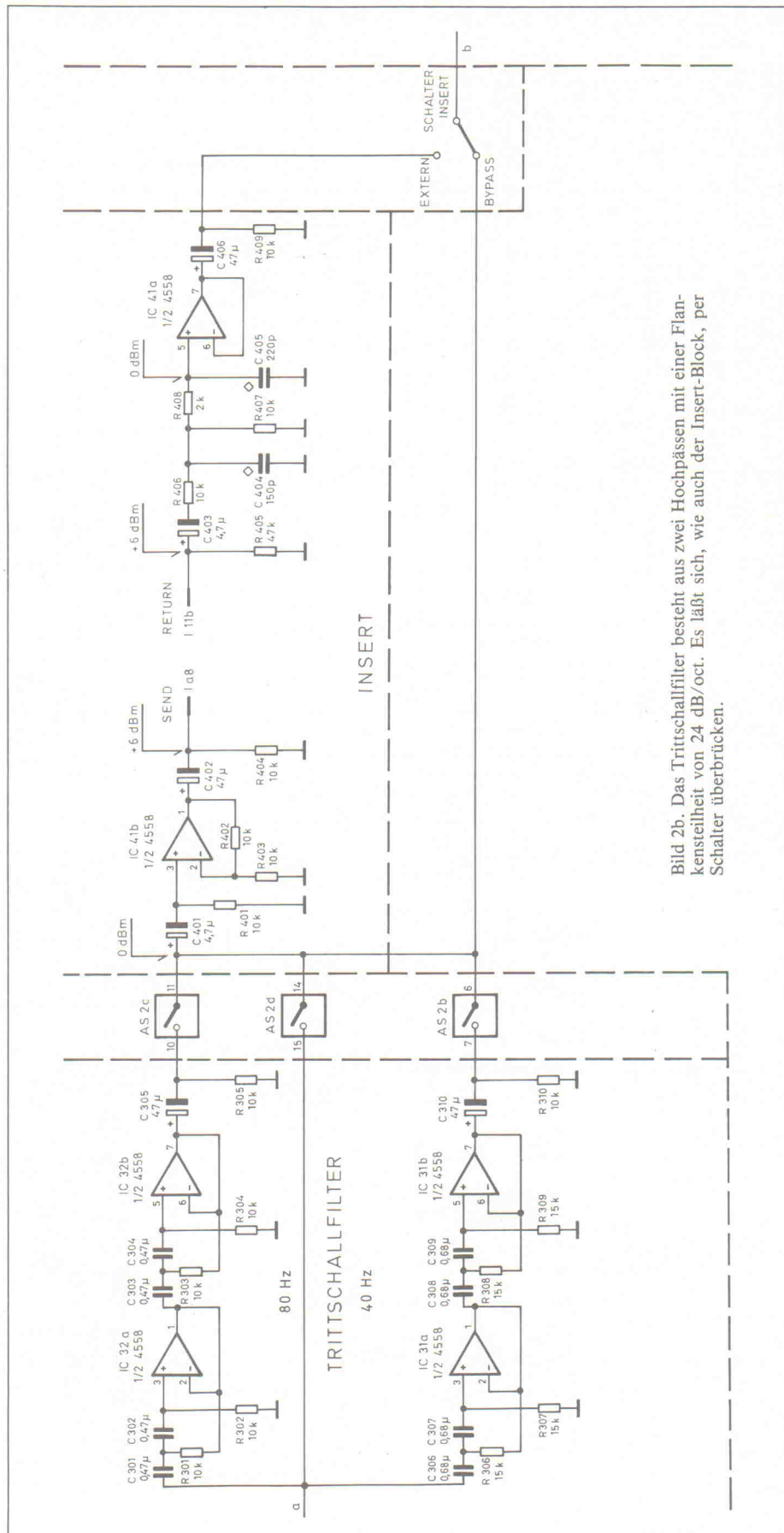


Bild 2b. Das Trittschallfilter besteht aus zwei Hochpässen mit einer Flankensteilheit von 24 dB/oct. Es läßt sich, wie auch der Insert-Block, per Schalter überbrücken.



gung, so daß man auch sehr schmale Frequenzbereiche unterdrücken oder anheben kann. Dies kann bei Lifebetrieb sehr nützlich sein, falls ein Mikrofon nur auf einem sehr engen Frequenzband stark rückkoppelt. Zu jedem Filter gehört ein Monopotentiometer für Anhebung oder Absenkung und ein Stereopoti zum Einstellen der gewünschten Frequenz.

Im Filterblock sind natürlich auch Einstellvorrichtungen für Bässe und Höhen enthalten. Auch hier sind Umschaltmöglichkeiten für verschiedene Frequenzbereiche vorgesehen. Die maximale Baßanhebung- bzw. -absenkung kann zwischen 30 Hz, 50 Hz und 80 Hz gewählt werden, die Höhenbeeinflussung zwischen 8 kHz, 10 kHz und 15 kHz. Mit diesem Filterblock lassen sich praktisch alle Frequenzen im gesamten Übertragungsbereich lückenlos beeinflussen.

Per mechanischem Umschalter kann der gesamte Filterblock umgangen werden.

Nun folgt der Schaltungsteil, der die Studiotauglichkeit des Pults maßgeblich mitbestimmt. Es geht um den Fader. Von einem Studiofader wird verlangt: hohe Auflösung, d.h. lange Schiebeweg (100...130 mm), Leichtgängigkeit, geräuschloser Betrieb (auch nach langer Gebrauchsdauer), im Arbeitsbereich hohe Genauigkeit (logarithmisch mit maximaler Abweichung von der Idealkurve von weniger als 0,5 dB) sowie hohe Ausschaltdämpfung. Gute Studiofader kosten aufgrund dieser Forderungen zwischen 100 D-Mark und über 2500 D-Mark. Für ein Mischpult zum Einsatz im Heimstudio oder in kleineren professionellen Studios sowie auf der Bühne gibt es auch preiswerte japanische Schieberegler in der Preisklasse von 20...50 D-Mark. Mit diesen Reglern können brauchbare Ergebnisse erzielt werden. Billige Schiebepotis mit einem Schiebeweg von 60 mm oder kürzer sind unbrauchbar und sorgen nur für stetigen Ärger.

Wie schon in der Besprechung des Blockschaltbildes erwähnt, hat der Fader eine Arbeitsstellung plus einer Reserve von 10 dB; die Durchgangsdämpfung beträgt konstruktionsbedingt ca. 1 dB. Dies muß der Fader-Aufholverstärker IC61 ausgleichen. Da die Durchgangsdämpfung der Fader auch bei Exemplaren der oberen Preisklasse fertigungsbedingten Toleranzen unter-

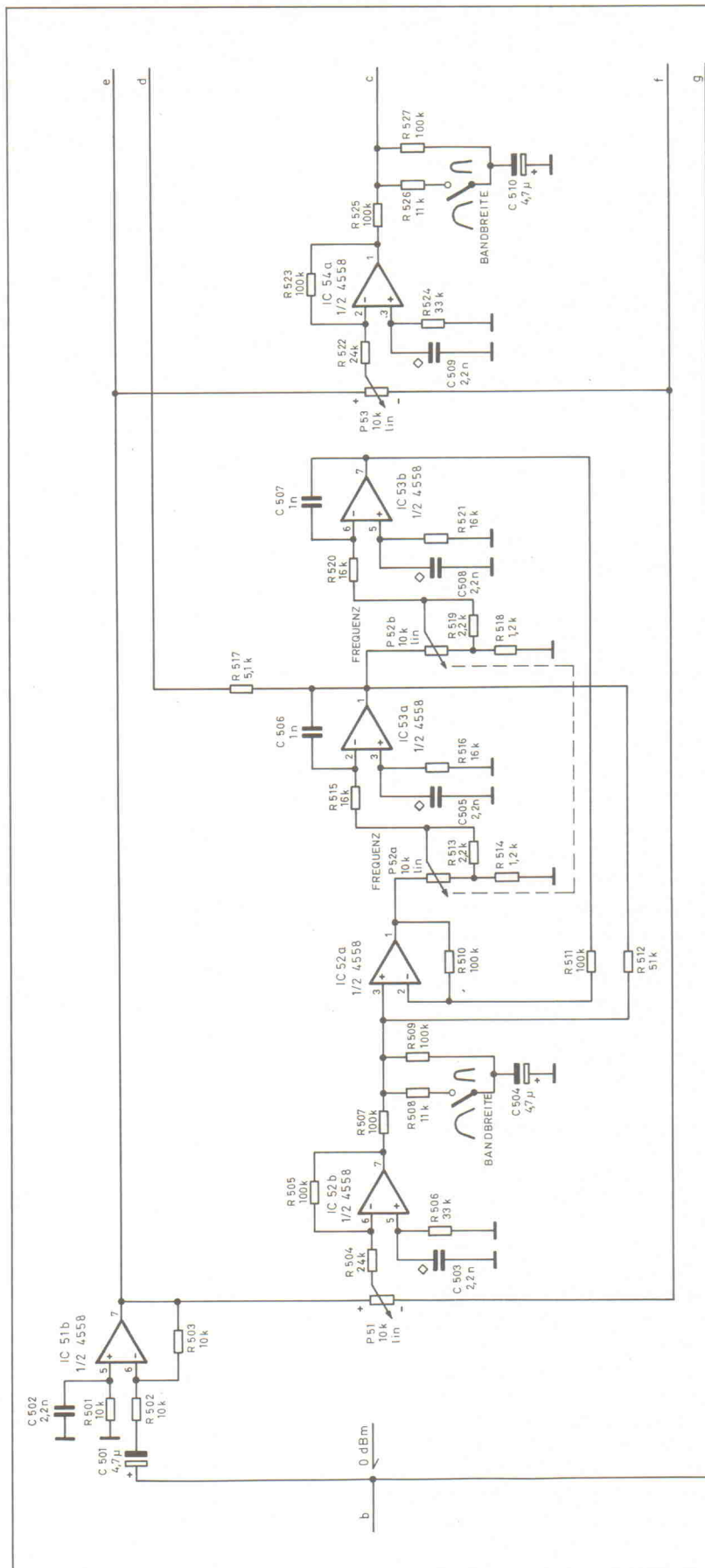


Bild 2c. Teil 1 des umfangreichen Filter-Blocks besteht aus zwei parametrischen Mitteneinstellern, mit denen der Bereich von 300 Hz...10 kHz lückenlos erfasst werden kann.



liegt, kann mit Trimpoti P61 der Skalenwert, d.h. die optische 0-dB-Stellung des Faders mit dem elektrischen Sollwert in Übereinstimmung gebracht werden. Am Ausgang des Aufholverstärkers liegen bei 0-dB-Faderstellung und richtigem Abgleich wieder 0 dBm Signalpegel an. Mehr dazu am Ende der Bauanleitung.

Vor dem Aufholverstärker ist der Analogschalter AS3 angeordnet, der bei zugezogenem Fader den Schleifer abkoppelt und den Verstärkereingang niederohmig nach Signalmasse kurzschließt. Mehr zur Ansteuerung von AS3 bei der Besprechung des Steuerteils.

Wenn vor dem Fader die Signalwege noch einheitlich waren, so spalten sie sich dahinter auf. Es beginnt der ROUTING-Teil der Kassette. Betrachten wir zunächst den einfachsten Teil, den MONITOR-Weg. Per mechanischem Kippschalter (ein-aus-tast) kann in der Tast-Stellung kurz in den Kanal hineingehört werden, der Schalter kann in der EIN-Stellung den Kanal auch ständig auf den MONITOR-Weg legen. Das Monitor-Signal gelangt über den Signalbusstecker Sc32 auf die Signalbussumme, die an anderer Stelle besprochen wird.

Der AUXILIARY-Teil besteht aus vier unabhängigen SEND-Wegen, die jeweils vor (PRE) oder hinter dem Fader (POST) das Signal auskoppeln. Es sind für jeden AUX-Weg ein eigenes Poti und ein PRE-POST-Umschalter mit AUS in der Mittelstellung vorgesehen. Die Signale gelangen auf den Signalbusstecker und werden in der AUX-Summe weiterverarbeitet.

Das Signal hinter dem Aufholverstärker gelangt noch auf zwei weitere Signalverteilungsschaltungen, den Panorama-Einsteller und den Kanalausgangsverstärker. Der Panorama-Einsteller verteilt das Signal auf die ungeradzahigen Summen 1, 3, 5 und 7 oder auf die geradzahigen 2, 4, 6 und 8 und ist über den Analogschalter AS4 zu- oder abschaltbar. Die Durchgangsdämpfung der Regleranordnung von 8 dB wird durch die beiden Aufholverstärker IC81a und IC81b wieder auf 0 dBm ausgeglichen. Das Signal gelangt über rel 1 ... rel 8 auf den Signalbus. Hier kommen Reedrelais zum Einsatz, die über beleuchtete Tastschalter angewählt werden können. Über den Stereoweg L (links) und R

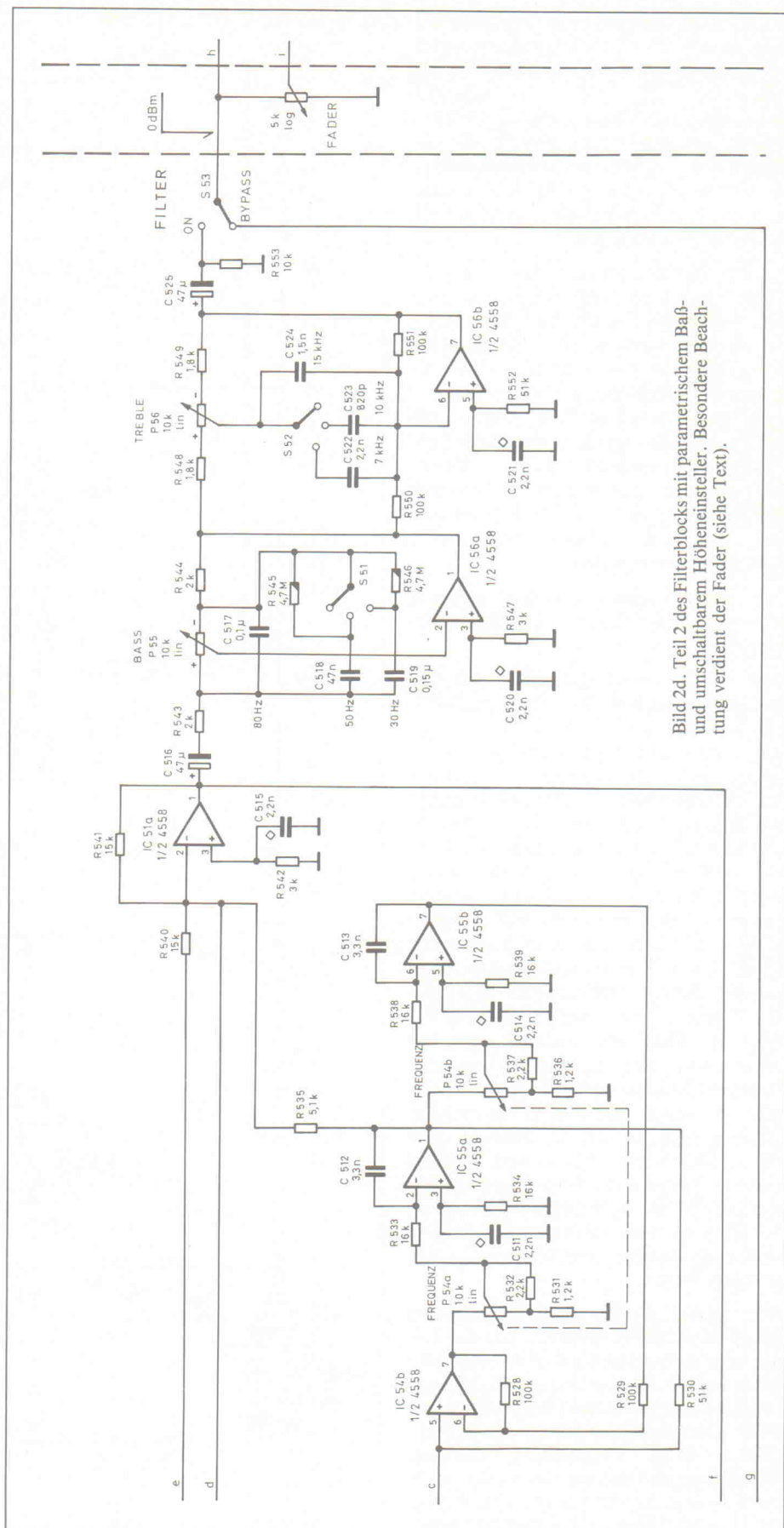


Bild 2d. Teil 2 des Filterblocks mit parametrischem Baß- und umschaltbarem Höheneinsteller. Besondere Beachtung verdient der Fader (siehe Text).



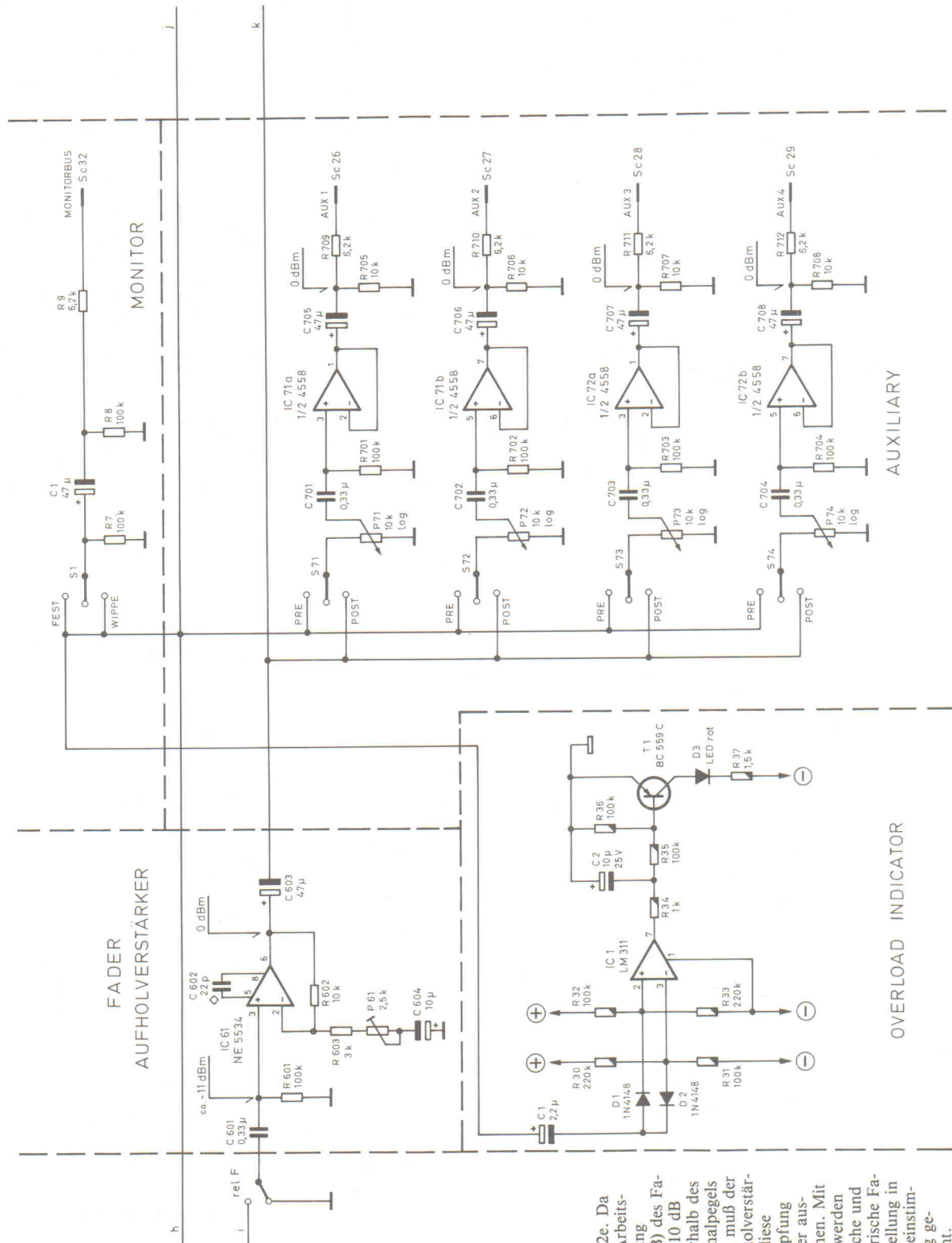


Bild 2e. Da die Arbeitsstellung (0 dB) des Faders 10 dB unterhalb des Normalpegels liegt, muß der Aufholverstärker diese Dämpfung wieder ausgleichen. Mit P61 werden optische und elektrische Fa- derstellung in Übereinstimmung ge- bracht.



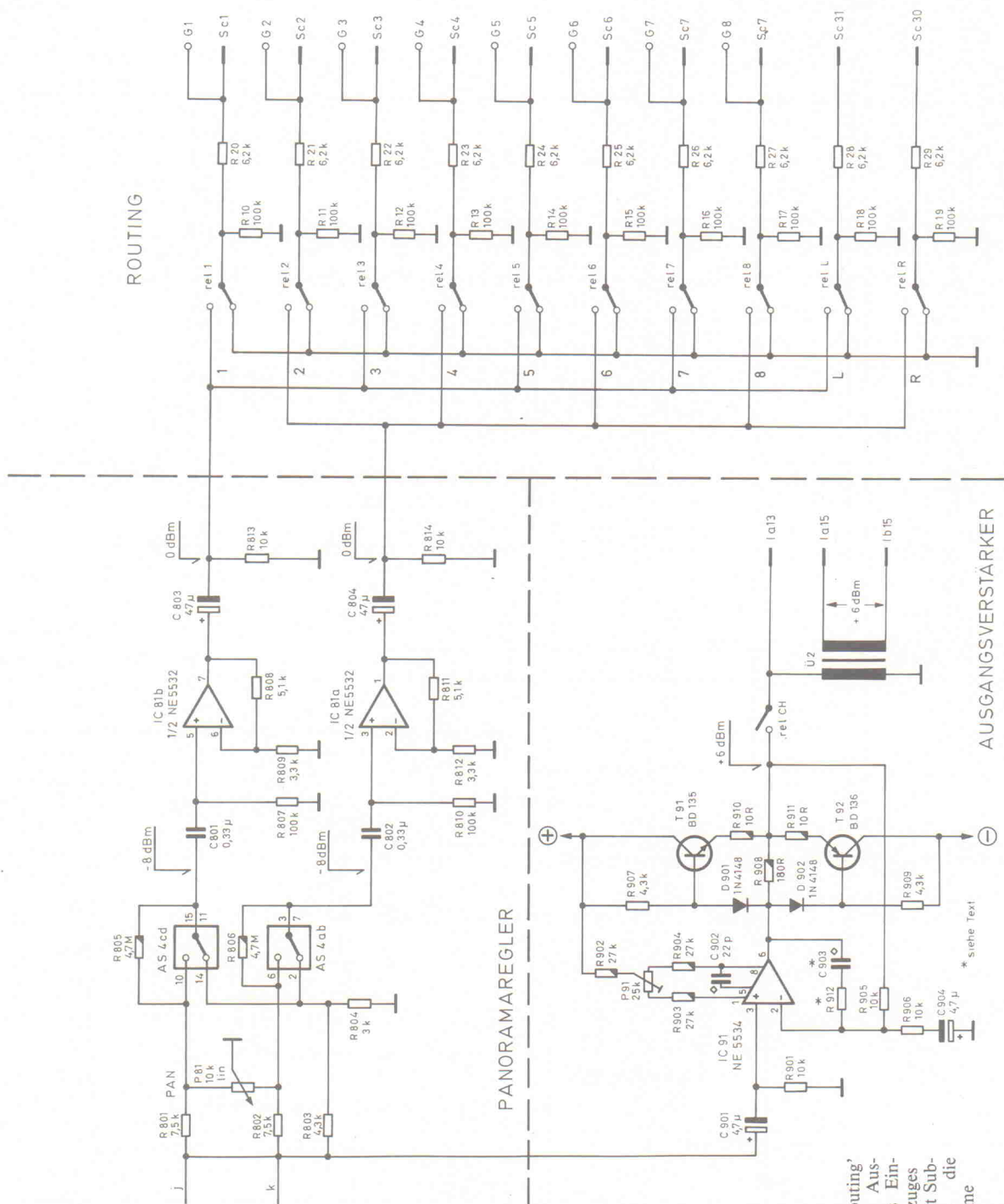
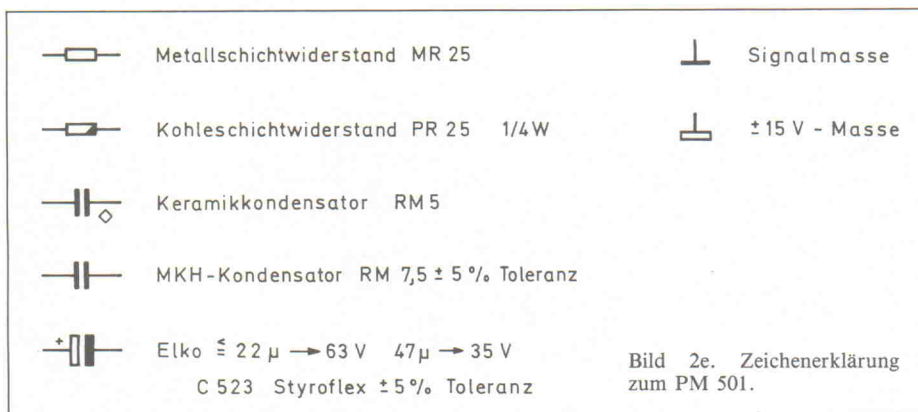


Bild 2f. Mit 'Routing' läßt sich das Ausgangssignal des Eingangssignals auf eine der acht Subsummen oder die L/R-Hauptsumme legen.





(rechts) ist weitere Summenbildung möglich.

Der Kanal-Ausgangsverstärker hebt das Signal auf den Normalpegel von +6 dBm an und stellt es sehr niederohmig an zwei Ausgängen zur Verfügung. Dies wird durch die beiden Transistoren T91 und T92 erreicht. Über rel CH wird das Signal über den Input-Stecker Ia13 zum Aussteuerungsmesser weitergeführt. Mit dem Übertrager Ü2 wird das Signal symmetrisch auf die Steckerkontakte Ia15 und Ib15 gegeben.

Als letzter Block bleibt noch der OVERLOAD INDICATOR übrig. Dieser ist sehr einfach, aber wirkungsvoll mit einem Komparator-IC aufgebaut. Mit den Widerständen R30 bis R33 sind die Ansprechschwellen symmetrisch für positive und negative Halbwellen eingestellt. Die Dioden D1 und D2 sorgen dafür, daß immer die 'richtige' Signalhalbwelle berücksichtigt wird. R34 und C2 bestimmen die Absprech-, R35 und C2 die Abfallzeit. Hier wird der Forderung Rechnung getragen, daß beide Signalhalbwellen berücksichtigt werden, die bei Audiosignalen sehr unterschiedlich ausfallen können. Weiterhin muß die Overload-

Anzeige sehr schnell auf Signalspitzen reagieren und sie so lange optisch festhalten, daß das Auge die Anzeige auch wahrnehmen kann. Außerdem muß der Overload Indicator noch deutlich vor Erreichen der Aussteuerungsgrenze ansprechen. All diesen Forderungen wird die Schaltung gerecht.

Im Schaltplan sind noch einige Hinweise auf die erforderlichen Bauteile sowie die verschiedenen Massen enthalten. Darauf wird an anderer Stelle noch näher eingegangen. Weiterhin ist ein RC-Glied im Kanal-Ausgangsverstärker mit \* gekennzeichnet. Auf der Platine ist für die beiden Bauteile Platz vorgesehen. Sie müssen nur bei hartnäckiger Schwingneigung bestückt werden, die gelegentlich bei kritischer Beschaltung hinter dem Übertrager auftreten kann.

### Schalterlogik

Im Schaltplan der Eingangs/Summenkassette waren verschiedene Schalter in den Signalwegen enthalten, deren Ansteuerungsschaltungen noch nicht besprochen wurden. In Bild 6a + b ist der komplette Schaltplan der Steuerung dargestellt.

Der einfachste Steuerungsteil ist die

Umschaltung des Rumpelfilters. Damit ein einfacher Kippschalter mit den drei Stellungen EIN-AUS-EIN genügt, wurde ein NAND-Gatter zwischen Kippschalter und integrierten Schalter gesetzt. Letzterer schließt, wenn an der jeweiligen Steuerleitung 0 V anliegt.

Damit überall Schalter mit der einfachen Funktion EIN-AUS verwendet werden können, muß hier und da etwas Elektronik bemüht werden. Aber es ist billiger, einige Gatter, Widerstände und Dioden einzusetzen, als aufwendigere Schalter kaufen zu müssen. Die Summenanwahl erfolgt über die Tastschalter S1...8, in die jeweils eine LED integriert ist. Mit den Schaltern werden die Relais Rel1...Rel8 aktiviert, wobei die Relaispule gleich als Vorwiderstand für die LEDs dient. Mit dem Taster MIX wird die Stereo-Summe angewählt (Relais L und R).

Wenn der MIC-LINE-Schalter geöffnet ist, schaltet die Kassette auf Mikrofonbetrieb. An Pin 11 von IC1 liegen 5 V, und über T5, T6 und T7 schaltet das MIC-LINE-Relais; der Mikrofonbetrieb wird mit LED14 angezeigt. T6 schaltet die +48 V für die Phantom-speisung auf den Mikrofoneingang.

AS1 wird über verkoppelte Steuersignale aktiviert, die einer bestimmten Rangordnung unterliegen. Die höchste Priorität hat GROUP, dann folgen REMIX, MIC-LINE, PHASE NORMAL und PHASE REVERSE. Ist die Taste GROUP gedrückt, schließt AS1a, und die anderen drei Schalter werden blockiert. Diesen Zustand zeigt die in der Taste befindliche LED9 an. Ferner werden die Summenanwahlrelais über T2 und T3 abgeschaltet und die MIC-LINE-Umschaltung stillgelegt. Diese Schaltprioritäten sind für einen sinnvollen Betrieb der Kassette, die im GROUP-Betrieb als Summenkassette arbeitet, notwendig.

Wenn keine Summenfunktion gewünscht ist, hat REMIX höchste Priorität. Mit der REMIX-Funktion können die Ausgangssignale einer angeschlossenen Vierspurbandmaschine zum Abmischen eingespielt werden, ohne daß ständig irgendwelche Kabel umzustecken sind. Jede Eingangs/Summenkassette kann einzeln mit der REMIX-Taste auf diese Betriebsart geschaltet werden. Auf dem Strombus (St) ist eine Leitung mit der Bezeichnung 'Remix-Steuerung' (St dz 11) vorgesehen; über eine zentrale Taste kann das gesamte Pult in diese Be-

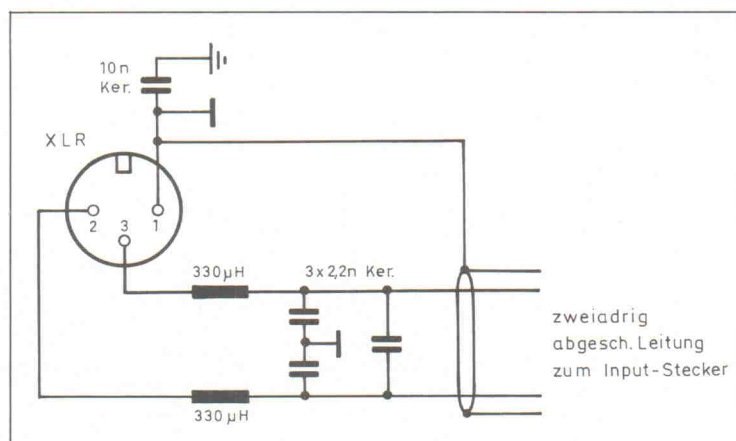


Bild 3. Keine Chance für HF, die sich über den Eingangsstecker ins Pult schummeln will. Sie wird von einem Tiefpaß wirksam abgeblockt.



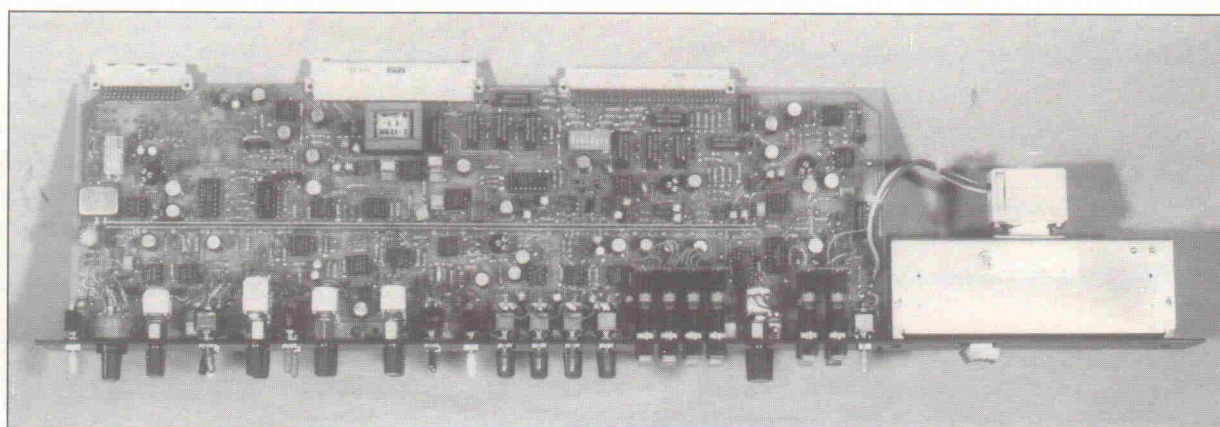


Bild 4. Der bestückte Eingangs/Summenzug. Aus Platz- und Gewichtsgründen befindet sich der Übertrager nicht auf der Platine, sondern im Grundrahmen.

triebsart gebracht werden. REMIX-Betrieb wird mit LED10 angezeigt. T4 sperrt dann über zwei Gatter von IC1 die MIC-LINE-Umschaltung, über D10 und T1 wird ebenfalls die Phasenumschaltung blockiert. Sind weder GROUP noch REMIX aktiviert, arbeitet die Kassette als Eingangsmodul. Phasen- und MIC-LINE-Umschaltung sind beliebig bedienbar.

Der MUTE-Taster aktiviert das Relais F. Damit kann die Kassette per Tastendruck stummgeschaltet werden. Der dazugehörige Relaiskontakt koppelt den Schleifer des Faders ab und schließt den Eingang des Aufholverstärkers nach Masse kurz. Die AUX-Wege sowie der Monitorbus bekommen noch Signal, sofern die AUX-Signalschalter auf PRE stehen.

Im Signalschaltbild wurde absichtlich wegen der besseren Übersicht auf jegliche Stromversorgungsleitungen verzichtet. Grundsätzlich sind für jeden Schaltungsteil getrennte Entkoppelglieder für die Stromversorgung der ICs vorgesehen.

## AUX- und MIX-Summenkassette

Die soeben beschriebene Kassette läßt sich zwar als Summenmodul betreiben, für die AUX-Wege und für die MIX-(Stereo-)Summe ist sie jedoch nicht geeignet. Dazu benötigen wir eine Sonderkassette, deren Schaltplan in Bild 7a...d dargestellt ist. Prinzipiell sind darin keine Besonderheiten enthalten. Der erste AUX-Summenverstärker ist mit dem rauscharmen Doppel-Op-Amp NE 5532 aufgebaut, dessen erste Hälfte als Summiervverstärker und die zweite als Inverter ausgeführt ist, damit das Signal wieder die richtige Phasenlage bekommt. Die AUX-Summen 1...4 sind identisch.

## Stückliste

### —Kassette PM 501, INPUT—

Metallschichtwiderstände MR 25

R001,004,	
023,024	3k
R002,003	110R
R005,006	6k8
R007	13k
R008	6k2
R009,013	100k
R014	3k3
R015	2k
R016	1k6
R017	1k1
R018,019,	
020,021,	
022	10k
R1	39k
R2	15k
R3	39R
R4	130R
R5	560R
R6	51k

Kohleschichtwiderstände PR 25

R010,011,	
012	27k
P01	Trimmer PT 10 liegend, 25k
P02	Potentiometer 10k lin. (Sfernice P11QY/PC61)

Kondensatoren

C001,012	2n2 ker. RM 5
C002,016	270p ker. RM 5
C003	100p ker. RM 5
C004	330n MKH RM 7,5
C005	1000µ/6 V
C006	22µ
C007,008,	
011	22p ker. RM 5
C009,013	47µ
C010	4,7µ
C014	820p ker. RM 5
C015,016	220p ker. RM 5

Halbleiter

IC01,02,03	NE 5534
------------	---------

Sonstiges

3	IC-Sockel DIL 8
1	Stufenschalter, 2 x 6 Kontakte (ELMA)
Ü1	Eingangsübertrager Neutrik NTM 4

Bild 5. Ein Blick auf die Frontplatte des PM 501 läßt bereits die vielfältigen Einsatzvarianten erahnen. Bei den elektromechanischen Komponenten ist auf höchste Qualität zu achten.



**—REMIX—**

## Metallschichtwiderstände

R101,104	9k1
R102,106	2k
R103,105	3k
R107,108,	
109,110,	
111	10k

## Kondensatoren

C101,102	4,7 $\mu$
C103,104,	
105,106	680p ker. RM 5
C107	47 $\mu$

## Halbleiter

IC11	NE 5532
------	---------

## Sonstiges

1 IC-Sockel DIL 8	
-------------------	--

**—GROUP—**

## Metallschichtwiderstände

R202	6k2
R204,206	3k
R207	10k

## Kondensatoren

C201	100 $\mu$
C203,204	270p ker. RM 5
C202	47 $\mu$

## Halbleiter

IC21	NE 5532
------	---------

## Sonstiges

1	IC-Sockel DIL 8
1	DIL-Schalter, 8 Kontakte

**—TRITTSCHALLFILTER—**

## Metallschichtwiderstände

R301...305,	
310	10k
R306...309	15k

## Kondensatoren

C301...304	470n MKH RM 7,5
C305,310	47 $\mu$
C306...309	680n MKH RM 7,5

## Halbleiter

IC31,32	4558
---------	------

## Sonstiges

2	IC-Sockel DIL 8
---	-----------------

**—INSERT—**

## Metallschichtwiderstände

R401...404,	
406,407,409	10k
R405	47k
R408	2k

## Kondensatoren

C401,403	4,7 $\mu$
C402	47 $\mu$
C404	150p ker. RM 5
C405	220p ker. RM 5
C406	100 $\mu$

## Halbleiter

IC41	4558
------	------

## Sonstiges

1	IC-Sockel DIL 8
---	-----------------

**—Filterblock—**

## Metallschichtwiderstände

R501,502,	
503,553	10k
R504,522	24k
R505,507,	
509,510,511,	
523,525,527,	
528,529,550,	
551	100k
R506,524	33k
R508,526	11k
R512,530,	
552	51k
R513,519,	
532,537	2k2
R514,518,	
531,536	1k2
R515,516,	
520,521,	
533,534,	
538,539	16k
R517,535	5k1
R540,541	15k
R542,547	3k
R543,544	2k
R548,549	1k8

## Kondensatoren (alle RM 7,5 sofern nicht anders angegeben)

C501,504,	
510	4,7 $\mu$
C502,503,	
505,508,509,	
511,514,515,	
520,521,522	2,2n ker. RM 5
C506,507	1n MKH
C512,513	3,3n MKH
C516,525	47 $\mu$
C517	100n MKH
C518	47n MKH
C519	150n MKH
C522	2,2n MKH
C523	820p Styroflex
C524	1,5n MKH

## Potentiometer (Sfernice P11QY/PC 61)

P51,53,55,56	10k lin. mono
P52,54	10k lin. stereo

## Halbleiter

IC51...56	4558
-----------	------

## Sonstiges

6	IC-Sockel DIL 8
---	-----------------

**—Fader-Aufholverstärker—**

## Metallschichtwiderstände

R601	100k
R602	10k
R603	3k
P61	Trimpoti 2,5k PT 10, liegend

## Kondensatoren

C601	330n MKH RM 7,5
C602	22p ker. RM 5
C603	47 $\mu$
C604	10 $\mu$

## Halbleiter

IC61	NE 5534
------	---------

## Sonstiges 1

1	IC-Sockel DIL 8
---	-----------------

**—Monitor—**

R7,8	100k
R9	6k2
C1	47 $\mu$

**—AUX—**

## Metallschichtwiderstände

R701...704	100k
R705...708	10k
R709...712	6k2

## Kondensatoren

C701...704	330n MKH RM7,5
C705...708	47 $\mu$

## Potentiometer (Sfernice P11QY/PC 61)

P71...74	10k log.
----------	----------

**—Panoramaregler—**

## Metallschichtwiderstände

R801,802	7k5
R803	4k3
R804	3k
R807,810	100k
R808,811	5k1
R809,812	3k3
R813,814	10k
R805,806	4M7 (Kohleschicht)
P81	Potentiometer 10k lin. (Sfernice, s.o.)

## Halbleiter

IC81	NE 5532
------	---------

## Sonstiges

1	IC-Sockel DIL 8
---	-----------------

**—Ausgangsverstärker—**

## Metallschichtwiderstände

R901,905,906	10k
R907,909	4k3

## Kohleschichtwiderstände

R902,903,904	27k
R908	180R
R910,911	10R
P91	Trimmer 25k, PT10, liegend

## Kondensatoren

C901,904	4,7 $\mu$
C902	22p ker. RM 5

## Halbleiter

D901,902	1 N 4148
T91	BD 135
T92	BD 136
IC91	NE 5534

## Sonstiges

1	IC-Sockel DIL 8
1	Übertrager L-1130C (Experience electronics)

**—Routing—**

## Metallschichtwiderstände

R10...19	100k
R20...29	6k2

**—Steuerteil—**

## Kohleschichtwiderstände

R01,02,22	180R
R03	1k
R04,05,17,	
21,29	100k
R06...09,	
10...13,16,	
23...27,	
30,31	10k
R14	470R
R15,19	4k7
R18,20	1k5



## Kondensatoren

1 47 $\mu$

## Halbleiter

D1...18	1 N 4148
T1,2,4	BC 549C
T3,5	BC 639
T6	BC 640
T7	BC 559C
AS1,2,4	DG 211 (Analogschalter, Maxim)
IC1,2	4011
11	DIL-Reed-Relais, 1 x UM
13	LEDs, 3 mm (Farben nach Wahl)

## —Siebglieder—

2	Miniaturdrosseln 330 $\mu$ H
2	10R(Kohleschicht)
18	47R(Kohleschicht)
18	100n ker. RM 5
18	10 $\mu$ , RM 2,5

## —PM 501, Verschiedenes—

### Kippschalter (Knitter)

6	MST 106D
5	MST 106B
2	MST 206PA
1	MST 106H

1	Fader 10k log. (Danner Typ 1401-103PA oder vergleichbarer Alps)
12	Tastschalter mit LED (Elma 19-482 mit Kappen)
1	Epoxyd-Platine, doppelseitig durchkontaktiert 430 x 140 mm

### Stecker nach DIN 41612

1	48polig Kontaktreihen a,b,c (Input)
1	64polig Kontaktreihen a,c (Signalbus)
1	32polig Kontaktreihen d,z (Strombus)
2	Stromschienen (Schroff 30925-002 o.ä.)
1	Frontplatte, gebohrt, bedruckt und lackiert
	diverse Montageteile und Drehknöpfe

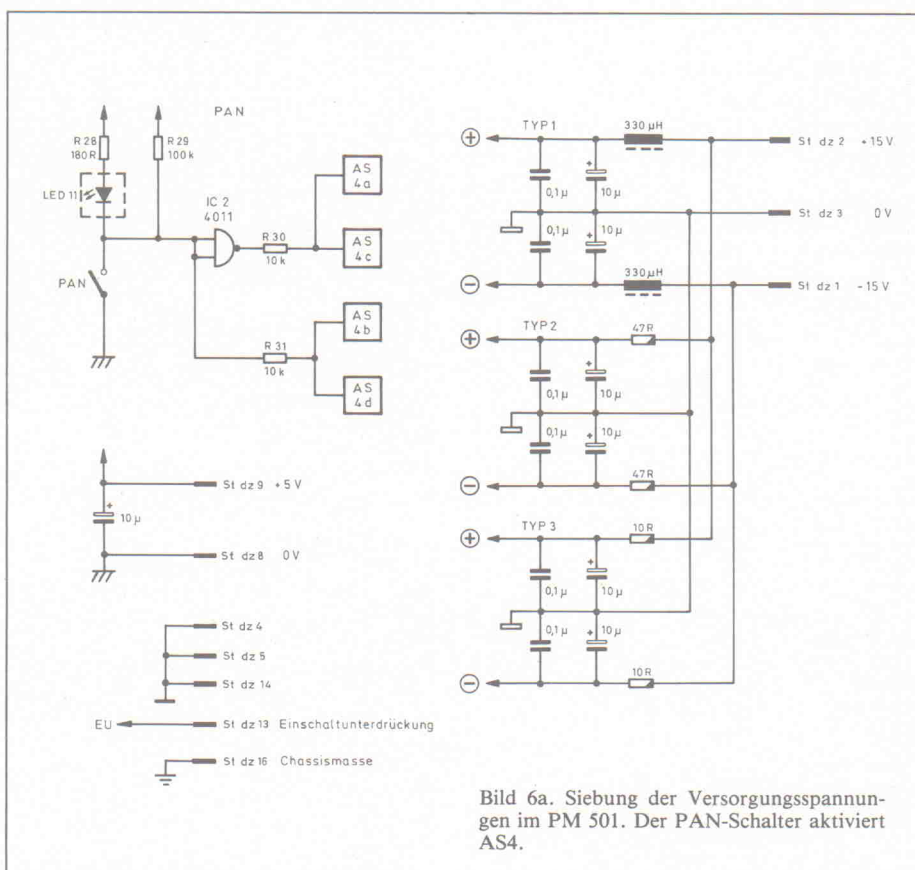
An den AUX-Summen-Ausgängen sind wie bei der Eingangskassette Schalter vorgesehen. Mit ihnen wird das AUX-Signal fest oder per Taster (zum schnellen 'reinhören') auf den Monitorbus geschaltet. Die Summenpegel werden über Potis geregelt und gelangen auf die Ausgangsverstärker, die auf einer gesonderten Platine untergebracht und schaltungstechnisch im Prinzip mit denen auf der Eingangskassette identisch sind. Es gibt lediglich geringe Unterschiede in der Dimensionierung einiger Bauteile aufgrund der unterschiedlichen Verstärkungsanforderungen und Ankopplun-

gen. Auf die Ausgangsverstärker und die dazugehörigen Übertrager wird später noch einmal eingegangen.

Wenn an die AUX-Summen beispielsweise eine Vierspurbandmaschine angeschlossen ist, muß auch die Möglichkeit der Rückmischung vorgesehen sein. Die kann über die vier AUX>Returns geschehen. Im Prinzip gilt hier das gleiche wie für die REMIX-Eingangsschaltung der Eingangskassette. Die AUX-Return-Signale gelangen über vier Potis auf vier Aufhol/Buf-ferverstärker mit nachfolgenden Schaltern, die das Signal auf die MIX-Summe legen. IC91 und IC92 bilden die MIX-Summenverstärker und werden genauso beschaltet wie die AUX-Summen. Auch hier ist eine Monitorauskopplung vorgesehen. P91 ist kein normales Drehpoti, sondern ein Stereo-Fader. Auf diesen folgen die Balance-einsteller mit den ICs 93 und 94, die auch den Aufholverstärker bilden. Mit den Trimmern P93 und P94 können mechanische Arbeitsstellung und elektrischer Pegel von P92 in Übereinstimmung gebracht werden. Über die Kontakte Sc20 und Sc21 gelangt das Stereosignal auf den Signalbus und wird zur nächsten Kassette weitergeleitet.

Die Ausgangsverstärker wurden bereits angesprochen. In Bild 7a ist nur ein Verstärker eingezeichnet. Die Platine PM-502/05 ist für zehn dieser Verstärker ausgelegt und wird mit Abstandshaltern auf dem Modul PM 502 festgeschraubt; die Anschlüsse werden über kurze Drähte hergestellt. Die Ausgänge legt man über abgeschirmte Leitungen direkt auf den Inputstecker. Die Übertrager sind nicht auf den Platinen, sondern im Grundrahmen installiert, denn sie sind erstens zu schwer und würden zweitens zuviel Platinenfläche beanspruchen.

Der Oszillator ist mit zwei NE 5534 aufgebaut. Für einen guten Sinus mit wenig Klirrfaktor ist immer noch die altbewährte Wienbrücke bestens geeignet, sofern man die Amplitude stabilisiert. Dies geschieht mit einer Miniaturglühlampe, die als PTC wirkt. Der Oszillator ist für 1 kHz dimensioniert. Mit dem 5-kOhm-Trimmer wird der Sollpegel eingestellt (0 dBm am Schleifer). Der zweite OP verstärkt das Signal um 6 dB, so daß am Ausgang der Normalpegel von +6 dBm niederohmig anliegt. Hier wird das Signal ausgekoppelt und über einen Stufenschalter auf die verschiedenen Signalbuslei-





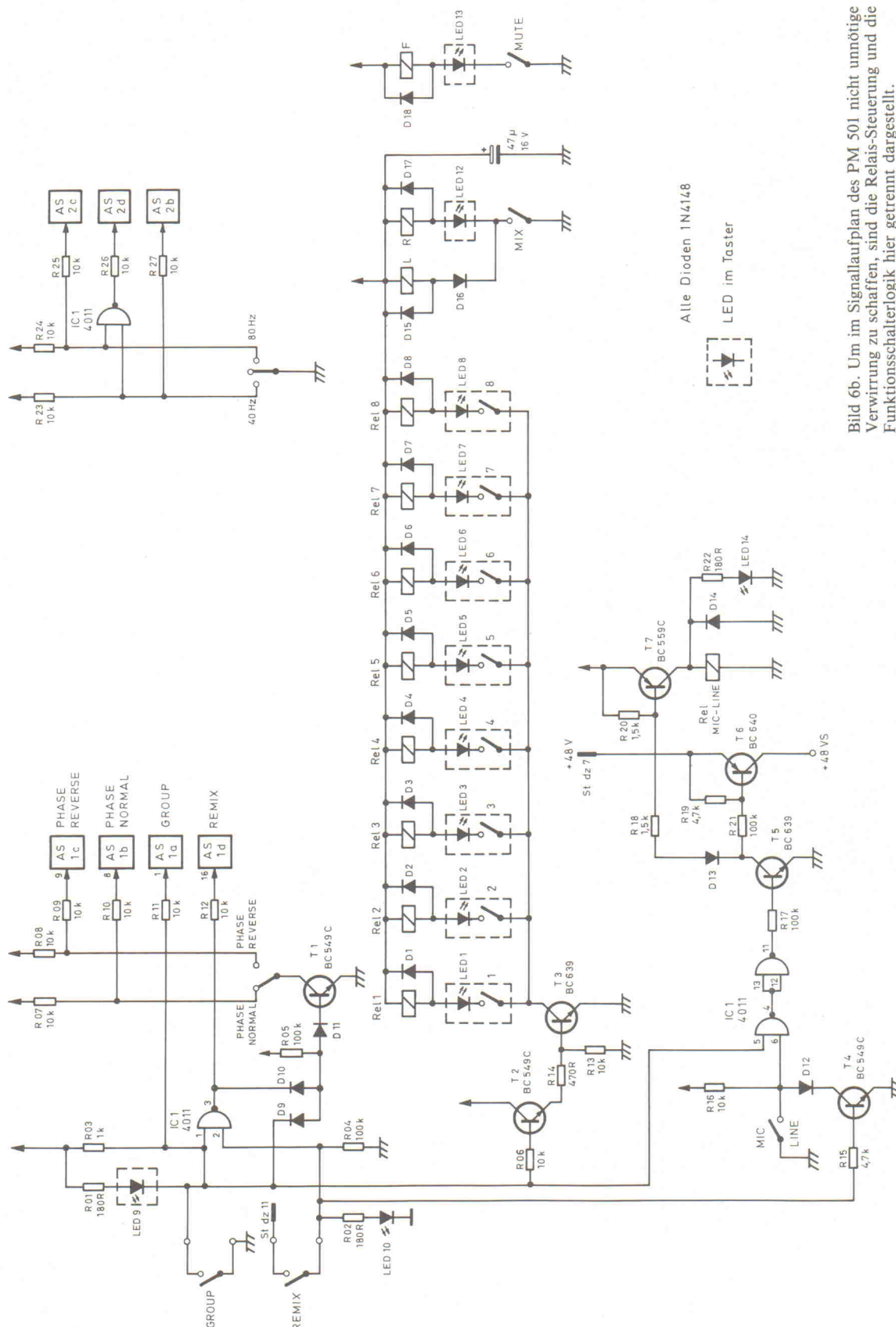


Bild 6b. Um im Signallaufplan des PM 501 nicht unnötige Verwirrung zu schaffen, sind die Relais-Steuerung und die Funktionsschalterlogik hier getrennt dargestellt.



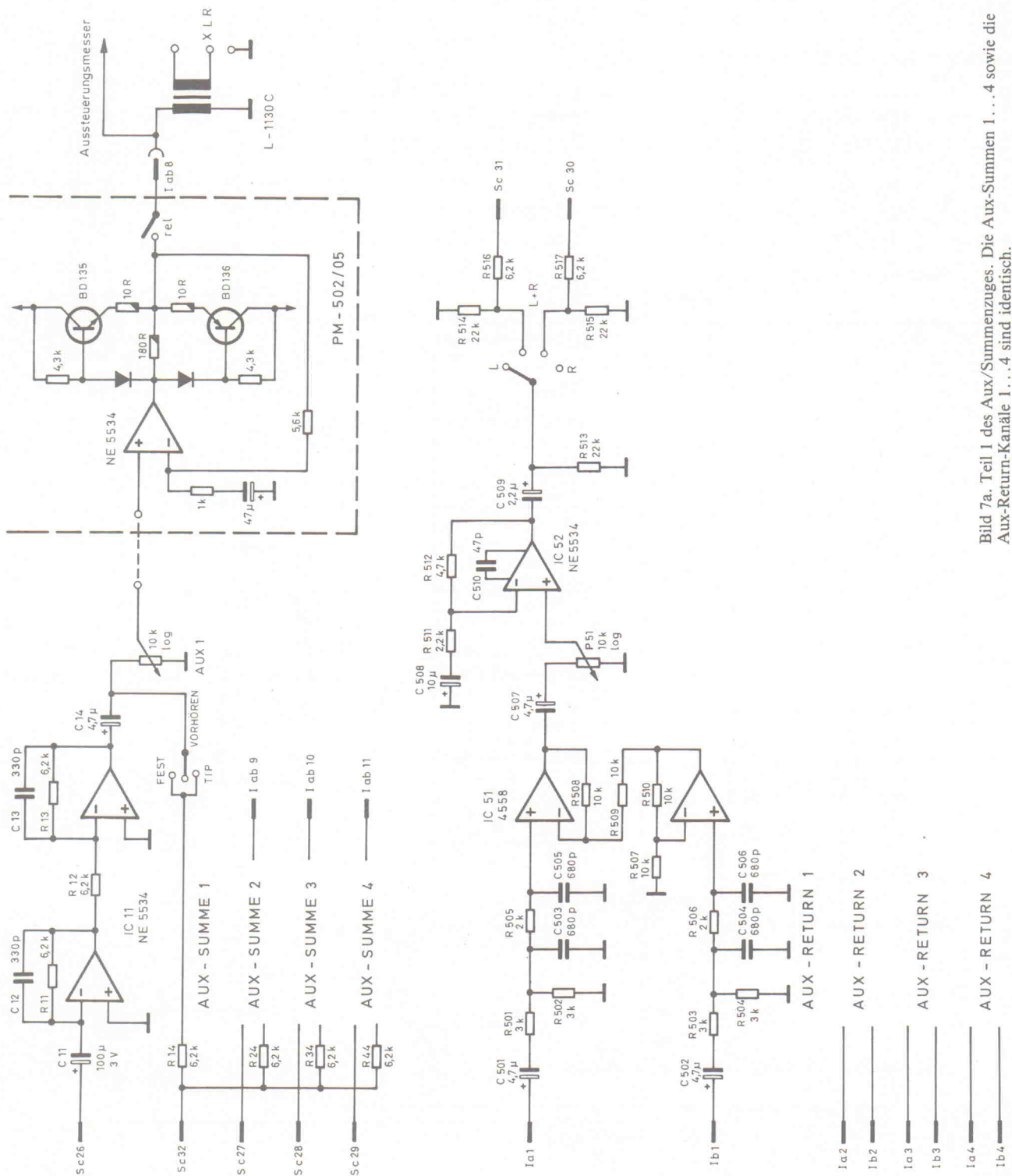


Bild 7a. Teil 1 des Aux-/Summenzuges. Die Aux-Summen 1...4 sowie die Aux-Return-Kanäle 1...4 sind identisch.



tungen gelegt. Hinter dem Ausgangsübertrager liegt das Signal erdfrei symmetrisch auf einem XLR-Stecker. Das Oszillatorsignal wird auch über den Input-Stecker geleitet; der Übertrager sitzt direkt im Grundrahmen.

### Überall Einspruch möglich

In Bild 10a...c ist die Schaltung der Monitorkassette dargestellt. Dazu gehören die Funktionsblöcke Monitor, Talk, Talk Back und Kopfhörer.

Von Sc32 kommen alle Monitorsignale über einen Wahlschalter auf den Summenverstärker IC3. Der Wahlschalter hat drei Stellungen: Monitor, Monitor und Extern-Talk-Back, nur Extern-Talk-Back.

Das Signal gelangt über den Umschalter MONITOR-MIX auf den Puffer IC4 und weiter auf die bereits bekannten Ausgangsverstärker. Hier kann es niederohmig abgenommen und auf den Leistungsverstärker für die Regie-

monitore gegeben werden. Der Tonmeister muß ständig die Möglichkeit haben, sämtliche Audio-Signale im Mischpult auf dem Monitorbus abzuhören oder, wenn der Umschalter in Stellung MIX steht, die fertige Stereoabmischung zu kontrollieren.

Nun bleibt nur noch der Block 'Talk' übrig. Mit 'Talk' hat der Tonmeister die Möglichkeit, mit den Akteuren in akustischen Kontakt zu treten. Am Eingang TALK MIC wird ein Mikrofon angeschlossen, welches auf einem kleinen Schwanenhals an der Kassette befestigt ist. IC6 sorgt für die nötige Verstärkung der Mikrofonspannung. Üblicherweise ist das Mikrofon abgeschaltet, die Taste TALK befindet sich in Ruhestellung.

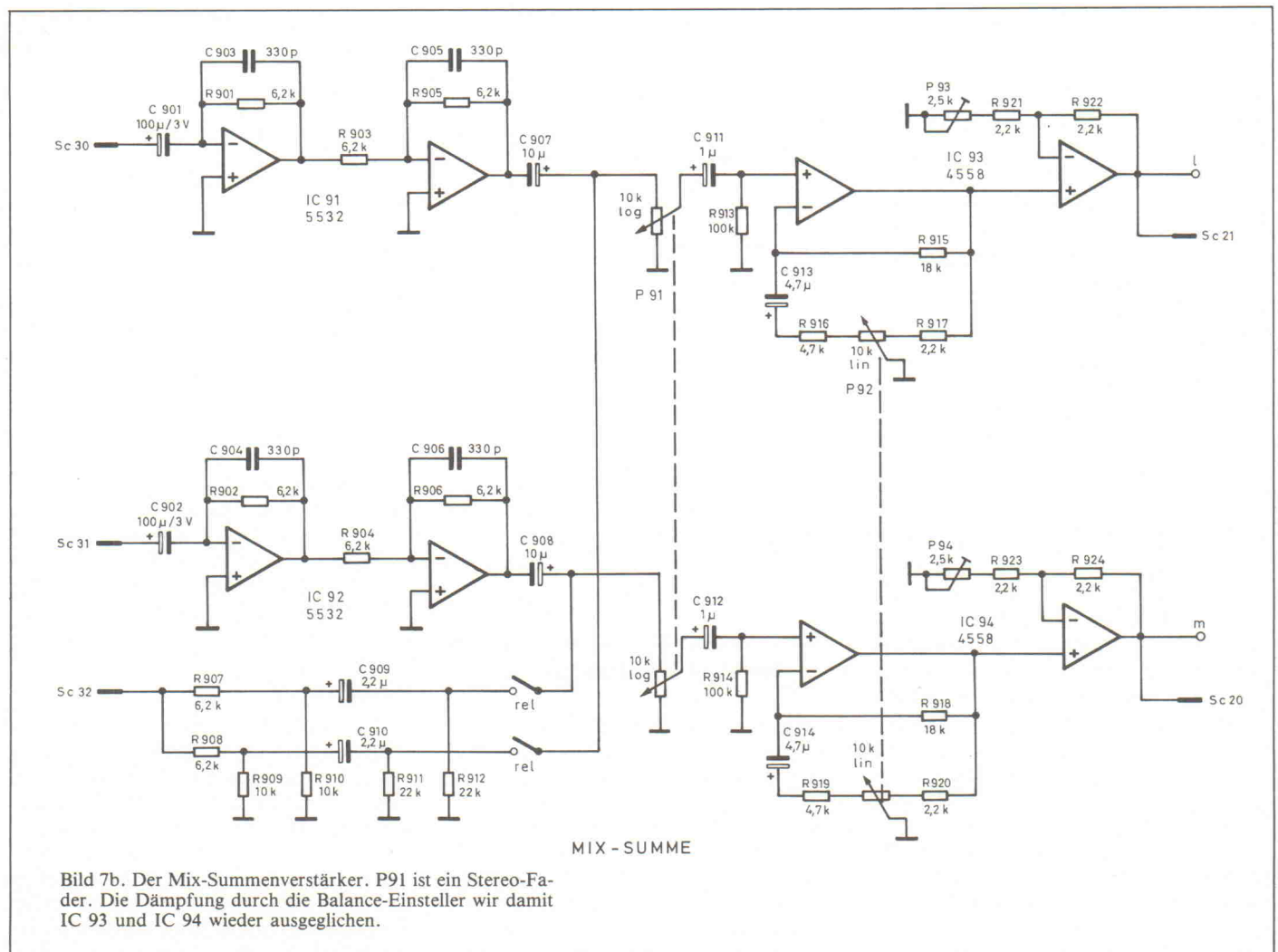
Damit sind T7 und T8 leitend und schließen das Mikrofonsignal gegen Masse kurz. Wird die Taste TALK gedrückt, sperrt T7, und das Signal kann passieren. T10 und T11 werden leitend

und schließen P5 an; damit kann das Monitorsignal je nach Stellung um 6...40 dB gedämpft werden. Dies ist unbedingt erforderlich, da die Abhörlautsprecher normalerweise eingeschaltet sind. Wenn nun das Talk-Mikrofon ebenfalls eingeschaltet wird, gäbe es ohne Dämpfung des Monitorsignals eine akustische Rückkopplung.

Mit 'Talk' kann der Tonmeister auch noch auf die Summen 1...8, MIX und die vier AUX-Summen sprechen und sich damit in alle wichtigen Signalwege einschalten. Es bleibt noch zu erwähnen, daß die beiden Potis für Talk einen masseseitigen Begrenzungswiderstand haben, da es hier keinen Sinn macht, das Signal völlig auf Null stellen zu können.

### Wieviel darf's denn sein?

Welche Möglichkeiten in dem Mischpultsystem stecken, wird erst richtig deutlich, wenn man alle Signallauf-



# Mischpult

möglichkeiten komplett zusammengestellt betrachtet. Zum vollständigen Verständnis sollte auch das Blockschaltbild der Eingangs/Summenkassette (Bild 1) herangezogen werden. Vorab noch eine Bemerkung zum 'who is who' der Anlage: Die Kassetten tragen die Bezeichnungen PM 501 für die Eingangs/Summenkassette, PM 502 für die AUX- und MIX-Summen-Kassette und PM 503 für die Monitoring-Kassette; das Gesamtsystem heißt PM 500.

In Bild 19 sind alle Signalwege zusammengestellt, die mit den beiden Kassetten PM 502 und PM 503 möglich sind, wenn das Pult mit je einer Kassette PM 502, PM 503 sowie acht PM 501 (als Summen) bestückt ist. Eingangskassetten (ebenfalls PM 501, aber nicht als Summen) können in beliebiger Anzahl eingesetzt werden (max. 32). Am besten ist es, wenn man mit dem fertig aufgebauten Pult 'spielt' und sich dabei die externen Signallaufmöglichkeiten vor Augen führt. Es ist ja keineswegs so, daß nur am Eingang des Pultes Mikrofone oder sonstige Tonquellen und am Ausgang Boxen oder eine Bandmaschine angeschlossen werden können. Es gibt eine ganze Reihe von Rückwegen, die weitere Signalverkopplungen möglich machen.

Damit ein vernünftiges Arbeiten mit dem Mischpult möglich wird, ist eine bestimmte Grundausstattung nötig. Nicht jeder wird gleich fünfstellige Summen investieren können, um sein Traumpult zu realisieren. In der Grundausstattung ist je eine Kassette PM 502 und PM 503 nötig. Dann benötigt man noch sechs Kassetten PM 501, wovon zwei als Summen- und vier als Eingangskassetten verwendet werden. Damit ist schon ein komfortabler und vielseitiger Betrieb in Verbindung mit einer Vierspurbandmaschine möglich. Für den weiteren Ausbau sollten sowohl Netzteil als auch Grundrahmen etwas großzügiger dimensioniert werden. In der Grundausstattung sind acht Steckplätze notwendig, zwölf bis sechzehn davon sollten für einen späteren Ausbau vorgesehen sein. Dies kostet am Anfang etwas mehr, dafür wird die Nachrüstung relativ preiswert. Die Kassetten PM 502 und PM 503 können außerdem jederzeit nach persönlichen Wünschen umgestaltet werden, die hier vorgestellten Varianten sind gut ausgestattete Versionen, die jedoch auch abgemagert oder aufgerüstet werden können.

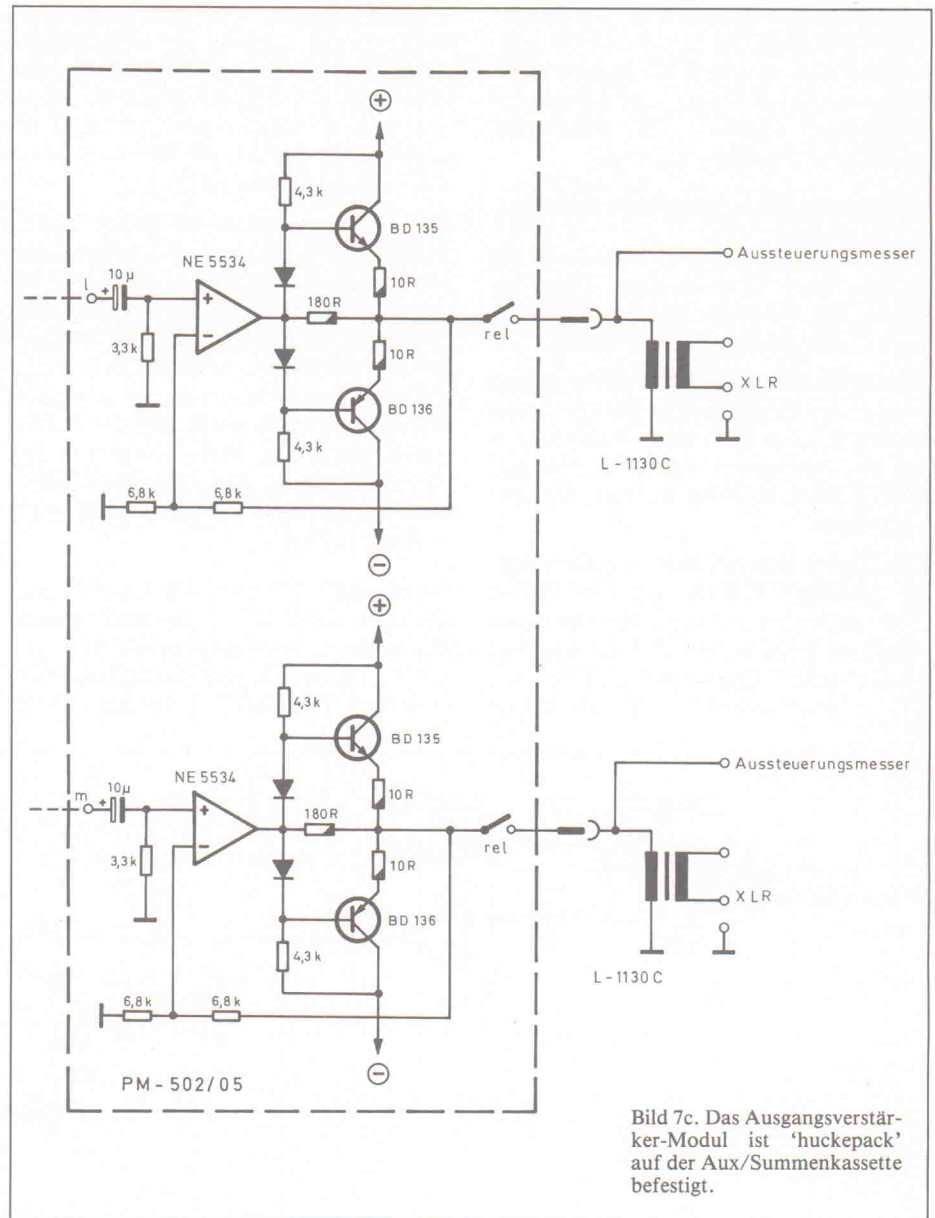


Bild 7c. Das Ausgangsverstärker-Modul ist 'huckepack' auf der Aux/Summenkassette befestigt.

Wenn man fertige Frontplatten kauft, wie sie zu diesem Mischpultsystem angeboten werden, dürften kaum Probleme bei der mechanischen Bearbeitung auftreten.

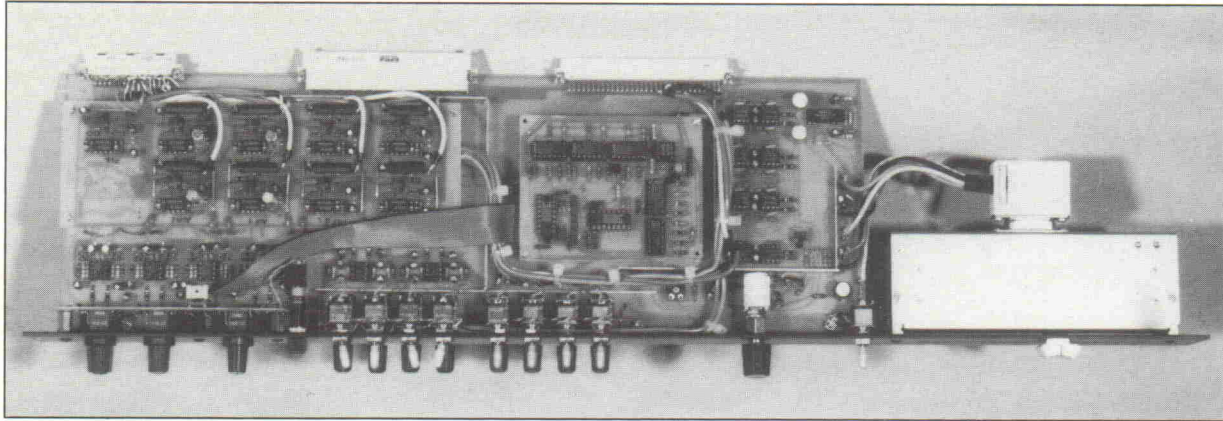
## Zusammenbau von Kassetten und Grundrahmen

Einige Potis sind direkt auf die Platine gelötet, die Schalter und die restlichen Potis werden mit kurzen Litzen verdrahtet. Durch die Frontplattenbeschriftung und den Bestückungsplan zusammen mit dem Schaltplan kann jeder Kassettentyp leicht zusammengebaut werden. Die Bilder 4/5, 8/9 und 11/12 zeigen, wie die einzelnen Kassetten aufgebaut sind. Der Eingangs-

schalter für die Empfindlichkeitsumschaltung in der Kassette PM 501 verdient besondere Aufmerksamkeit. Hier werden einige Widerstände (wie aus dem Schaltplan in Bild 2 ersichtlich) direkt am Schalter angelötet. Dadurch benötigt man nur vier Litzen zur Verdrahtung des Schalters mit der Grundplatine.

Auf den Platinen sind kräftige Stromschienen für die Signalmassen eingesetzt, wie sie auch für Stromzuführungen auf Computerplatinen verwendet werden. Dies scheint zunächst so, als ob mit Kanonen auf Spatzen geschossen würde, denn im Mischpult fließen auf der Signalmasse praktisch keine Ströme. Warum es jedoch dringend erforderlich ist, hier Stromschienen mit





derartigen Querschnitten einzusetzen, sei kurz anhand von Bild 15 erläutert. Hier sind exemplarisch nur Mikrofon- und Ausgangsverstärker dargestellt. Über die gemeinsame Signalmasseleitung fallen an den Widerständen  $R_{M1}$  und  $R_{M2}$  die Spannungen  $U_{M1}$  und  $U_{M2}$  ab. Nehmen wir an, der Nullpunkt liegt am kalten Ende von  $R_L$ , so addieren sich die Spannungen  $U_{M1}$  und  $U_{M2}$  zu  $V_E$ . Vor allem  $U_{M2}$  dürfte groß sein, da der Ausgangsverstärker unter Last und Vollaussteuerung einiges an Strom zieht. Diese (eigentlich ja sehr kleinen) Spannungsabfälle auf der Signalmasse werden durch den Mikrofonverstärker und den Ausgangsverstärker im ungünstigsten Fall um 76 dB verstärkt, d.h., bereits  $10\mu V$  auf der Masse können mit über 60 mV am Ausgang erscheinen! Schwingneigung, drastische Verschlechterung von Geräuschspannung, Ausschalt- und Übersprechdämpfung sowie Brummen sind die Folge.

Der Grundrahmen nimmt alle Kassetten auf und enthält die gesamte Verdrahtung. Für den Strombus nimmt man Federleisten in Wire-Wrap-Ausführung. Auf die Wrap-Stifte können

passende, handelsübliche Stromschienen aufgesteckt und verlötet werden. Der Signalbus ist mit Flachbandleitung verdrahtet. Hier kommen Anpreßfelderleisten zur Anwendung; die Leitungen liegen so, daß zwischen den einzelnen Signalleitungen jeweils eine Signalmasse liegt, was die Übersprechdämpfung erheblich verbessert.

Vom Input-Stecker werden abgeschirmte Leitungen an das Anschlußfeld auf die Rückseite des Mischpults geführt. An den Eingangssteckern für die Mikrofone sind HF-Filter angebracht (Bild 3), so daß mit Sicherheit keine hochfrequenten Störungen in das Pult einstreuen können. Die wenigen Teile lötet man direkt an die Steckstifte, nur so läßt sich eine optimale Wirkung erzielen.

Der Grundrahmen des Pultes besteht nur aus wenigen Elementen. Es werden je ein linkes und ein rechtes Seitenteil (fertig gebohrt) benötigt. Dazwischen sind mehrere Profilschienen angebracht, die aus der 19-Zoll-Technik stammen und als Meterware erhältlich sind. Je nach Länge dieser Profile kann das Mischpult in jeder beliebigen

Bild 8. Der Aux/Summenzug in der Seiten...

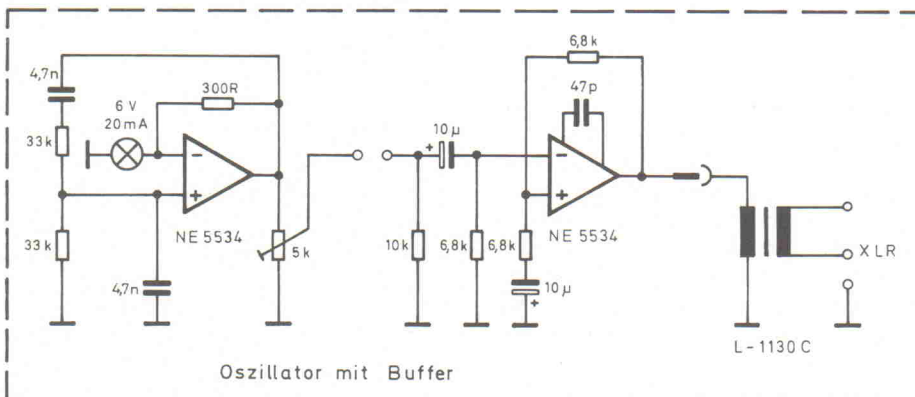


Bild 7d. Einfacher 1-kHz-Prüfoszillator für das PM 500 mit einem Ausgangspegel von +6 dBm.

Remix



... und in der Frontansicht. Bild 9.



## Stückliste

### —PM 502—

#### Metallschichtwiderstände

R11...14,	
21...24,	
31...34,	
41...44,	
516,517,	
901...908	6k2
R501...504	3k
R505,506	2k
R507...510,	
909,910	10k
R511,917,	
920...924	2k2
R512,916,	
919	4k7
R513,514,	
515,911,912	22k
R913,914	100k
R915,918	18k
Trimmer	
P93,94	2k5, PT 10, liegend

Potentiometer (Sfernice P11QY/PC61)	
P11,21,31,	
41,51	10k log. mono
P91	10k log. stereo
P92	10k lin. stereo

Kondensatoren	
C11,901,902	100µ
C12,13,903,	
904,905,906	330p ker. RM 5
C14,501,502,	
507,913,914	4,7µ
C503...506	680p ker. RM 5
C508,907,908	10µ
C509,909,910	2,2µ
C510	47p ker. RM 5
C911,912	1µ

Halbleiter	
IC11,21,31,	
41,91,92	NE 5532
IC51,93,94	4558

Sonstiges	
10	IC-Sockel DIL 8
1	Stecker nach DIN
	41612 48polig a,b,c

1	dto. 64polig a,c
1	dto.32polig d,z
1	Platine Epoxyd, einseitig Cu
1	Frontplatte gebohrt, lackiert und bedruckt
5	Kippschalter Typ MST 106H (Knitter)
1	dto. Typ MST 206PA
1	Taster 1 x EIN mit LED
1	Reed-Relais 2 x EIN
1	Diode 1 N 4148
1	220R
1	47µ/16 V
	diverse Drehknöpfe und Montagematerial

### —Ausgangsverstärker (1 Kanal)—

Kohleschichtwiderstände	
4	10R
1	180R
Metallschichtwiderstände	
1	1k
2	4k3
1	5k6

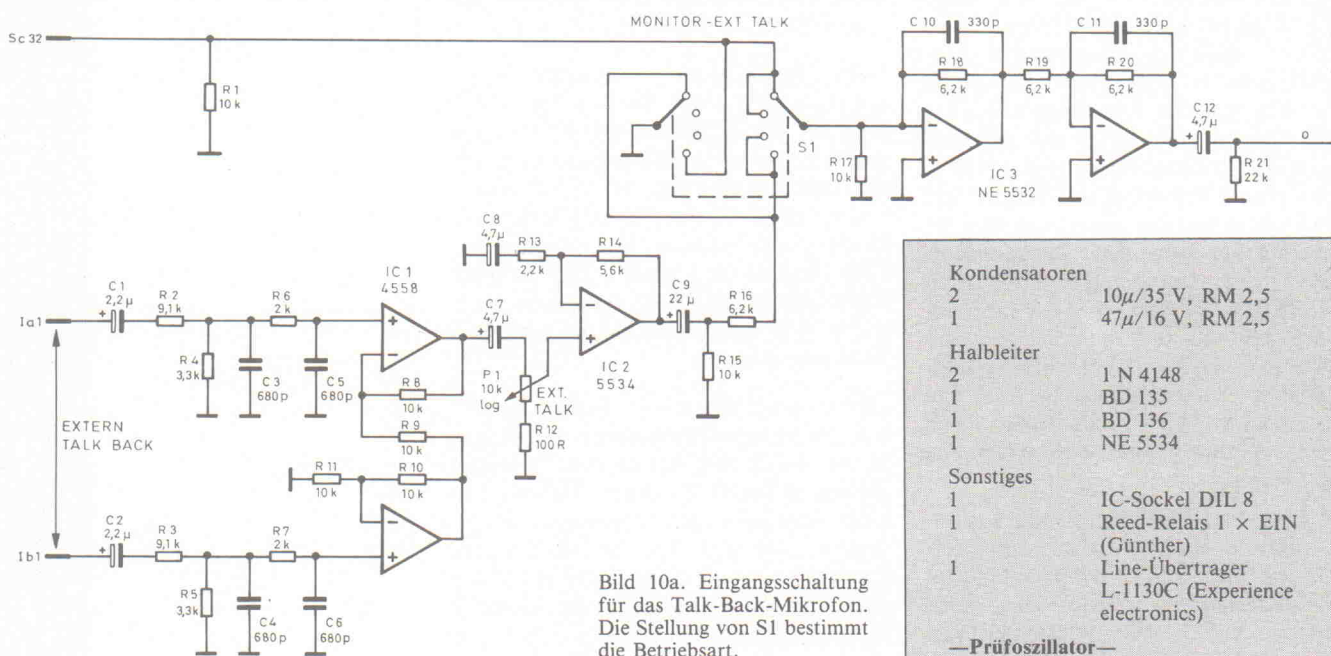


Bild 10a. Eingangsschaltung für das Talk-Back-Mikrofon. Die Stellung von S1 bestimmt die Betriebsart.

Ausbaustufe hergestellt werden. Den Mechaniksätzen für das Mischpult liegen Montageanleitungen bei, die gesamte Beschreibung wäre zu umfangreich für diesen Artikel.

Der Aussteuerungsmesser wurde im Laufe der Beschreibung immer wieder erwähnt, jetzt wird es Zeit, sich diesem wichtigen Mischpultteil zuzuwenden.

## Von trägen Zeigern und schnellen Ketten

Zu einem guten Mischpult gehören

auch mehrere Aussteuerungsmesser. Hier gibt es im wesentlichen drei gebräuchliche Systeme, denen heute Bedeutung zukommt: Das erste System ist das älteste, nämlich das VU-Meter. Es ist relativ preiswert und genügt für einfache Anwendungen. Für gehobene Ansprüche hat es einige systemeigene Nachteile. Das Zeigersystem hat prinzipbedingt eine gewisse Trägheit, so daß schnelle Aussteuerungsspitzen nicht erkannt werden können. Dies kann vor allem bei Bandaufnahmen zu unliebsamen Verzerrungen führen. Außerdem ist die Anzeigegenauigkeit

Kondensatoren	
2	10µ/35 V, RM 2,5
1	47µ/16 V, RM 2,5
Halbleiter	
2	1 N 4148
1	BD 135
1	BD 136
1	NE 5534

Sonstiges	
1	IC-Sockel DIL 8
1	Reed-Relais 1 x EIN (Günther)
1	Line-Übertrager L-1130C (Experience electronics)

### —Prüfoszillator—

Metallschichtwiderstände	
1	300R
3	6k8
1	10k
2	33k
Kondensatoren	
1	47p
2	4,7n
2	10µ/16 V, RM 2,5
Halbleiter	
2	NE 5534
Sonstiges	
1	Miniaturglühlampe 6 V/20 mA
1	Trimmer PT 10, 5k
2	IC-Sockel DIL 8
1	Line-Übertrager (Experience electronics)



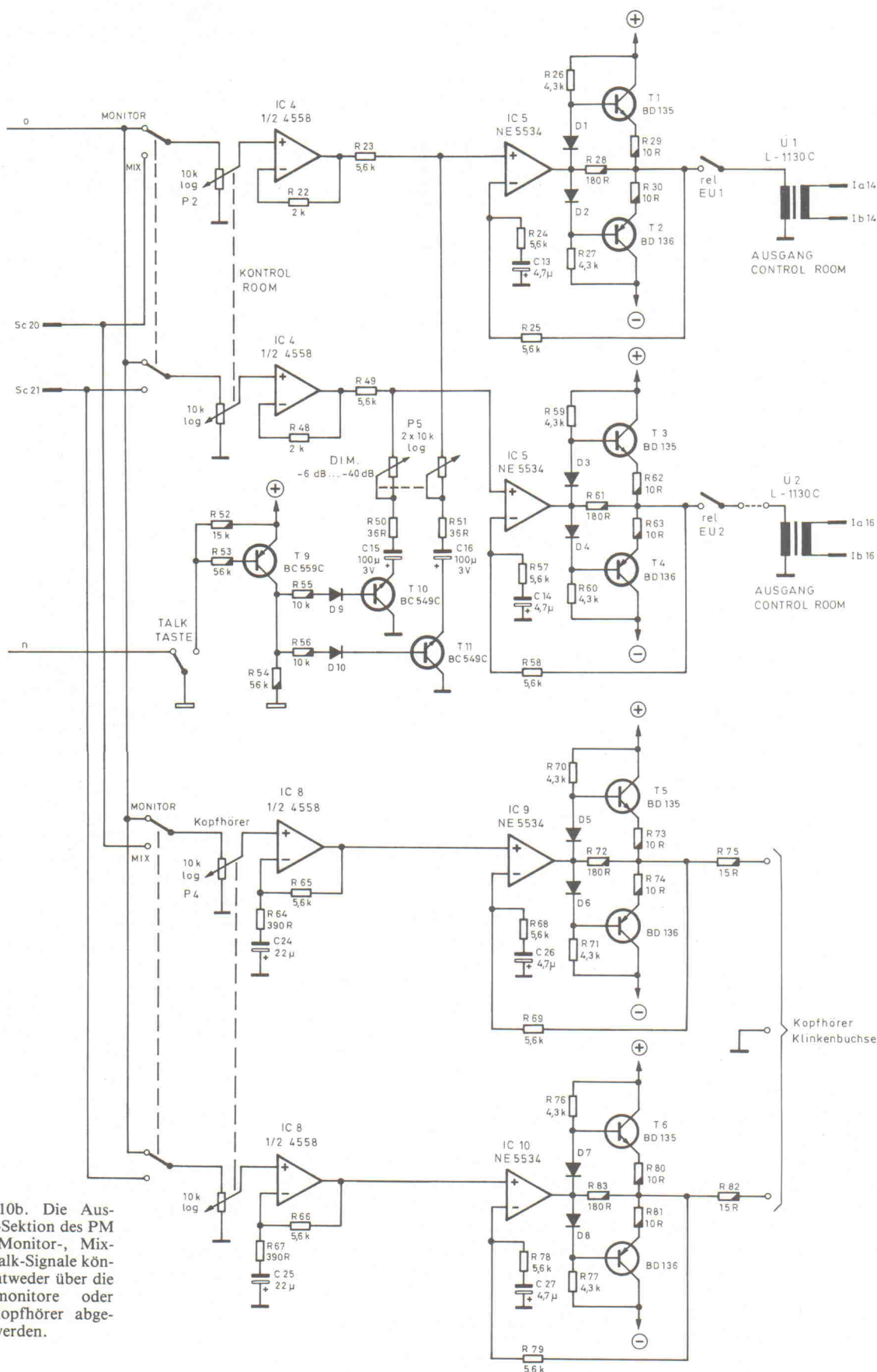


Bild 10b. Die Ausgangs-Sektion des PM 500. Monitor-, Mix- und Talk-Signale können entweder über die Regiemonitore oder per Kopfhörer abgehört werden.

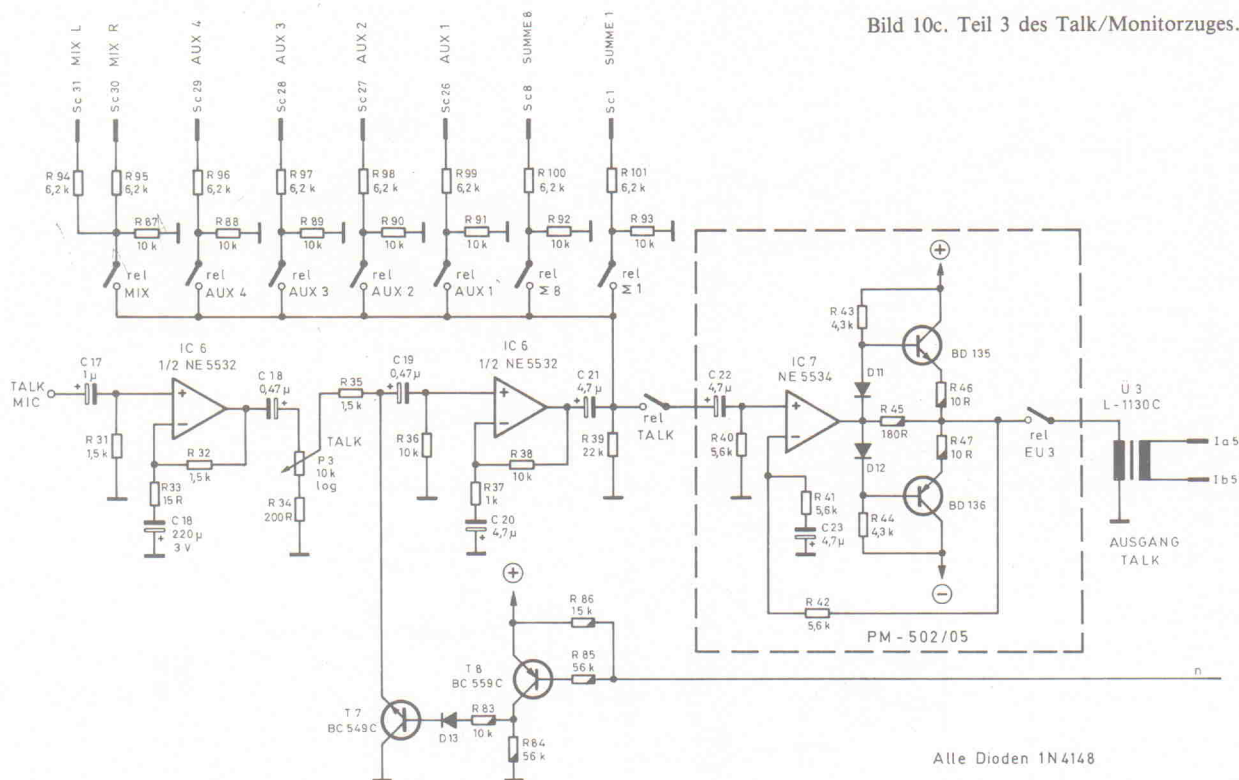


Bild 10c. Teil 3 des Talk/Monitorzuges.

vom Instrument selbst abhängig. Große Instrumente sind besser, aber auch teurer und bereiten gewisse Schwierigkeiten beim Einbau, vor allem, wenn sie in großer Anzahl benötigt werden. Als letzter Nachteil ist noch die geringe Auflösung zu erwähnen. Kleine Instrumente haben nur einen Anzeigebereich von knapp über 20 dB, größere schaffen es bis etwas über 30 dB. Der einzige Vorteil der VU-Meter ist vor allem der bei kleinen Ausführungen relativ niedrige Preis.

Als zweites System sind die Bargraph-Anzeigen bekannt. Sie werden bevorzugt im professionellen Studiobereich eingesetzt und bieten eine hohe Auflösung und Genauigkeit. Das Anzeigeinstrument selbst ist im Prinzip eine lange Kette von kleinen Glühlampen in einem gemeinsamen Glaskolben. Es sind etwa drei Glühmstrecken pro Millimeter angebracht, die der Reihe nach angesteuert werden. Dies geschieht so schnell, daß für das Auge ein kontinuierlich leuchtendes Band entsteht. Im Übersteuerungsbereich werden die einzelnen Glühmstrecken nur mit etwa einem Drittel der normalen Geschwindigkeit angesteuert, so daß sie dreimal länger leuchten als die übrigen. Dies geschieht aber auch noch so schnell,

daß das Auge kein Flackern wahrnimmt, aber über 0 dB den Aussteuerungsmesser wesentlich heller empfindet.

Die Bargraph-Anzeige ist eigentlich der ideale Aussteuerungsmesser, denn sie arbeitet trägeheitslos und kann jedem Anwendungsfall angepaßt werden. Außerdem sind Anzeigeröhren in verschiedenen Bauformen erhältlich, mit denen Aussteuerungsbereiche von gut 50 dB angezeigt werden können. Der Bargraph-Aussteuerungsmesser hat leider zwei Nachteile: Die Ansteuerung der einzelnen Segmente ist etwas aufwendig; es muß mit etwa 200 V Betriebsspannung gearbeitet werden. Der zweite Nachteil wiegt schwerer: Bargraphs kosten je nach Ausstattung des Aussteuerungsmessers zwischen 500 und 1500 D-Mark. Dies spielt im professionellen Studiobereich eine untergeordnete Rolle, ist aber für ein Heimstudio zu teuer. Nur wer im Heimbereich auch professionell arbeiten will, wird sich dieses sehr guten Aussteuerungsmessers bedienen.

## Ohrgerichtetes Leuchten

Das dritte System ist für Heimstudios bei weitem geeigneter, die Nachbausi-

cherheit ist groß, und die Anzeige ist wie beim Bargraph ebenfalls trägeheitslos. Es handelt sich dabei um LED-Ketten.

In Bild 13 ist der Schaltplan eines solchen Aussteuerungsmessers dargestellt. Hier kommen die ICs U 257 B und U 267 B zur Anwendung. Sie sind preiswert erhältlich und beinhalten bei geringer äußerer Beschaltung alles, was zum Aufbau eines Aussteuerungsmessers notwendig ist. Bei der ganzen Betrachtung wurde bisher ein sehr wichtiger Punkt nicht erwähnt, der aber für brauchbare Aussteuerungsmesser entscheidend ist: Alle die Lautstärke beeinflussenden Potis haben logarithmische Kennlinien; das Ohr hat ebenfalls einen logarithmischen Empfindlichkeitsverlauf. Damit die Ohrkurve auch vom Aussteuerungsmesser berücksichtigt wird, muß dieser ebenfalls logarithmisches Verhalten zeigen. Die beiden oben genannten ICs enthalten bereits die Logarithmierung. Außerdem sind alle Treiber zur Ansteuerung der LEDs in den ICs, die pro LED 20 mA Strom liefern. Es wird lediglich eine Signalgleichrichtung benötigt.

Das Signal wird durch den OP ver-



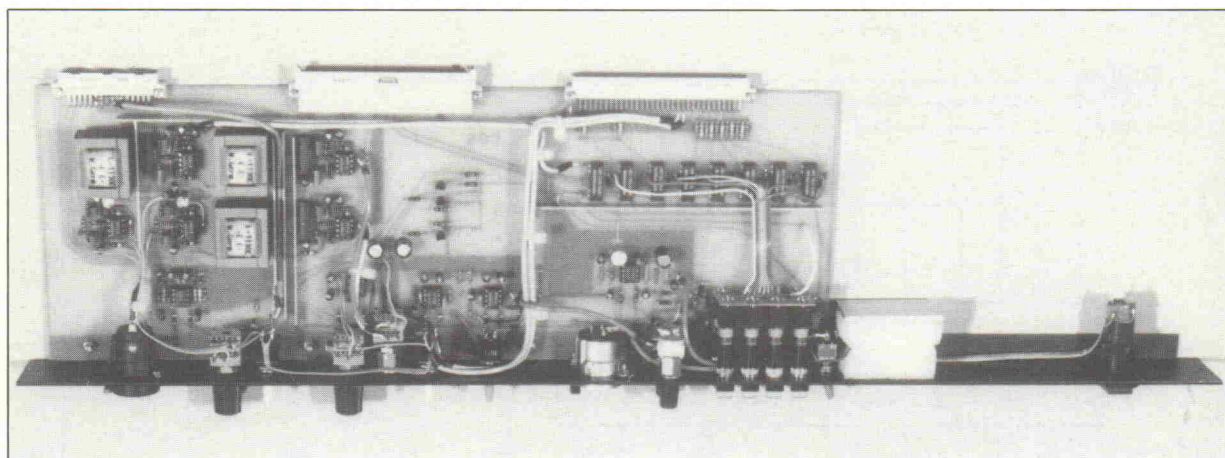


Bild 11. Die bestückte Talk/Monitorkassette.

## Stückliste

### —PM 503

#### Metallschichtwiderstände

R1,8,9,10,11, 15,36,38,55, 56,83,87...93	10k
R2,3	9k1
R4,5	3k3
R6,7,22,48	2k
R12	100R
R13	2k2
R14,23,24, 25,40,41,42, 49,57,58,65, 66,68,69, 78,79	5k6
R16,18,19, 20,94...101	6k2
R21,39	22k
R26,27,43, 44,59,60,70, 71,76,77	4k3
R31,32,35	1k5
R33	15R
R34	200R
R37	1kR
R50,51	36R
R52,86	15k
R53,54,84,85	56k
R64,67	390R

#### Kohleschichtwiderstände

R28,45,61, 72,83	180R
R29,30,46, 47,62,63, 74,80,81	10R
R75,82	15R

#### Potentiometer (Sfernice P11QY/PC61)

P1...4	10k log. mono
P5	10k log. stereo

#### Kondensatoren

C1,2	2,2 $\mu$
C3...6	680p ker. RM 5
C7,8,12,13, 14,20...23, 26,27	4,7 $\mu$
C9,24,25	22 $\mu$
C10,11	330p ker. RM 5
C15,16	100 $\mu$
C17	1 $\mu$
C18	220 $\mu$
C19,28	0,47 $\mu$

#### Halbleiter

T1,3,5,6,9	BD 135
T2,4,6,8,10	BD 136
T7,10,11	BC 549C
T8,9	BC 559C
D1...20	1 N 4148
IC1,4,8	4558
IC2,7	NE 5534
IC3,5,6	NE 5532

#### Sonstiges

10	10R (Kohleschicht)
6	47R (Kohleschicht)
16	10 $\mu$ /16 V RM 2,5
8	IC-Sockel DIL 8
8	Reed-Relais 1 $\times$ EIN
7	Tastschalter mit LEDs (Elma 19-481)
1	Taster mit LED
3	Line-Übertrager L-1130C (Experience electronics)
1	Frontplatte, bedruckt, gebohrt und lackiert
1	Platine, Epoxyd einseitig

Steckverbinder wie bei PM 501 und 502  
diverse Montageteile und Drehknöpfe

Bild 12. Wie für die anderen Frontplatten gilt auch für diese: Man sollte sie fertig gebohrt und bedruckt kaufen, um eine ansprechende Pultoptik zu erzielen. Auch das Auge 'hört' mit.

stärkt; die Verstärkung kann mit dem Trimpoti abgeglichen werden, so daß eine Eichung des 0-dB-Punktes möglich ist. Über die Diode wird der nachfolgende 0,68- $\mu$ F-Kondensator so schnell aufgeladen, daß auch kurze Signalspitzen zur Anzeige kommen. Die Entladezeitkonstante wird durch diesen Kondensator und die beiden

51-kOhm-Widerstände bestimmt. Sie ist so bemessen, daß der Spitzenwert für kurze Zeit gehalten wird, damit das Auge in der Lage ist, diesen optisch über die LEDs wahrzunehmen.

Zu den ICs ist noch folgendes zu sagen: Die 0-dB-LED leuchtet zusammen mit allen LEDs ab -20 dB auf, wenn an

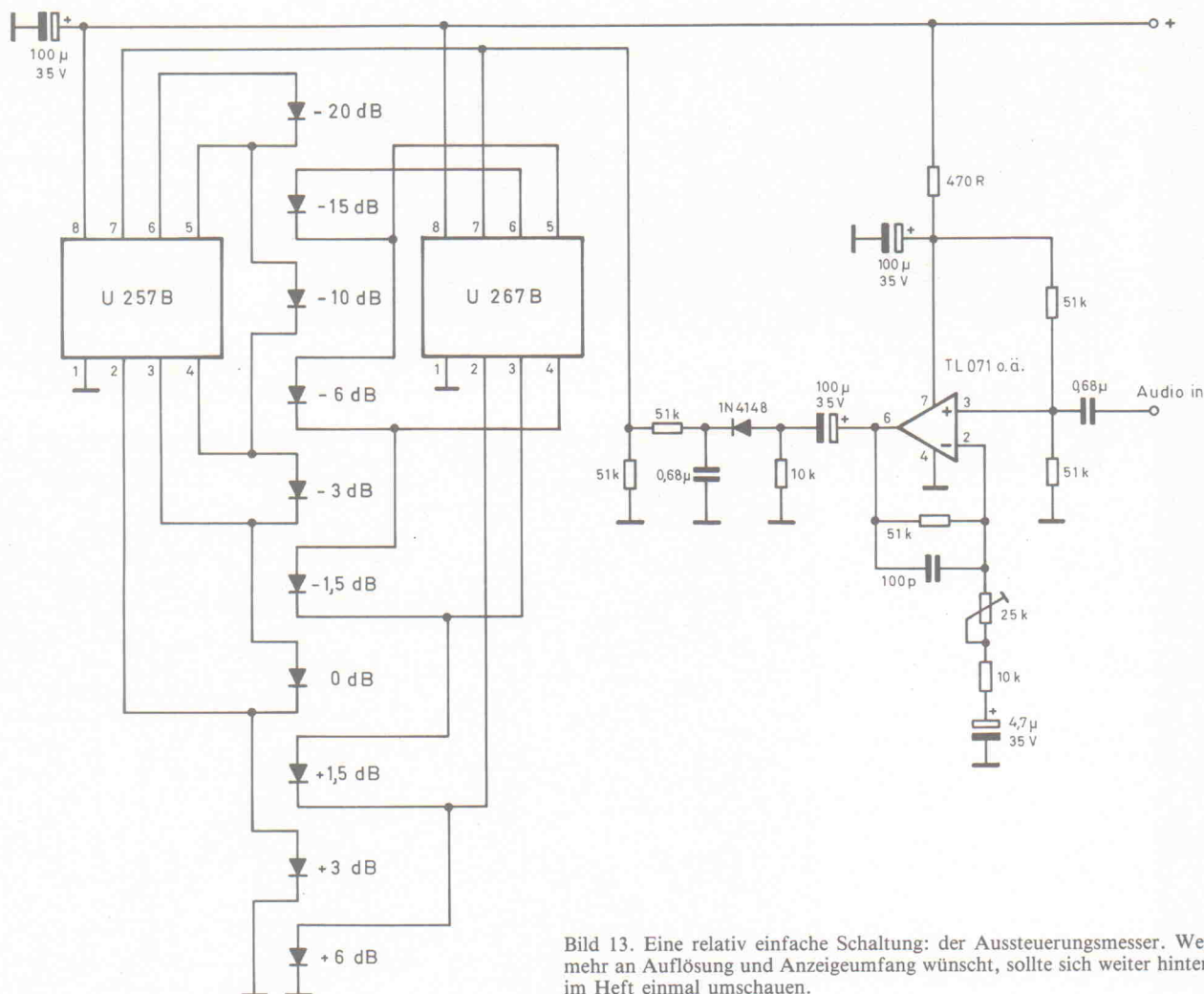


Bild 13. Eine relativ einfache Schaltung: der Aussteuerungsmesser. Wer mehr an Auflösung und Anzeigeumfang wünscht, sollte sich weiter hinten im Heft einmal umschaun.

den Pins 7 der Pegel 1 V = 0 dBV anliegt. Mit dem vor den Gleichrichter geschalteten OpAmp kann die Empfindlichkeit so gesteigert werden, daß schon bei 0 dBm = 775 mV die 0-dB-LED aufleuchtet. Durch einen vorgeschalteten Teiler kann die Anzeige auch auf den Normpegel von +6 dBm gebracht werden. Prinzipiell ist der Bereich durch Kaskadierung mit einem weiteren Anzeige-IC auf -40 dB erweiterbar.

Die in Bild 13 gezeigte Schaltung ist relativ einfach aufzubauen; der Stromverbrauch beträgt etwa 60 mA, die Betriebsspannung kann zwischen 15 V und 25 V liegen. Der Bauteileaufwand liegt bei etwa 15 bis 20 D-Mark pro Schaltung (ohne Platine). Damit ist dieser Aussteuerungsmesser relativ preiswert, vor allem weil die Logarithmierung bereits in den ICs enthalten ist.

Es können beliebige LEDs verwendet werden; die beiden Ansteuer-ICs sind für alle Typen geeignet, die bei 20 mA genügend Helligkeit produzieren.

Für gute Ergebnisse sollten Aussteuerungsmesser möglichst in allen Summenkanälen eingesetzt werden. Das Mischpult ist so ausgelegt, daß an jeder Kassette geeignete Punkte zur Ankopplung der Aussteuerungsmesser vorhanden sind. Auch die AUX-Wege können damit überwacht werden.

## Trafo über Bord!

Gute Mischpulte haben grundsätzlich ein externes Netzteil. Wer die übliche Bauweise gewohnt ist, in der Netztrafo und Netzteil gleich mit eingebaut sind, wird sich darüber wundern. Aber eine kleine Rechnung macht deutlich, welchen Vorteil es hat, wenn Leitungen mit Netzwechselspannung und der

Netztrafo möglichst weit weg von der Mischpult-Elektronik stehen.

Wie in der Schaltungsbesprechung der Eingangs/Summenkassette bereits erwähnt, kann die Maximalverstärkung des PM 500 auf gut 70 dB gebracht werden. Dies kann bei Aufnahmen mit dynamischen Mikrofonen, die zudem aus aufnahmetechnischen Gründen noch einen gewissen Mindestabstand von der Schallquelle haben müssen, durchaus nötig sein. 70 dB Verstärkung heißt rund 3200fache Signalanhebung. Streut nun der Netztrafo oder eine Netzwechselspannung führende Leitung auf den Eingangsverstärker nur mit ca. 1 µV ein, so bedeutet das bereits ein Brummsignal von 3,2 mV am Mischpultausgang. Ist noch der Baßregler um 12 dB bei 50 Hz aufgedreht, ergibt sich die vierfache Brummspannung, nämlich 12,8 mV. Dies mag immer noch sehr wenig er-



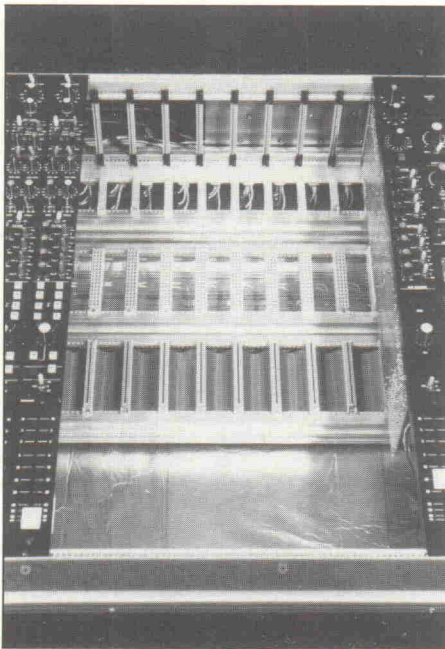


Bild 14. Als zusätzliche Abschirmungsmaßnahme ist die Bodenplatte mit Alufolie ausgekleidet.

scheinen, aber wenn man bedenkt, daß eine dem Mischpult nachgeschaltete Endstufe nochmals etwa 30fach verstärkt, so können nach diesem Beispiel 96 mV bzw. (mit Baßanhebung) 384 mV am Lautsprecher stehen. 384 mV Brummspannung erzeugen an einem 4- $\Omega$ -Lautsprecher eine Leistung von rund 37 mW. Wenn man weiterhin berücksichtigt, daß 50 mW als Zimmerlautstärke gelten, wird dieses Brummen als absolut unerträglich empfunden. Selbst die oben errechneten 96 mV Brummspannung stellen immer noch eine Leistung von über 2 mW an 4  $\Omega$  dar, die das Ohr als sehr störend empfindet. Deshalb sind die Forderungen nach Abstand des Netzteils vom Pult und streuarmem Netztrafo ein unbedingtes Muß.

### Spannungsvielfalt

In Bild 16 ist der Schaltplan des für den Betrieb am PM 500 entwickelten Netzteils dargestellt. Es ist so ausgelegt, daß über 20 Kassetten damit betrieben werden können. Auf der Netzseite befindet sich eine Stecker-Sicherungshalter-Netzschalter-Kombination, die lange Leitungen und Verdrahtungsaufwand spart. Eine Glühlampe zur Betriebsanzeige ist im Netzschalter bereits eingebaut. Zwischen dieser Kombination und dem Netztrafo ist ein Netzfilter eingebaut. Wer die-

se Ausgabe unbedingt sparen will, kann das Filter auch weglassen. Gute Ausführungen kosten zwischen 30 und 60 D-Mark. Sie sind von großem Vorteil, wenn Gefahr von verseuchten Netzleitungen droht, die wie eine Antenne störende HF aufnehmen (CB-Funker, Amateurfunker, Maschinen im Haus, Rundfunksender in der Nähe, usw.)

Für den Netztrafo wurde ein streuarmer Typ mit MD 102-Kern genommen. Er bietet bei kleinen Abmessungen und Streuarmut hohe Leistungsausbeute. Die Wicklungen wurden lagenweise mit Isolation und statischem Schirm zwischen Primär- und Sekundärwicklung versehen.

Auf der Sekundärseite sind fünf Wicklungen vorgesehen. Zum Betrieb der Relais und der Anzeige-LEDs in den einzelnen Kassetten stehen 12 V/10 A zur Verfügung; die Wicklung ist mit 10 A abgesichert. In den Leitungen zum Gleichrichter liegen zwei niederohmige Widerstände mit 68 Ohm, die die Ladestoßströme begrenzen. Als Gleichrichter kam eine 25-A-Metallbrücke zur Anwendung, die zur besseren Wärmeableitung auf das Chassis geschraubt wird.

Als Spannungsregler für die Stabilisierung der 6,5-V-Versorgung wurde der LAS 39 U von Lambda verwendet. Dies ist ein einstellbarer, voll geschützter Spannungsregler mit einem garantierten Ausgangsstrom von 8 A und einer Verlustleistung von 80 W. Spannungsregler in dieser Leistungsklasse sind rar und deshalb relativ teuer, aber eine gleichwertige Schaltung 'zu Fuß' ist auch nicht billiger. Die krumme Spannung von 6,5 V wird mit dem 250-Ohm-Trimpoti eingestellt. 6,5 V werden deswegen benötigt, weil Relais mit einer Nennspannung von 5 V eingesetzt sind, die zum Teil auch als Vor-

widerstand für die Anzeige-LEDs dienen. Bei 1,5...2 V Spannungsabfall an den LEDs (je nach eingesetzter Farbe) und einigen hundert Millivolt an der Zuleitung zum Pult bei größerer Last sind etwa 6,5 V am Spannungsreglerausgang notwendig, damit die Relais immer sicher ansprechen.

Für die  $\pm 15$ -V-Spannung wurden zwei Stabilisatoren des Typs LAS 1915 verwendet. Diese voll geschützten 5-A-Regler mit 50 W Verlustleistung können auch unter Extrembedingungen garantiert 3 A abgeben. Für die Gleichrichter kamen auch hier Metallbrücken zur Anwendung. Hier genügen 10-A-Typen, die ebenfalls wegen der besseren Kühlung auf das Chassis geschraubt sind. Vor die Gleichrichter sind aus den schon oben genannten Gründen Sicherungen und 0,1- $\Omega$ -Widerstände geschaltet.

Die Aussteuerungsinstrumente werden mit 24 V/1 A versorgt. Dazu dient ein Standard-24-V-Festspannungsregler im TO-3-Gehäuse. Für die Phantomspannung der Kondensatormikrofone ist noch eine eigene Stromversorgung vorgesehen. Im Prinzip ist diese Schaltung auch keine Besonderheit. Das Spannungsregler-IC vom Typ L 146 ist prinzipiell identisch mit dem allseits bekannten Spannungsregler 723. Der gravierende Unterschied ist die Spannungsfestigkeit. Während der Standard 723 nur eine maximale Eingangsspannung von 37 V verträgt, bringt es der L 146 auf 80 V. Dadurch läßt sich eine relativ einfache Standardschaltung, die trotzdem gute Regeleigenschaften aufweist, mit wenig Aufwand realisieren. Dem BD 241 C ist noch ein 100- $\Omega$ -Widerstand mit einer Belastbarkeit von 5 W vorgeschaltet. Im Kurzschlußfall übernimmt dieser Widerstand einen Teil der dabei entstehenden Verlustleistung und schützt da-

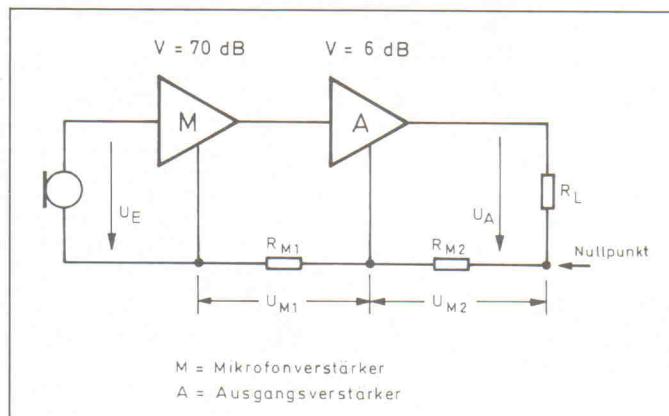


Bild 15. Ersatzschaltung des Eingangsverstärkers. Schon geringe Spannungsabfälle auf der Masseleitung wirken sich durch die hohe Verstärkung der Stufe deutlich wahrnehmbar aus. Daher werden hier dicke Stromschienen verwendet.

durch den Transistor. Alle fünf Betriebsspannungen werden durch LEDs angezeigt. Die LED-Ströme sind mit den angegebenen Widerstandswerten auf etwa 10 mA eingestellt. Diese einfache Art der Spannungsüberwachung hat sich in der Praxis sehr gut bewährt.

## Einschalten — The sound of silence

Während der Beschreibung des Mischpults tauchte in den Schaltplänen schon die Leitung EU (= Einschaltunterdrückung) auf.

Grundsätzlich sind alle Koppelglieder und RC-Glieder im gesamten Verstärkeraufbau so bemessen, daß im wesentlichen gleiche Zeitkonstanten vorhanden sind. Dies vermeidet ein sekun-

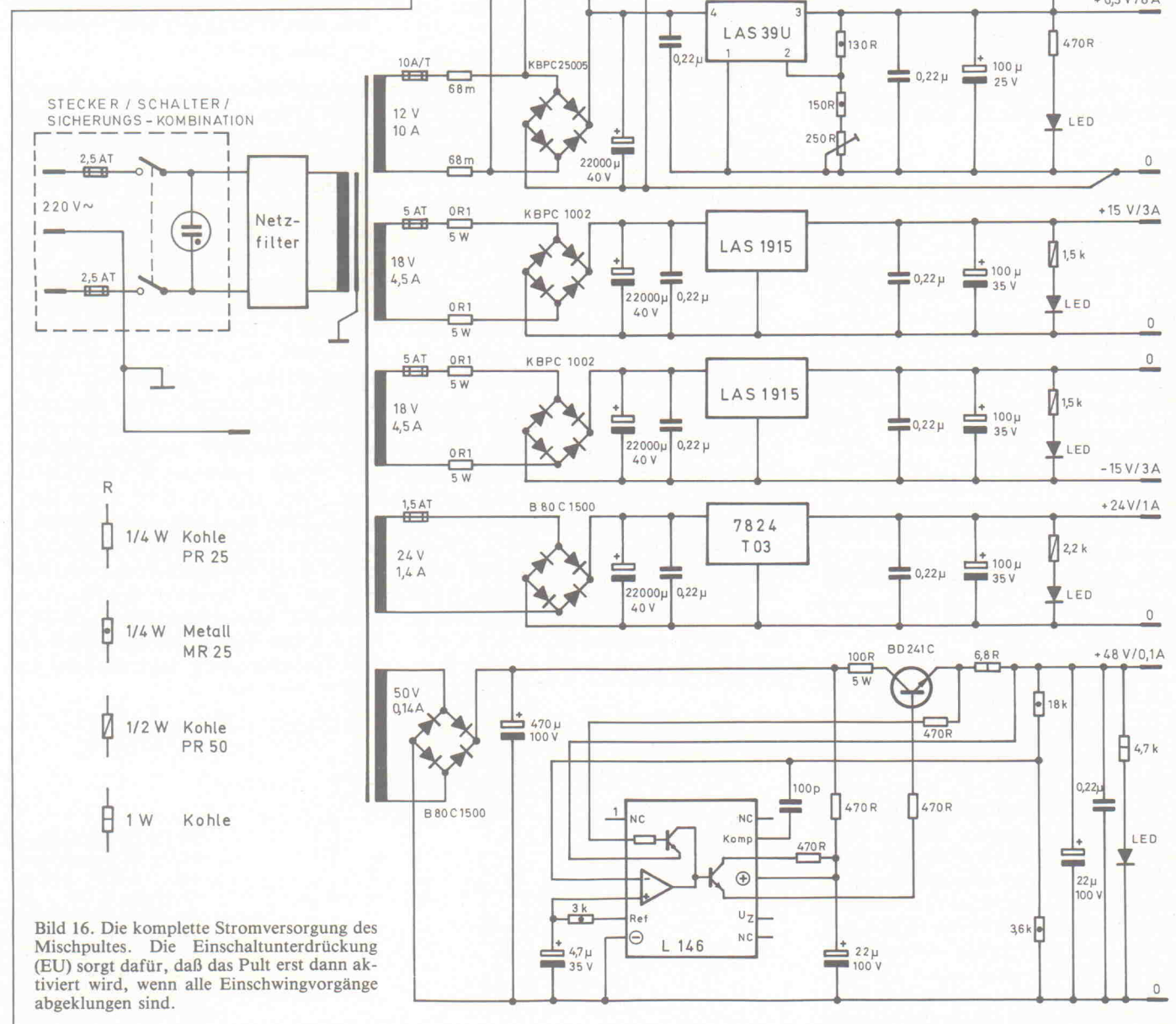


Bild 16. Die komplette Stromversorgung des Mischpultes. Die Einschaltunterdrückung (EU) sorgt dafür, daß das Pult erst dann aktiviert wird, wenn alle Einschwingvorgänge abgeklungen sind.



denlanges Blubbern beim Einschalten des Mischpults und die lästigen Kracher in den Lautsprechern. Da die sehr tiefen Frequenzen im Bereich unter 10 Hz meistens mit vollem Signalhub auftreten, könnten zerstörte Tieftonlautsprecher die Folge sein.

Um alle Einschwingvorgänge wirksam zu unterdrücken, ist die Busleitung EU vorgesehen. Hier sind alle Relais angeschlossen, die das Signal auf irgendwelche Mischpultausgänge schalten. Sie werden zeitverzögert aktiviert, so daß das Tonsignal erst an die Ausgänge gelangt, wenn alle Einschwingvorgänge im Pult abgeklungen sind. Nun zur Funktion der Einschaltunterdrückung. Über D1 und D2 werden beide Halbwellen der Netzfrequenz abgefragt. R1, R2 und C1 sind so bemessen, daß T1 (und damit auch T2) erst nach zwei Netzhalbwellen leitet. T5 bekommt über R8 und R11 Basisstrom und hält C2 entladen, bis T1 und T2 leitend werden. Danach sperrt T5, und C2 kann sich über R9 aufladen. Die Zeitkonstante von R9 und C2 ist so bemessen, daß erst nach mehr als einer Sekunde T4 öffnet und T3 leitend wird, so daß T6 genügend Basisstrom erhält und die Leitung EU mit Spannung versorgt.

Beim Ausschalten des Pults werden T1 und T2 sehr schnell stromlos, so daß auch T6 keinen Basisstrom mehr erhält. Die an der Leitung EU angeschlossenen Relais fallen innerhalb von Millisekunden ab. Somit werden auch beim Ausschalten des Pults Knackgeräusche wirksam unterdrückt.

Die Kühlkörper für die Spannungsregler sollten einen Wärmewiderstand von weniger als 0,7 K/W haben. Die Spannungsregler müssen isoliert mit Glimmerscheiben auf die Kühlkörper montiert werden, die Glimmerscheiben sind beidseitig mit Wärmeleitpaste einzustreichen. Für den BD 241 C genügt ein Kühlkörper mit ca. 5...6 K/W.

Das Netzteil sollte sorgfältig aufgebaut werden. Für die mit höherem Strom belasteten Leitungen verwendet man Litzen mit einem Querschnitt von 1 mm<sup>2</sup>, für den Rest genügen solche mit 0,25 mm<sup>2</sup>. Der Schutzleiter und die Netzleitungen sollten mit wenigstens 0,75 mm<sup>2</sup> verlegt werden. Im Schaltplan (Bild 2) sind Stecker für die verschiedenen Spannungen eingezeichnet. Sie sind nicht numeriert, da die Pinbezeichnung je nach verwendetem Stecker variieren kann. Grundsätzlich

## Stückliste

### — Netzteil —

#### Kohleschichtwiderstände PR 25

1	100R
1	130R
1	150R
1	200R
1	220R
5	470R
1	680R
1	2k2
1	3k
1	3k6
1	3k9
2	4k7
2	8k2
1	18k
1	82k
2	1k5, 1/2 W
1	2k2, 1/2 W
1	6R8, 1 W
1	4,7k, 1 W
4	0R1, 5 W
1	100R, 5 W
2	0,068R, 20 W
1	Trimpoti 250R, PT 10

#### Kondensatoren, Elkos

3	22000µ/40 V, Becher
1	4700µ/40 V
1	470µ/100 V
4	100µ/35 V
2	22µ/100 V
1	22µ/35 V
1	4,7µ/35 V, (Tantal)
1	3,3µ/35 V, (Tantal)
9	0,22µ, MKH, RM 7,5

#### Halbleiter

1	Brückengleichrichter 25 A/50 V
2	dto. 10 A/50 V
2	B 80 C 1500
5	BC 549C

1	BD 241
1	ZPD 6,2
2	1 N 4148
1	L 146 (SGS)
1	LAS 39U (Lambda)
1	LAS 1915 (Lambda)
1	7824 (TO 3)
1	LED, 5 mm, rot

#### Sonstiges

4	Sicherungshalter
1	Sicherung, 10 A träge
2	Sicherungen, 5 A träge
2	Sicherungen, 2,5 A träge
1	Sicherung, 1,5 A träge
1	Netzschalter-Kontrollleuchte-Netzstecker-Sicherungs-Kombination
1	Netzfilter
1	Kühlkörper
1	SK 07/37,5 SE
2	Kühlkörper, min. 0,7 K/W, Lochung 2 x TO 3
1	Metallgehäuse mit Lüftungsschlitzen

#### Montagematerial

Netztrafo 325 VA (Wicklungen nach Schaltbild)

#### Lieferadressen für Spezialteile:

Diesselhorst Elektronik  
Hohenstauffenring 16  
4950 Minden

Mechanik, Fertigeräte bzw. Fertigkas-

setten:  
Döderlein Studioteknik  
Altostraße 82  
8000 München 60

Übertrager L-1130 C und Netztrafo:

Experience electronics  
Weststraße 1  
7922 Herbrechtingen

sollte jedoch eine hochwertige Steckverbindung zur Anwendung kommen, die einerseits niederohmig genug ist, andererseits problemlos mit den 8 A für die LEDs und Relais fertig wird. Sind genügend Anschlußstifte vorhanden, können auch immer zwei Pins parallel geschaltet werden. Alle Leitungen werden getrennt vom Netzteil zum Pult geführt und die nötigen Masseverbindungen nur einmal am zentralen Massepunkt im Pult hergestellt.

Bevor das Netzteil zusammen mit den Kassetten betrieben wird, sind alle Spannungen unter Last zum einen auf den richtigen Wert und zusätzlich mit dem Oszilloskop auf Schwing- und Brummfreiheit zu überprüfen! Rauschen unter 5 mV ist nicht kritisch, es sollte aber genau untersucht werden, ob nicht doch HF vorliegt. Manchmal können auch Rundfunksender die Ursache sein; geeignete Abblockmaßnah-

men sind dann notwendig (siehe auch den Abschnitt über den Rahmenaufbau des Pults).

## Ohne Moos nix los

Wer sich an den Nachbau dieses Mischpults wagt, muß einige Erfahrung und Praxis haben und über verschiedene Meßgeräte verfügen. Dies ist keine Bauanleitung, die dem Hobbyelektroniker über ein verlängertes Wochenende zu einem Studiomischpult verhilft. Genügend Ausdauer, gute Kenntnisse der Analogtechnik sowie sorgfältiges und genaues Arbeiten sind vor allem beim Zusammenbau der Mechanik und Elektromechanik unbedingt erforderlich! Ebenfalls sind gewisse finanzielle Mittel für einen erfolgreichen Nachbau nötig. Einige Tausender müssen für das Material in der Grundausstattung dieses Pults schon ausgegeben werden. Durch den Nach-



## Mischpult

bau spart man sich allerdings die hohen Fertigungs- und Prüfkosten, die ein Fertiggerät so teuer machen. Mischpulte dieser Klasse sind auch in industrieller Fertigung ziemlich arbeitsintensiv, so daß der Eigenbau beträchtliche Einsparungen bringt. Mit dem gelungenen Eigenbau braucht man sich aber keineswegs hinter fertig käuflichen Pulten zu verstecken. Im Gegenteil: Bei korrektem und sorgfältigem Aufbau erreicht man leicht Daten, die dieses Pult problemlos für professionelle Schallplattenaufnahmen geeignet machen. So manches Pult namhafter Hersteller liegt bei genauerer Untersuchung der Daten deutlich unter dem PM 500, ist deswegen aber keinesfalls preiswerter.

### Goldene Regeln für den Aufbau

Im Laufe der Bauanleitung wurden immer wieder Bauteilequalitäten angesprochen. Wer hier am falschen Ende spart, wird mit Sicherheit sehr schnell böse Überraschungen erleben. Mangelnde Bauteilqualität macht einen baldigen Austausch diverser Komponenten nötig, von den bis dahin durch kratzende Regler oder knackende Schalter verdorbenen Aufnahmen ganz zu schweigen.

Außerdem: Durch das Auswechseln eines minderwertigen Schalters setzt man seine Arbeitszeit zweimal ein und kauft auch den Schalter doppelt, was natürlich aufwendiger und teurer ist, als wenn gleich ein guter Schalter eingesetzt worden wäre.

Nun im einzelnen zu den kritischen Bauteilen, bei denen besondere Qualitäten gefordert sind.

Am kritischsten ist der Stufenschalter zur Wahl der Eingangsempfindlichkeit. An ihm kann die Bedeutung der sogenannten 'trockenen Schaltkreise' besonders gut dargestellt werden.

Hierunter versteht man die Schaltungsteile, in denen kleinste Spannungen sicher geschaltet werden müssen, ohne daß nennenswerte Ströme fließen. Elektrische Schaltkontakte werden oft durch die über sie fließenden Ströme gereinigt. Der Kontaktstrom brennt Oxid- und Fettschichten ab; die mechanische Betätigung des Schalters unterstützt diese Reinigungswirkung.

Der Eingangsschalter S1 in Bild 3 muß Tonspannungen von weniger als 0,1 mV bis zu einigen Volt sicher schalten können, was bei einem Eingangs-

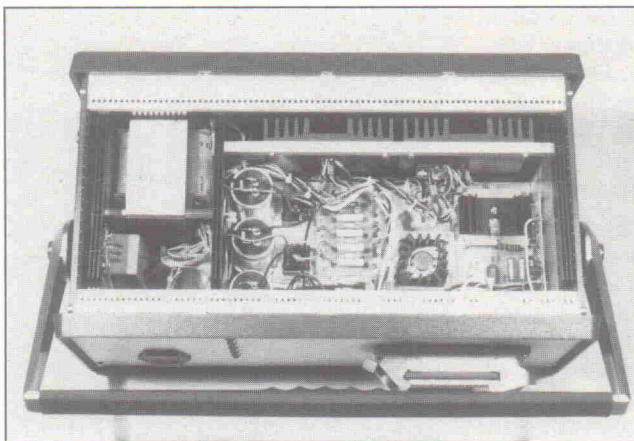


Bild 17. Blick in das geöffnete Netzteil zum PM 500.

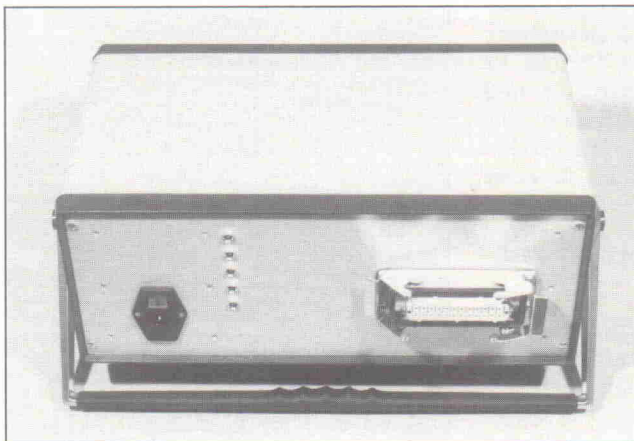


Bild 18. Ein weiterer Tribut an die Störsicherheit des Mischpultes: Das Netzteil befindet sich in einem separaten Gehäuse in einiger Entfernung zum Pult.

widerstand von etwas mehr als 100 kOhm praktisch leistungslosen Betrieb bedeutet. Hier kam ein Miniatur-Drehschalter mit Goldkontakten (ELMA) zum Einsatz. Schon hier muß beim Bauteilekauf aufgepaßt werden. Diesen Schalter gibt es in drei Ausführungen, von denen nur eine für unsere Zwecke geeignet ist. Es ist eine preiswertere Variante mit Hauchvergoldung im Angebot, die aber absolut ungeeignet ist. Die Hauchvergoldung dient nur als Schutz bei Transport und Lagerung. Nur der Schalter mit massiver Goldauflage erfüllt unsere Forderungen langfristig. Dem Verfasser sind Mischpulttypen aus dem professionellen Bereich bekannt, wo die billigeren Schalter eingesetzt wurden, die sich nach nicht allzu langer Betriebszeit durch lästiges Knacken hervortaten.

Für die Kippschalter wurden hochwertige Knitter-Schalter mit Goldkontak-

ten verwendet, die sich schon in früheren Varianten des PM 500 gut bewährt haben. Wer hier etwas einsparen will, kann auch die Schalter der Serie MS-500 einsetzen (made in Japan, blaues Gehäuse), die mit guten Silberkontakten bestückt sind. Für die Treble- und Baßfrequenz-Umschaltung wird man allerdings auf Knitter-Typen zurückgreifen müssen, da nur in diesen Kippschalterserien Modelle vorkommen, die bei drei Stellungen eine Umschaltung auf drei Ebenen ermöglichen. Wer die Umschaltung nicht braucht, kann sich auch auf jeweils eine Frequenz festlegen und die teuren Schalter einsparen. Die Löcher in der Frontplatte werden dann durch Blindstopfen abgedeckt.

Für die Potis kommen auch nur hochwertige Ausführungen in Frage. Es wurden ausschließlich Leitplastikpotis von Sfernice eingesetzt. Leitplastikpo-



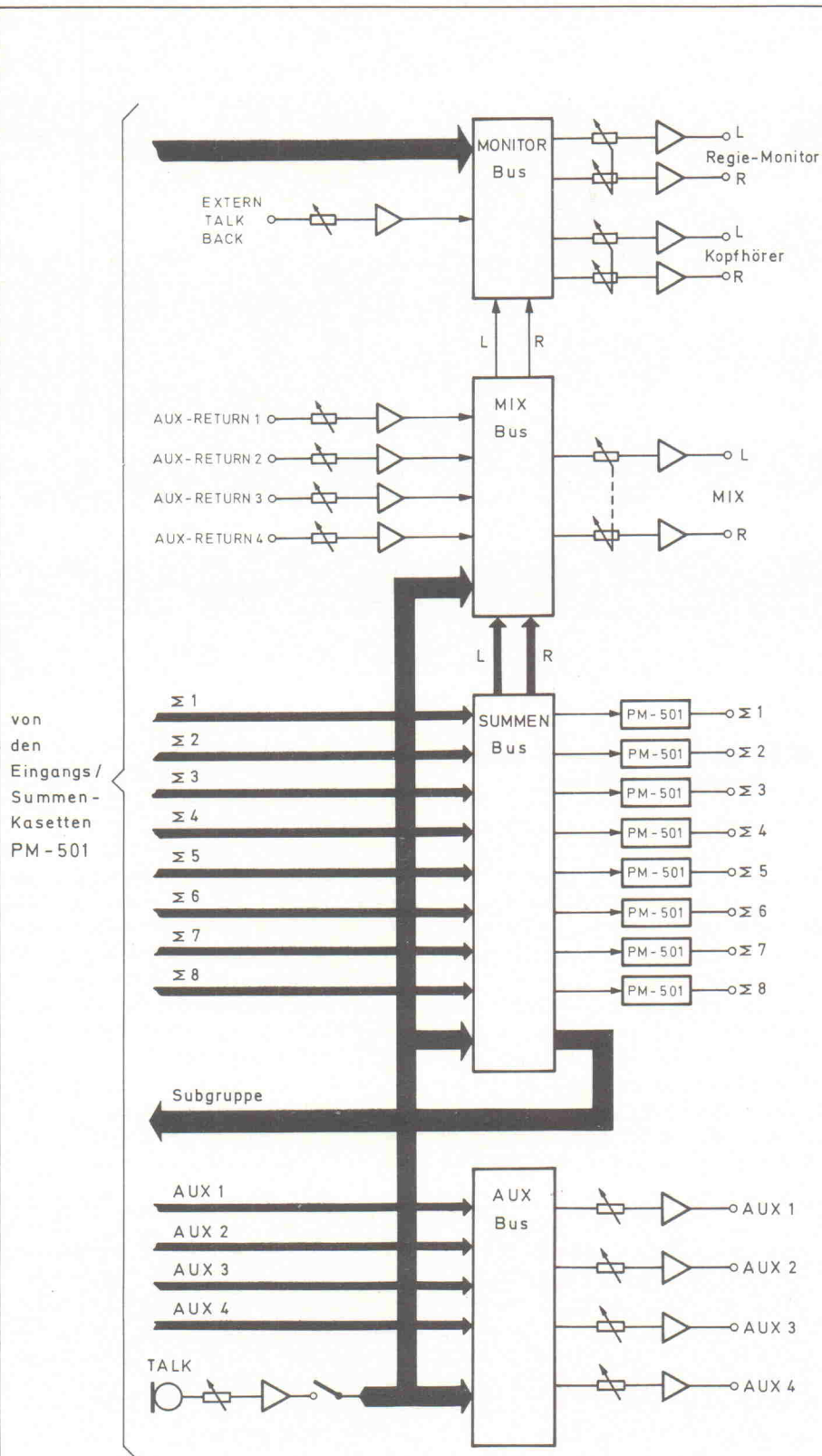


Bild 19. Man könnte den Gesamt-Übersichtsplan auch mit dem Begriff 'Busbahnhof' kennzeichnen. Ein Blick darauf schafft Klarheit, was und an welcher Stelle man gerade baut.

tis haben gegenüber den Kohlepotis den Vorteil, daß sie länger halten, weniger rauschen und keine Kratzgeräusche beim Betätigen verursachen. Außerdem sind die Potentiometer dieses Herstellers sehr kompakt gebaut, so daß eine große Bauteiledichte auf der Frontplatte erreicht werden kann.

Weitere wichtige Punkte bei den Bauteilen sind die Widerstände und OpAmps. Im Signalweg kommen überwiegend 1%ige Metallschichtwiderstände zum Einsatz. Diese sind wesentlich rauschärmer und genauer als Kohleschichtwiderstände. Wenn die Pegelverhältnisse und die Fremdspannungsabstände an den Mischpultausgängen noch stimmen sollen, dürfen nur Metallschichtwiderstände eingesetzt werden. Die Preise dafür liegen auch nicht um soviel über denen von Kohleschichtwiderständen.

Bei den OpAmps kommt man mit drei Typen aus: NE 5534, NE 5532 und 4558. Alle drei sind rauscharme, bipolare Operationsverstärker, die niederohmige und somit störungsempfindliche Beschaltung ermöglichen. Sie kommen je nach Bedarf zum Einsatz. Der Eingangverstärker ist mit dem NE 5534 bestückt. Hier ist die kritischste Stelle bezüglich des Rauschverhaltens des Mischpults. Standardmäßig ist der NE 5534 ein rauscharmer Typ. Es gibt auch selektierte Ausführungen, die dann NE 5534 A heißen und im Rauschverhalten noch besser sein sollen. Erfahrungsgemäß ist meistens nur der Preis höher, das Rauschen aber nicht proportional dazu niedriger. Im Anzeigenteil finden sich Firmen, die speziell für die besonderen Anforderungen des Audiobereichs selektierte NE 5534 anbieten, die auf besondere Rauscharmut hin ausgesucht sind.

Im Mustergerät kamen Danner-Fader zum Einsatz. Diese Regler sind gut und teuer, sie können aber auch durch die preiswerteren ALPS-Typen aus Japan ersetzt werden. Hier wiederum ist die 5-kOhm-Ausführung am preiswertesten und problemlos verwendbar. Beim Bestellen der Frontplatte muß angegeben werden, welcher Regler zum Einsatz kommt, denn die Schiebewege sind zwar gleich, die mechanische Befestigung ist jedoch verschieden.

### Noch einmal: Übertrager

Der letzte Punkt der Bauteileauswahl sei last not least den Übertragern gewidmet. Eingefleischten HiFi-Freaks



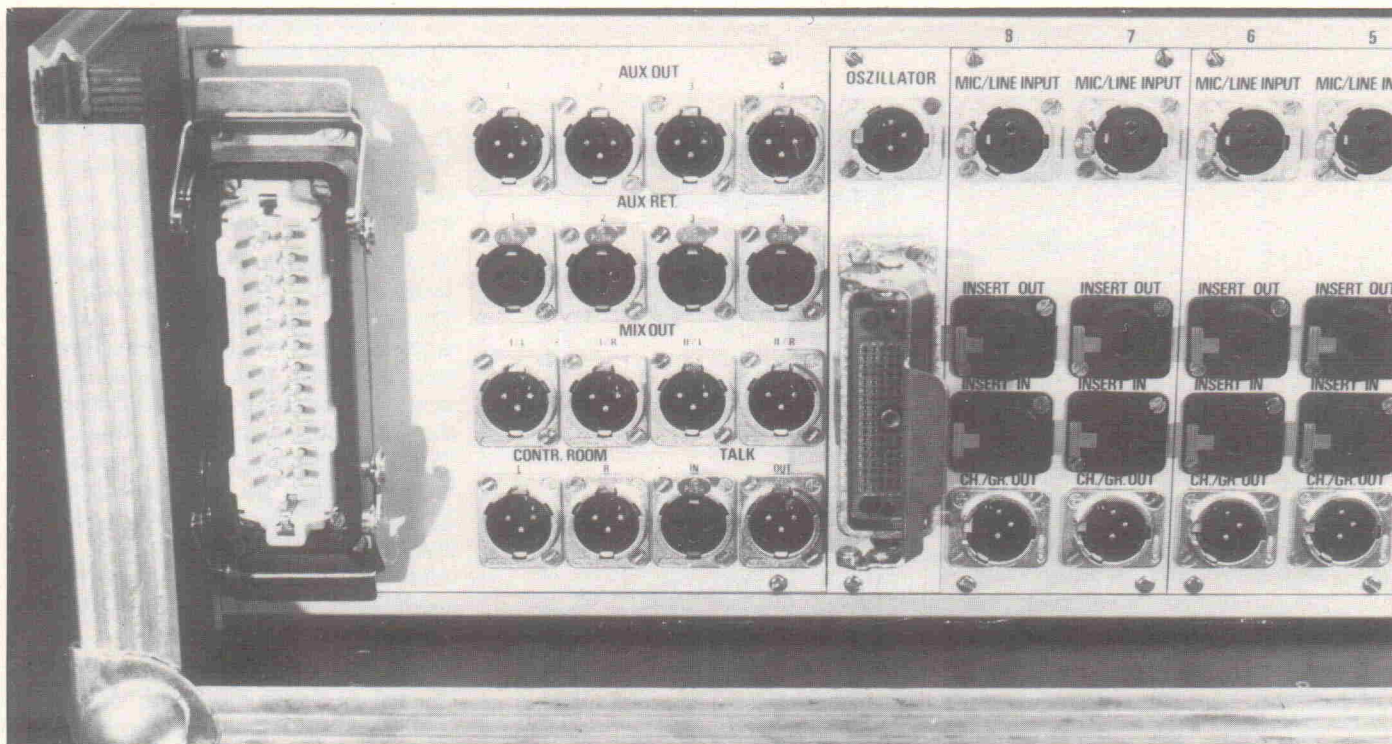


Bild 20. Ausschnitt aus dem Anschlußfeld des Mischpultes. Auch ein Multicore-Anschluß ist eingebaut.

wird es kalt über den Rücken laufen, wenn sie in hochwertigen Anlagen Übertrager sehen. Alle Schallplattenaufnahmen haben irgendwann einmal einen Übertrager passiert. Gute Ausführungen schaffen einen Bereich von etwa 40 Hz bis 20 kHz problemlos linear. Sie haben den unschlagbaren Vorteil, daß eine sichere galvanische Trennung der einzelnen Geräte gewährleistet ist, was Brummschleifen vermeidet. Außerdem können Leitungen erdsymmetrisch über weite Strecken ohne negative Beeinflussung des Signals geführt werden.

Für Eingangsübertrager kommen nur Mu-Metall geschirmte Typen in Frage, denn die geringste Einstreuung könnte verheerende Folgen haben. Außerdem ermöglichen sie eine optimale Rauschanpassung an den Eingangsverstärker. Die Line-Übertrager sind weniger kritisch und müssen deshalb nicht Mu-Metall geschirmt sein. Wer sparen will, kann die Line-Übertrager weglassen und das Signal durch Drahtbrücken auf den Platinen unsymmetrisch und niederohmig auskoppeln. Auf den Eingangsübertrager sollte auf keinen Fall verzichtet werden. Zuviel müßte am Eingangsteiler und an der Beschaltung der OpAmps geändert werden. Mit Sicherheit aber werden die guten Rauschwerte um einige, deutliche hörbare dBs schlechter!

## Während der Suche nach dem Lötkolben...

...ist zu bedenken, daß es nicht allein mit dem Kauf der Platinen und der Bauteile getan ist. Die sichere Funktion hängt entscheidend mit von der Mechanik ab. Wie so oft in der Elektronik, ist die einwandfreie und zufriedenstellende Funktion nicht von einigen zusammengelöteten Bauteilen abhängig. Erst eine brauchbare und ansprechende Mechanik mit sauber gearbeiteten Frontplatten macht das Ganze zu einem brauchbaren Gerät. Hier finden sich leider auch die teuersten Teile. Im Anzeigenteil finden sich Firmen,

die die notwendigen Spezialbauteile und ebenso die vorgefertigte Mechanik liefern, die erst den problemlosen Nachbau ermöglichen.

Am Ende aller Mühen steht dann ein hochwertiges Mischpult, das durch das ausgeklügelte Baukastensystem über Jahre hinaus 'up to date' bleibt und den Erbauer durch Vielseitigkeit und hohe Qualität erfreut. Wem der Nachbau zu zeitaufwendig ist, der kann auch Fertigbausteine und das Fertiggerät komplett geprüft beziehen.

Dies natürlich auch mit der Möglichkeit, beliebig und jederzeit je nach Geldbeutel und Bedarf nachzurüsten. □

Aus Platzgründen können die Bestückungspläne zum PM 500 in diesem Heft nicht abgedruckt werden. Der interessierte Leser kann sie beim Heise Verlag unter Beifügung des Rückportos anfordern. Den vom Handel angebotenen Bausätzen liegen die Pläne bei.

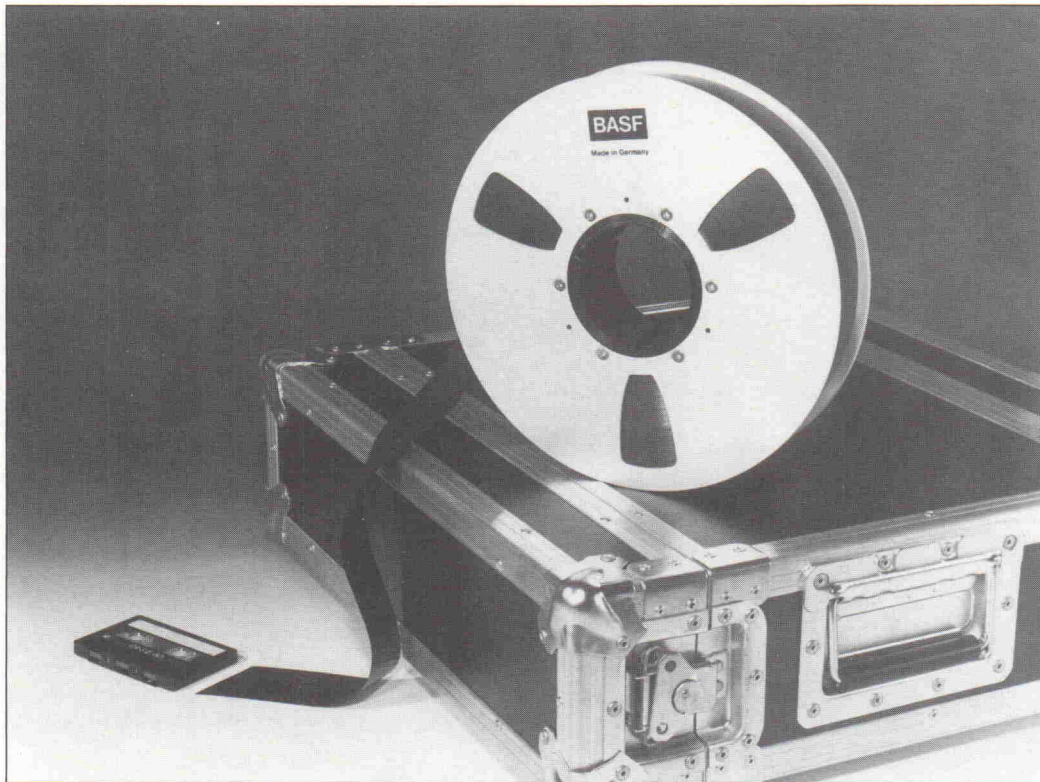
Da es sich bei diesem Mischpult um ein sehr umfangreiches und komplexes Projekt handelt, bietet der Verfasser dieses Beitrags jedem, der sich an den Nachbau wagt, beraten-

de Unterstützung an. Gerade weil dieses Pult nicht ganz billig ist, sollte der Hobby-Elektroniker nicht ausgerechnet hier sein Lehrgeld zahlen müssen. Bevor also jemand anfängt 'in den blauen Dunst hineinzubasteln' sollte er sich in Verbindung setzen mit

Gerhard Haas  
Weststr.1  
7922 Herbrechtingen  
Tel.(07324) 5318



## Mehrspurmaschinen



beitung auf den Konsolen findet, beschränkt sich meistens auf eine einfache 2-Band-Klangeinstellung sowie höchstens einen Effekt-Einschleifweg. Eine Ausnahme in punkto Betriebstechnik bildet in dieser Preisklasse das *MT1X* von *Yamaha*. Da sich bei diesem Gerät alle vier Spuren simultan einspielen lassen, eröffnet es für viele Bands zusätzlich die Möglichkeit, Proben oder Live-Auftritte auf vier Spuren mitzuschneiden und anschließend bei der Abmischung noch soundmäßig zu verfeinern.

Die Vierspur-Kompaktgeräte oberhalb von 2000 D-Mark (*Fostex 260*, *Tascam 244*, *246*) unterscheiden sich von den Low-cost-Geräten unter anderem durch eine wesentlich aufwendigere Mixersektion mit parametrischer Klangeinstellung und diversen Einschleifwegen. Doppelte Bandgeschwindigkeit sorgt für bessere Daten hinsichtlich Klirrfaktor- und Rauschverhalten. Dadurch ist es während der Aufnahme möglich, drei bereits bespielte Spuren auf die freie vierte zusammenzufassen, ohne gravierende Qualitätsverluste hinnehmen zu müssen. Man hat dadurch quasi sieben Spuren zur Verfügung und kann bei der Aufstellung des Spurenplans (sollte man sich vor der Aufnahme immer anlegen!) entsprechend großzügiger verfahren. Das trifft übrigens auch für die 'reinen' 4-Spur-Recorder *Yamaha MT44D* und *Tascam 234* zu, wobei natürlich auch Qualität und Ausstattung

### Ideenspeicher und Studiomaschinen

# Multi-Tracker

**Udo Milde**

Es ist noch gar nicht so lange her, da war die Anschaffung einer Mehrspur-Tonbandmaschine für Musiker und Soundtütler allenfalls ein schöner Traum. Inzwischen hat eine stattliche Anzahl brauchbarer Geräte die absolute Schmerzgrenze von 6000 D-Mark unterschritten, so daß das Problem der individuellen Kreditwürdigkeit weniger im Vordergrund steht, als die Frage: Wer braucht welches Gerät?

Für die Multi-Talente unter den Musikern, jene also, die das Gitarren- wie Keyboardspiel gleichermaßen beherrschen und darüber hinaus der Drum-Computer-Programmierung mächtig sind, reicht als reine Komponierhilfe häufig ein Mehrspurgerät der unteren Preisklasse völlig aus.

Da gibt es zum Beispiel die Recorder *VestaFire MR 10*, *Tascam Porta One* und das *Fostex X 15*, allesamt gut geeignet, um in den eigenen vier Wänden Musik-Arrangements zusammenzupuzzeln, die im Ergebnis einen Eindruck vom 'so könnte es gehen' vermitteln und nicht unbedingt preßreif sein sollen. Der relativ niedrige Preis geht nämlich (wie konnte es auch anders sein) mit gewissen Grenzen in der Aufnahmetechnik einher. So lassen sich bei den genannten Geräten immer nur höchstens zwei Spuren gleich-

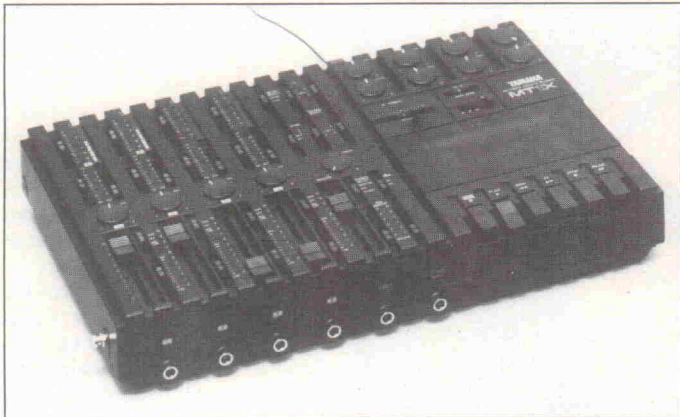
zeitig einspielen, außerdem läßt sich bei der eher spärlichen Ausstattung der Mixersektion nicht allzuviel beim Remix zaubern. Was man zur Soundbear-



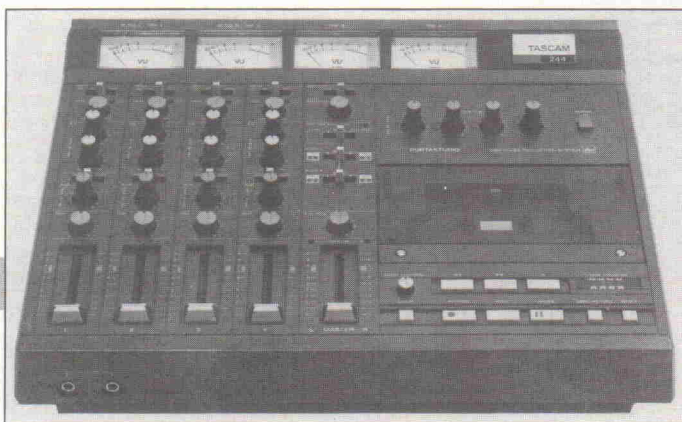
Mit dbx-Rauschunterdrückung: Tascam Porta One.



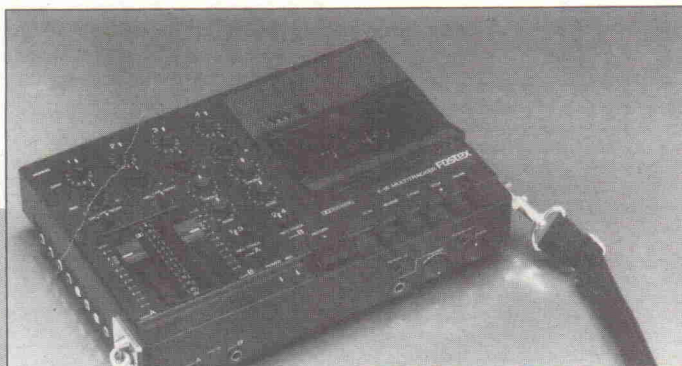
## Mehrspurmaschinen



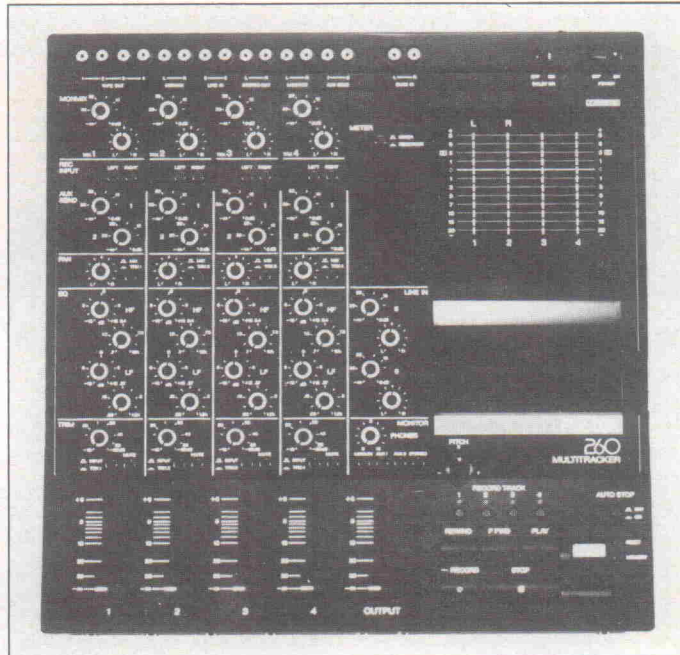
Der Yamaha-Recorder MT-1 X wirkt auf den ersten Blick ziemlich unübersichtlich. Beachtenswert ist die abschaltbare dbx-Rauschunterdrückung.



Die Tascam 244 ist ein solides Gerät, kann sich gegen die Fostex 260 am Markt jedoch nur schwer behaupten.



Die Fostex X15 ist ein ausgesprochen preiswerter Recorder, der jedoch mit seiner nicht gerade reichhaltigen Mixerausstattung nur als reines 'Ideen-Aufzeichnungsgerät' zu empfehlen ist.

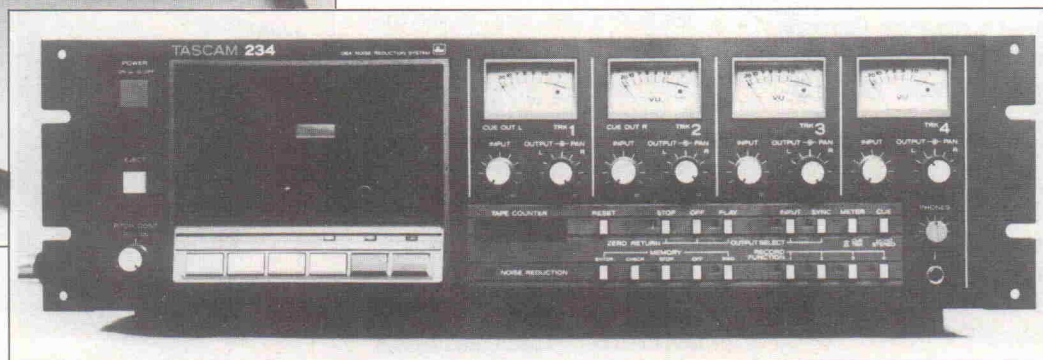


Die Fostex 260 zeichnet sich durch ein gutes Preis/Leistungsverhältnis aus und verfügt über parametrische Klangeinsteller sowie integriertes Dolby C.

des angeschlossenen Mischpultes eine nicht unwesentliche Rolle spielen. Für diejenigen, die über einen guten Mixer verfügen, sind diese Recorder eine gute und preisgünstige Alternative. Mit der entsprechenden Mühe und Sorgfalt lassen sich mit den oberhalb von 2000 D-Mark angesiedelten Geräten sehr gute Demo-Aufnahmen produzieren.

An der Schwelle zum professionellen Aufnahmebetrieb stehen die 8-Spur-Bandmaschinen für den Einsatz in Kleinstudios und beim Homerecording. Im Investitions-Nahbereich von 5000...6000 D-Mark befinden

sich die Maschinen *Fostex A 80* und *Tascam 38*. Sieht man einmal davon ab, daß beide Maschinen statt mit Studio-Normalpegel (+6 dBm) mit -10 dBm arbeiten, so ist die Aufnahmequalität nicht wesentlich schlechter als bei 'echten' Studiomaschinen. Die professionellen Mehrspurgeräte haben zwar robustere und präziser arbeitende Laufwerke und aufgrund des höheren Aussteuerungspegels bessere Signal/Rauschspannungsabstände, jedoch lassen sich auch mit den beiden genannten Maschinen durchaus plattenreife Aufnahmen erstellen. Voraussetzung sind natürlich auch hier ein gu-



In Verbindung mit einem guten Mischpult erzielt man mit der Tascam 234 eine hervorragende Aufnahmequalität.



Ausstattung/ Gerät	Fostex X-15	VestaFire MR-10	Yamaha MT-1x	Tascam Porta One	Fostex 260	Tascam 246	Tascam 244	Tascam 234	Fostex A-80	Tascam 38
Bandgeschwin- digkeit	4,8 cm/s	4,75 cm/s	4,75 cm/s	4,75 cm/s	9,5 cm/s	4,75 cm/s + 9,5 cm/s	9,5 cm/s	9,5 cm/s	38 cm/s; 1/4"-Band	38 cm/s; 1/2"-Band
Zählwerk	3stellig, analog	mechanisch	mechanisch, 3stellig	mechanisch, 3stellig	LCD	4stellig LED	4stellig mechanisch	4stellig LED	LCD	4stellig LCD
Echtzeit	nein	nein	nein	nein	nein	ja	nein	nein	ja	nein
Zero-Return	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Memory	nein	nein	nein	nein	nein	ja	nein	ja	ja	nein
Fernbedienung	nein	nein	nein	nein	nein	ja	nein	ja	ja	ja
Punch In/Out	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Cueing	nein	nein	nein	nein	Auto-Stop	nein	nein	nein	ja (Edit)	ja
Pitch-Control	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja (Vari- Speed)	ja
Rauschunter- drückung	Dolby B	dbx	dbx	dbx	Dolby C	dbx	dbx	dbx	Dolby C	nein
N.R. abschaltbar	nein	ja	ja	ja	ja	ja (Kanal 4 getrennt)	nein	ja	nein	
Peak-LED Anzeige	nein		nein	ja	nein	ja	nein	ja	ja (LED- Ketten)	ja (LED + VU)
Stromversorgung	Batterie (Netzteil erhältlich)	Netz od. Batterie	Netz od. Batterie	Netz od. Batterie	Netz	Netz	Netz	Netz	Netz	Netz
Gleichzeitige Aufnahme	2 Kanäle	2 Kanäle	4 Kanäle	2 Kanäle	4 Kanäle	4 Kanäle	4 Kanäle	4 Kanäle	8 Kanäle	8 Kanäle
Mixer-Sektion									nicht vorhanden, da reine Mehrspur-Band- maschine	
Kanäle	2	2	4	4	4 x 2 Line- Kanäle ohne Equalizer	6	4	4		
VU-Meter	2 à 12 LED's	4	4 à 14 LED's	4	4 LED- Ketten	4 x 2 Master	4	4		
Gain-Einstellung	3-stufig		Fader	Poten- tiometer	Poten- tiometer	Poten- tiometer	Poten- tiometer	2 Poten- tiometer		
Eq-Bänder	2	2	2	2	2 (para- metrisch)	2 (para- metrisch)	2	nein		
Effektwege	nein	nein	1	nein	2	2	1	nein		
Effektrouting (L → R)	nein	nein	ja	nein						
Monitor	ja	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja		
Monitorrouting (L → R)	ja	nein	nein	nein						
Insert (Einschleifweg)	nein	nein	nein	nein	nein	1 pro Kanal	1 pro Kanal	nein		
Frequenzgang	40 Hz— 12,5 kHz ± 3 dB	K.A.	K.A.	40 Hz— 12,5 kHz ± 3 dB	40 Hz— 14 kHz ± 2 dB	40 Hz— 14 kHz ± 3 dB	K.A.	40 Hz— 18 kHz ± 3 dB	40 Hz— 18 kHz ± 3 dB	K.A.
Gesamtklirrfaktor	1,5 %	K.A.	K.A.	1%	1,5%	1%	K.A.	1%	< 1%	0,8%
Geräuschspan- nungsabstand*	57 dB(A)	51(74)dB(A)	K.A.	50(74)dB(A)	49(64)dB(A)	56(88)dB(A)	(84)dB(A)	52(71)dB(A)	(72)dB(A)	68 dB(A)
Übersprech- dämpfung*	47 dB	40(42)dB	K.A.	46(59)dB	43(53)dB	48(72)dB	(72)dB	56(70)dB	(55)dB	K.A.
Preis (D-Mark)**	950	980	1500	1490	2390	3490	2490	2190	5590	6190

\* Werte in Klammern mit eingeschalteter Rauschunterdrückung.

\*\* Alle Preise unverbindlich.



## Mehrspurmaschinen

tes Mischpult und hochwertige Peripheriegeräte (Hall, Delay, Effekte).

Im Zeitalter der elektronischen Klingerzeugung mit Drum-Computer, Keyboards, Samplern und MIDI-Verbundnetz ist es häufig gar nicht mehr erforderlich, über möglichst viele analoge Tonspuren zu verfügen, da viele Instrumente nicht mehr in herkömmlicher Weise aufgezeichnet werden. Mit Synchronizern, Sequenzern, MIDI-Recordern und Computern läßt sich heute eine Vielzahl von Instrumenten bei der Abmischung zu den Analogspuren



Ein ausgereiftes Gerät mit sehr guten Audio-Eigenschaften und hohem Bedienungskomfort. Die eingebaute dbx-Rauschunterdrückung ist wahlweise insgesamt oder nur für Spur 4 abschaltbar, wenn diese als Synchronspur benutzt wird. Den guten Eindruck trübt leider der hohe Preis. Tascam 246



Sie bildet bereits in vielen Homerecording-Studios das Herz der Anlage: Die Tascam 38.

synchronisieren. Voraussetzung ist 'lediglich' ein entsprechend großes Mischpult. Für den, der hauptsächlich mit MIDI-fähigen Geräten umgeht, kann eine 8-Spur-Maschine in Verbindung mit einem Sequenzer bereits ein Komplettstudio darstellen. Ein beträchtlicher Anteil heutiger Filmmusik wird mit derartigen Kombinationen produziert.

Wer mit Hilfe der hier vorgestellten (oder ähnlichen) Mehrspurrecorder bzw. Bandmaschinen ins Homerecording ein-

steigen möchte, sollte sich vor dem Kauf eines dieser Geräte darüber im Klaren sein, welche Ansprüche er hinsichtlich Klangqualität und Bedienungskomfort an seine Neuanschaffung stellt und ob das in die engere Wahl genommene Gerät auch in das jeweilige Heimstudio 'hineinpaßt'. Das für Hobbyzwecke ganz gewiß nicht verkehrte Mikrofon von Neckermann macht an einer semiprofessionellen 8-Spur-Maschine mit Sicherheit eine ähnlich unglückliche Figur wie eine Hallfeder aus dem Elektronik-Shop an einem Neve-Mischpult.

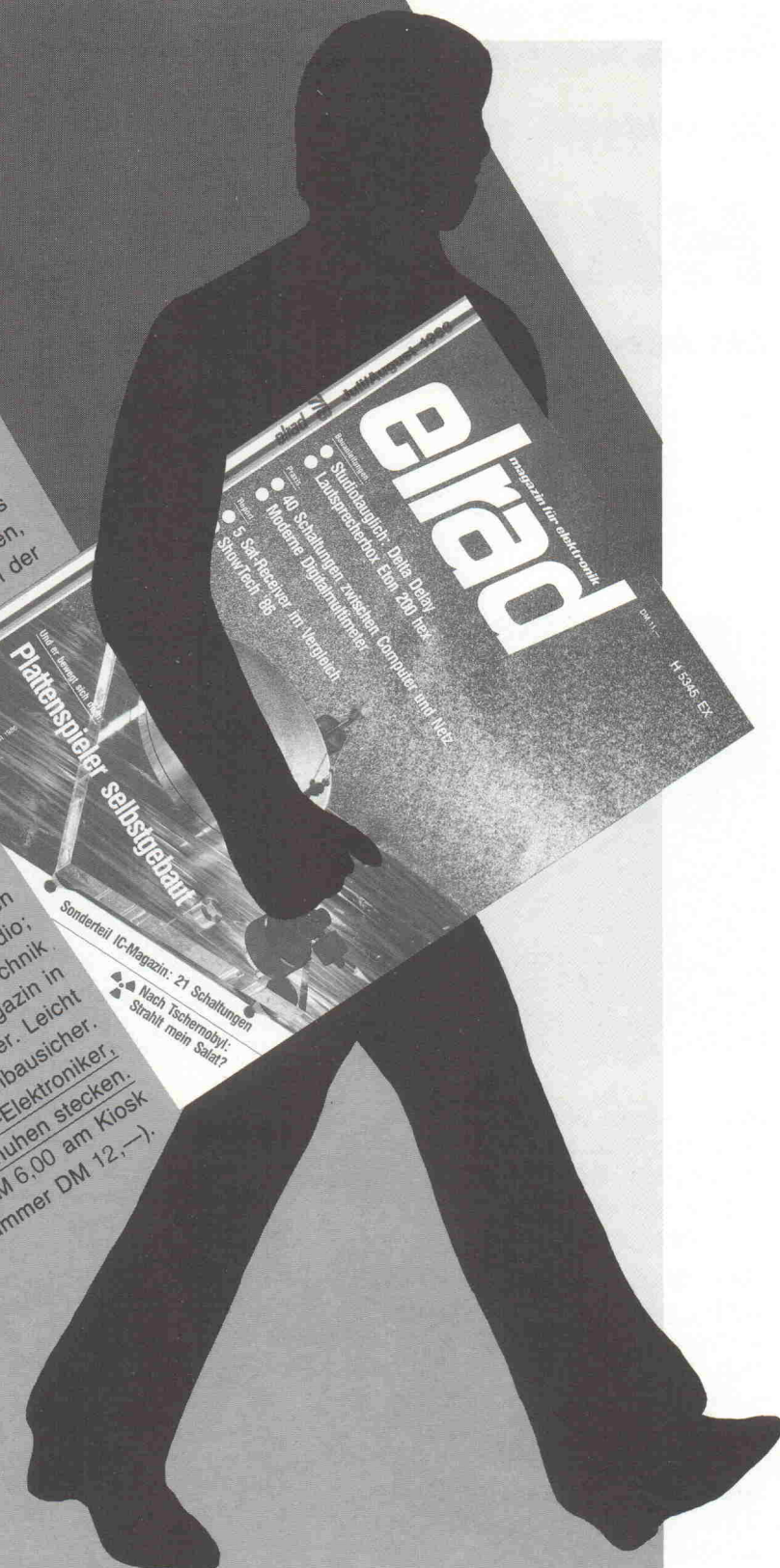


Nachdem die anfängliche Skepsis gegenüber der 'Schnürsenkel-Aufzeichnungstechnik' mit dem 1/4"-Band überwunden war, präsentierte sich die Fostex A-80 als preiswerte und klanglich überzeugende Alternative zu den 1/2"-Maschinen. Mit entsprechendem Zubehör ist SMPTE- und MIDI-Synchronisation möglich. Ein weiteres Plus ist die integrierte Dolby C-Rauschunterdrückung.



Elektronik-Hobby satt:  
Bauanleitungen aus  
allen Anwendungsbereichen,  
von der

Satelliten-Direkt-  
empfangsanlage bis zum  
Super-Plattenspieler.  
Gewürzt mit flotten Reports,  
Grundlagenartikeln, Tips und  
Hinweisen auf die interessantesten  
Neuheiten des Marktes.  
Mit den elrad-Laborblättern  
und so manchem Leckerbissen  
für Bühne & Studio;  
mit aktueller Schaltungstechnik  
und dem großen IC-Magazin in  
der Sommer-Doppelnummer. Leicht  
nachvollziehbar und nachbausicher.  
Für Profis und Hobby-Elektroniker,  
die nicht mehr in den Kinderschuhen stecken.  
Jeden Monat für DM 6,00 am Kiosk  
(Sommer-Doppelnummer DM 12,—).





**Zu schlecht, zu teuer, zu kompliziert?**

# HALLternative

**Ein Ausweg für den Selbstbau**



Wenn es an die Entwicklung und den Bau einer studiophilen Halleinrichtung geht, bricht selbst bei den findigsten Tüftlern der große Frust aus.

Die billigen Hallfedern klingen nicht, professionelle Goldfoliensysteme sind unerschwinglich, Digitalgeräte als Bauanleitung nicht in Sicht, und ein eigens für die Hallerzeugung konstruierter Raum von minimal 500 m<sup>3</sup> läßt sich von der 3 1/2-Zimmer-Wohnung auch schlecht abzweigen.

Trotzdem gibt es für den Selbstbau noch einen Ausweg. Er führt über die Verarbeitung härtester Hardware in Form von Holz und Stahl zu einer Halleinheit, die akustisch jeden Raum von 'Kirche' bis 'Keller' entstehen läßt.

Ohne künstliche Hallbeimischung geht im Multitrack-Remix gar nichts. Alternativ zu den in der frühen Radio-Ära ausschließlich verwendeten Hallkammern sind im Laufe der Zeit immer neue, mehr oder weniger geeignete Verfahren zur Hallerzeugung entwickelt worden. Ihnen gemeinsam ist die Aufgabe, die akustischen Eigenschaften eines Konzertsaaes zu simulieren.

Um zu verstehen, warum die Nachbildung eines räumlichen Klangbildes mit elektronischen oder mechanischen Mitteln ein so immens schwieriges Problem darstellt, sollen hier zunächst einige grundsätzliche Überlegungen zum akustischen Phänomen 'Hall' vorangestellt werden.

In einem Konzertsaal werden die von den Musikern (und leider auch Zuhörern) produzierten Klänge von einer theoretisch unendlichen Anzahl in der Halle befindlicher Objekte reflektiert. Eine ideale, unter akustischen Gesichtspunkten gebaute und eingerichte-

Halle wird 'eins mit der Musik', d.h. sie fügt ihrem Klang eine für den Zuhörer angenehme Resonanz und Wärme hinzu. Der Zuhörer empfängt eine wohlklingende Mischung aus Direktschall und den aus allen Richtungen und mit unterschiedlichen Phasenlagen eintreffenden Reflexionen. Vom Echo unterscheidet sich der Hall durch die zufällige, diffuse Struktur der zurückgeworfenen Schallwellen, die das Ohr nicht zu differenzieren in der Lage ist, während bei einem Echo ab einer Verzögerung von 20 ms Direktschall und Reflexion(en) als getrennte Klangereignisse empfunden werden.

Auf einen künstlichen Hall ist man immer dann angewiesen, wenn man im 'close-miking'-Verfahren arbeitet, die Instrumente also einzeln aufnimmt und die Mikrofone so dicht am Instru-

Remix



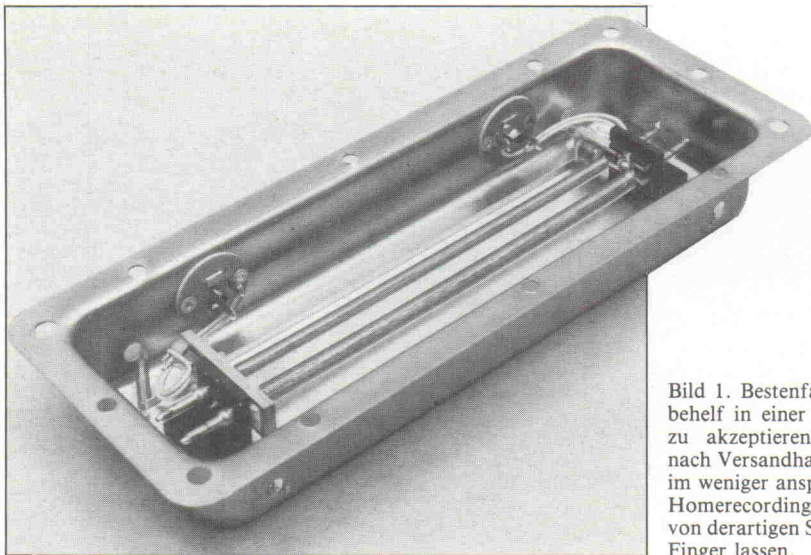


Bild 1. Bestenfalls als Notbehelf in einer Billiganlage zu akzeptieren: Hallfeder nach Versandhausart. Auch im weniger anspruchsvollen Homerecording sollte man von derartigen Systemen die Finger lassen.

ment aufstellt, daß der Raumklang (sofern überhaupt vorhanden) keine Rolle mehr spielt. In der Mehrspurtechnik ist diese Art der Aufnahme die Regel.

### **Welt aus Plastik**

Hervorragende elektronische, insbesondere aber elektromechanische Hallgeräte machen häufig schon das bloße Ausnutzen einer ohnehin guten Saalakustik überflüssig.

Von einem besonders frustrierenden Erlebnis in Sachen 'künstlicher Hall' berichtet der Verfasser des Artikels 'How to build a Plate-Type Reverb' Burton E. Hardin in der in den USA erscheinenden Zeitschrift 'The Audio Amateur'. Die kleine Geschichte illustriert sehr anschaulich, wie auch das geschulte Ohr heute an allen Ecken und Enden überlistet wird:

*Im Jahre 1976 verbrachte ich mit meiner Familie den Urlaub an der Westküste und besuchte in Salt Lake City ein Mittagskonzert im Tabernakel, einem mittelgroßen Holzbau in der Nähe des Mormonentempels. Ich wollte die dem Tabernakel nachgesagte gute Akustik mit eigenen Ohren erleben. Ich setzte mich extra weit nach vorn, weil die Akustik hinten unter den Balkonen bekanntlich schlecht ist. Der vortragende Pianist bestätigte dies, indem er vor der Aufführung die unter dem Balkon sitzenden Leute bat, wegen der besseren Akustik nach vorn zu kommen.*

*Während des Konzerts versuchte ich, überschlägig die Hallzeit des Auditoriums zu ermitteln, aber jedes Stück endete sehr weich, und daher ergab sich*

*keine Gelegenheit, die T-60-Marke auszuzählen (Anm.: T-60 ist die Zeit, in der das Hallsignal um 60 dB gegenüber dem Originalton abgeklungen ist). Eine Ausnahme bildete die letzte Nummer, die laut und abrupt endete. Hier allerdings brach das Publikum in tosenden Applaus aus und brachte meinen erneuten Zählversuch zum Scheitern.*

*Während des Programms, das übrigens von einer Radiostation aufgezeichnet wurde, fiel mir jedoch mehrfach der laute Verkehrslärm auf, der deutlich vernehmbar bis in die Konzerthalle drang, und ich wunderte mich, daß trotz dieser widrigen Umstände eine rundfunkgerechte Übertragung überhaupt möglich war.*

*Die Antwort darauf erhielt ich auf Anfrage bei der betreffenden Rundfunkgesellschaft: Alles ist 'close-miked', das Piano wurde mit fünf Mikrofonen direkt über den Saiten des Flügels aufgenommen. Man höre daher auch nicht den Hall des Tabernakels, sondern den einer EMT-Platte... Für mich bestand plötzlich die ganze Welt aus Plastik.*

### **Alles was halt halt**

Der teuerste und beste Ersatz für einen natürlichen Hall ist die Hallkammer, ein speziell konstruierter Raum von 500 m<sup>3</sup>, in dem keine parallelen Flächen (Decken, Wände) und somit auch keine sogenannten 'Flatterechos' vorkommen. Diese entstehen immer dann, wenn eine Schallwelle mehrfach zwischen zwei identischen Punkten hin- und herreflektiert wird. In diesem

Raum werden ein Lautsprecher und ein oder zwei Mikrofone aufgestellt. Bei Verwendung von zwei Mikrofonen werden diese in unterschiedlichen Entfernungen und Ebenen zum Lautsprecher plaziert. Damit erhält man einen Pseudo-Stereo-Hall, der sich aus sehr diffusen, zufällig verteilten Signalen zusammensetzt und von hervorragender Qualität (= Natürlichkeit) ist.

Derartige Räume mit kontrollierter Dämpfung und konstanter, exakt definierter Luftfeuchtigkeit sind bautechnisch äußerst aufwendig und daher nur den großen, kommerziellen Studios vorbehalten; in Hollywood gibt es deren fünf. Das soll jetzt aber nicht heißen, daß dem Amateur diese Möglichkeiten grundsätzlich versagt sind. Das Treppenhaus eines neuzeitlichen Wohnblocks kann sich als Hallkammer auch ganz hervorragend eignen...

### **Slap Echo**

Eine der ältesten Methoden zur Hallsimulation läßt sich mit einem handelsüblichen Bandgerät anwenden. Voraussetzung sind getrennte Aufnahme- und Wiedergabeköpfe. Man nimmt das Tonsignal auf Band auf und führt das am Wiedergabekopf zeitverzögert erscheinende Signal auf den Aufnahmekopf zurück. Wenn sich dieser Vorgang mehrfach wiederholt, erhält man schon so etwas wie Hall, aber die Zeitintervalle sind zu lang, das Signal klingt wenig diffus, Rauschen und Klirrfaktor nehmen bei jedem Slapback rapide zu, und das Ergebnis klingt künstlich und erinnert an die Akustik eines gekachelten Badezimmers. Stellt man keine besonderen Ansprüche an die Hallqualität, kann Slap-Echo annehmbar klingen, besonders dann, wenn kein besseres System verfügbar ist.

### **Federhall**

Bei dieser Hallart hängen eine oder mehrere Federn zwischen einer Treiberspule, die die Stahlfedern in Schwingungen versetzt und einer Nehmerspule, die die Federbewegungen wieder in ein elektrisches Signal zurückwandelt.

Das Federhallsystem simuliert natürlichen Hall um einiges besser, als das eben beschriebene Slap-Echo es kann. Der Signalcharakter ist zufälliger, und die erzielbaren Hallzeiten sind länger. Eine billige Federkonstruktion läßt sich jedoch leicht übersteuern, insbe-



# Hallplatte

sondere durch tiefe Frequenzen, was sich auf der Hörseite durch das vertraute 'sproiiiiing' äußert und die Hall-Illusion jäh zerstört. Es gibt zwar einige sehr hochwertige Federhallgeräte (AKG BX-15, Great British Spring) auf dem Markt, aber die meisten erfahrenen Toningenieure schwören Stein und Bein, daß sie auch die beste Hallfeder akustisch als solche entlarven können.



Bild 2. Modernes, digitales Hallgerät. Programmierbar, erschütterungsunempfindlich und mit maximalen Hallzeiten, wie sie in keinem natürlichen Raum vorkommen.

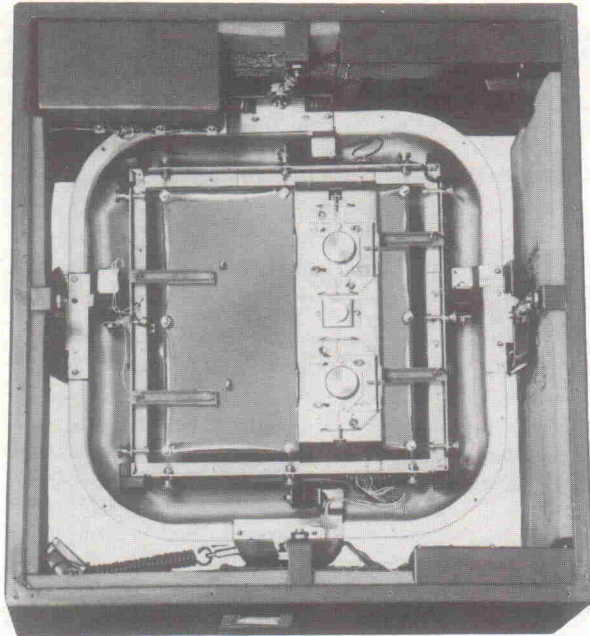


Bild 3. Die 24-karätige Goldauflage erlaubt kleine Abmessungen der Hallplatte von 270 x 290 mm (EMT 240).

Gerät entwickelt haben, verständlicherweise ihre Geheimnisse hüten.

## ...dann eben Hardware

Wenn sie auch nicht den Komfort eines Digitalgeräts bietet, so liegt die Hallplatte qualitätsmäßig doch deutlich vor dem Federhall. Dieser von EMT entwickelte Hallerzeuger ist seit vielen Jahren das meisteingesetzte System der professionellen Studios in aller Welt. Die Hallplatte hatte ursprünglich das Maß 4" x 8"; später, als das Patent ablief, baute EMT eine auf rund 30 x 30 cm verkleinerte Einheit und verwendete als Schwingungselement eine Kunststoffplatte mit Goldfolienüberzug. Zusätzlich zu der (eigentlich überflüssigen) Bemerkung, daß es sich hierbei um *das* Hallgerät schlechthin handelt, ist zum Thema Goldfolienhall nur noch zu sagen: Das kostet! Generell zum Thema Plattenhall läßt sich jedoch erfreut feststellen: Kann man selber bauen. Und damit geht's jetzt los!

Der Selbstbau beginnt mit dem Beschaffen einer verzinkten Stahlplatte. Sie wird später an 12 Punkten in einen Holzrahmen gespannt. Diese Punkte müssen mit zusätzlichen Blechen verstärkt werden, andernfalls würde die Spannung, die später auf der Platte entsteht, das Material an den Kanten zum Ausreißen bringen.

Die Verstärkungsplättchen werden zunächst an die Plattenkante gelegt, durchgebohrt und fest(!) mit der Platte verschraubt. Als nächstes bohrt man die Löcher, durch die die Ringaugenanker geführt werden, sowie ein kleines Loch als Orientierungshilfe für die Montage des die Platte erregenden Schallwandlers. Seine genaue Position ist nicht weiter kritisch; man sollte ihn jedoch nicht im unmittelbaren Plattenzentrum sowie auf den Flächenhalbierenden installieren. Der Schallwandler (auch unter der Bezeichnung 'Echonic' bekannt) wird immer wieder spora-

## ...wenn schon nicht $\mu P$

Dieses Verfahren ist die neueste Entwicklung auf dem Gebiet der Hallerzeugung. Diese Technik erlaubt die Simulation verschiedenartiger Raumcharakteristiken, von kleinen bis großen, von sehr 'trockenen' bis hin zu extrem halligen Räumen. Dazu kommen natürlich alle systemimmanenten Vorzüge rechnerunterstützter Musikelektronik: Verschiedene Hallparameter lassen sich vorprogrammieren; die Geräte verfügen heutzutage über einstellbare Hall-Vorverzögerer, Modulationsmöglichkeiten, Harmonizer, MIDI und, und, und...

Keines der anderen Verfahren bietet diesen Grad an Flexibilität. Die nie zum Verstummen zu bringenden Puristen verweisen zwar unermüdlich auf die (tatsächlich theoretisch nachweisbaren) Wandlerverzerrungen und eine gewisse Unnatürlichkeit des Sounds, gerade die Geräte der letzten Generation lassen diese Einwände jedoch als überholt erscheinen.

Nichts liegt näher, als jetzt zu sagen: 'Bau'n wir doch einfach mal so'n Ding!'

Würden wir gerne! Leider gibt es bis auf den heutigen Tag keinen einzigen Digitalhall, der als Bauanleitung zur Verfügung steht. Alles was bisher mit dem Etikett 'Digitaler Hall' zum Nachbau angeboten wurde, entpuppte sich als falsch getauftes Delay/Echo-Gerät, das im Vergleich zu einem echten Digitalhall ein technisches Kinderspiel darstellt. Wer sich einmal an die Entwicklung eines digitalen Hallsystems gewagt hat, wird schnell festgestellt haben, daß es sich bei diesem Unternehmen um eine mittlere Lebensaufgabe handelt. Das größte Problem stellt dabei das Entwickeln der Rechenalgorithmen dar, nach denen eine CPU einen digitalen Signalspeicher auslesen muß, um ein diffuses, zufälliges Hallsignal mit hoher Rückwurf-dichte entstehen zu lassen. Ohne auf die Einzelheiten einzugehen, ist festzustellen, daß diejenigen, die ein solches



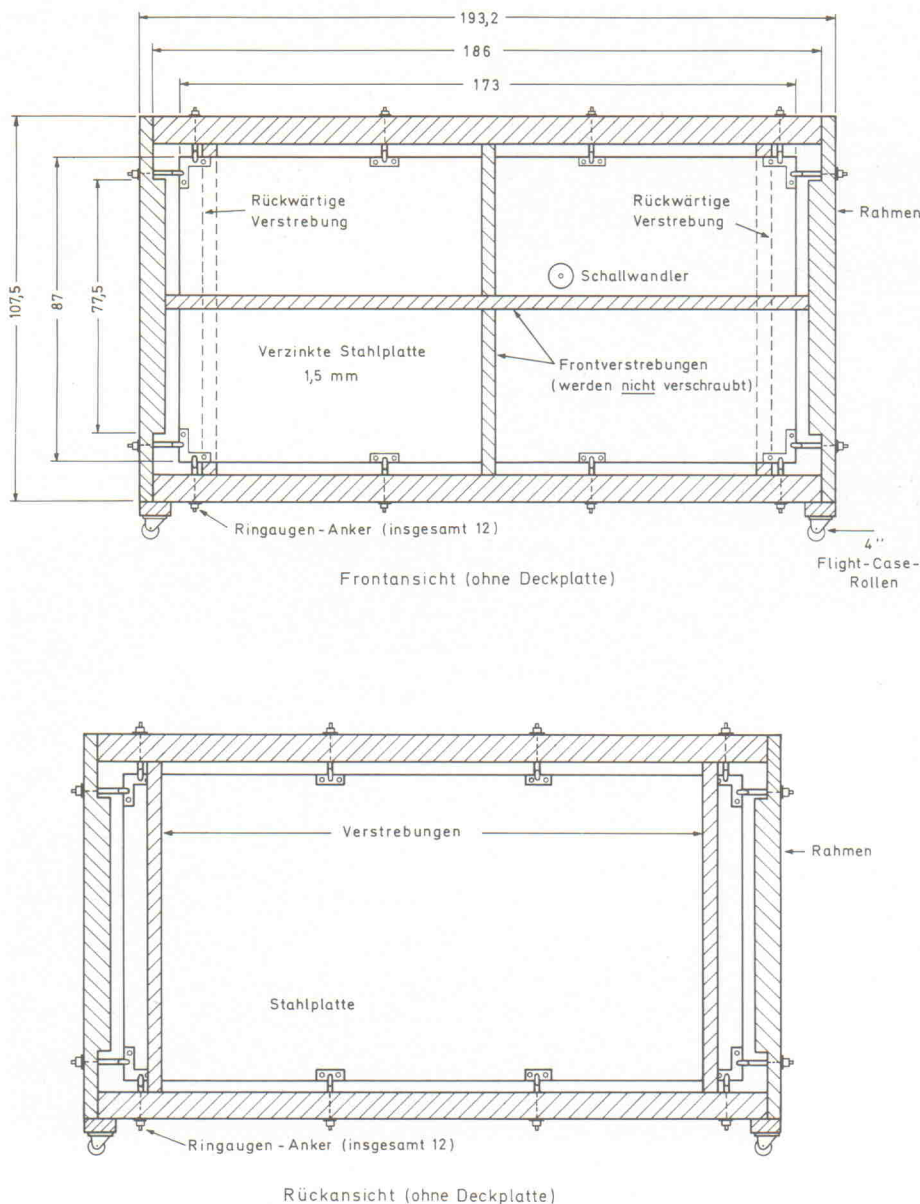


Bild 4. Vollständige Bemaßungen der Hallplatte. Die Verstrebungen werden durch die Spannung der Platte fixiert und nicht mit dem Rahmen verschraubt.

disch von verschiedenen Versandfirmen zu Preisen von 20...30 D-Mark angeboten, so daß ein konkreter Bezugsquellenhinweis an dieser Stelle entfallen kann.

Danach geht es an die Anfertigung des Rahmens (Bild 4). Man befestigt dessen Füße so, daß die Konstruktion vertikal ohne Stütze stehen kann. Durch den Holzrahmen werden Löcher für die Ringanker (Bild 9) gebohrt. Die Materialstärke der Spannschrauben sollte minimal 8 mm betragen; was darunter liegt, wird den erforderlichen Plattenspannkräften kaum standhalten.

Remix

Jetzt wird der Rahmen auf die Seite gelegt, die Stahlplatte eingehängt und die Einheit wieder vertikal aufgestellt. Das wird langsam schwieriger — die Sache wiegt inzwischen doch einiges.

Schließlich geht man um die Platte herum und zieht alle Spannbolzen noch einmal nach. Hierfür ist etwas Geduld nötig; das sorgfältige, nämlich gleichmäßige Spannen der Platte ist ein genau so wichtiger Arbeitsvorgang wie das Stimmen einer Trommel. Um unerwünschte Eigenresonanzen auf der Hallplatte zu vermeiden, müssen die Spannschrauben bis zum 'Geht-nicht-mehr' angezogen werden. Die

Sage berichtet, daß es bei EMT beim Spannen der Platte schon mal zum Abreißen der Spannbolzen kommen soll, was sich akustisch wie ein Gewehr-schuß ausnimmt.

Als nächstes bohrt man die Löcher für die Mikrofone in die (Holz-)Abdeckfrontplatte. Die Löcher müssen einen Durchmesser haben, der die Montage eines Mikrofons mit Vibrationsschutz erlaubt; das Mikrofon selbst darf mit der Holzplatte nicht unmittelbar in Berührung kommen.

### Mikrofonauswahl

Der Abstand der Mikrofone von der Stahlplatte sollte einerseits so klein wie möglich sein, andererseits muß ein direkter 'Materialkontakt' ausgeschlossen werden. Bei der Auswahl der Mikrofone sollte man omnidirektionalen Typen wegen des nicht auftretenden Nahbesprechungseffekts den Vorzug geben. Selbstverständlich kann auch eine kleine Elektret-Kapsel verwendet werden, die man mit Silikonkleber direkt auf die Platte klebt. Der große Vorteil: Das Loch auf der Abdeckplatte entfällt. Experimente mit Instrumenten-Pick-ups verliefen durchweg negativ; selbst der hochwertige Barcus Berry-Grand-Piano-Pick-up klang bei dieser Verwendung dünn und blechern.

Mit zwei Mikrofonen läßt sich von der Platte auch ein Pseudo-Stereosignal abnehmen. Die genauen Positionen der Mikros sollte man vor der endgültigen Montage noch einmal nach Gehör (Kopfhörer) und mit einem Korrelationsgradmesser (siehe dort) optimieren. Die Mikrofone sollten jedoch mindestens 15 cm Abstand zum Plattenrand haben.

Von Zeit zu Zeit sollte man die Mikrofonhalterungen checken, die Hallplattenspannung kontrollieren und gegebenenfalls die Spannschrauben nachziehen. Von der Reinigung der Hallplatte sollte man dagegen absehen. Kurioserweise — so berichten jedenfalls die Besitzer älterer Hallplatten — klingt ein leicht angerostetes System besser als ein neues. Wahrscheinlich, weil die rauhere Oberfläche für eine stärkere Klangdiffusion sorgt.

### Snaretauglich

Noch ein Wort zum Pseudo-Stereo-Effekt dieses Gerätes: Schallwellen breiten sich in Stahl etwa 12 mal schneller aus als in Luft, daher spielt die akustische Verzögerungszeit durch die Platte



# Hallplatte

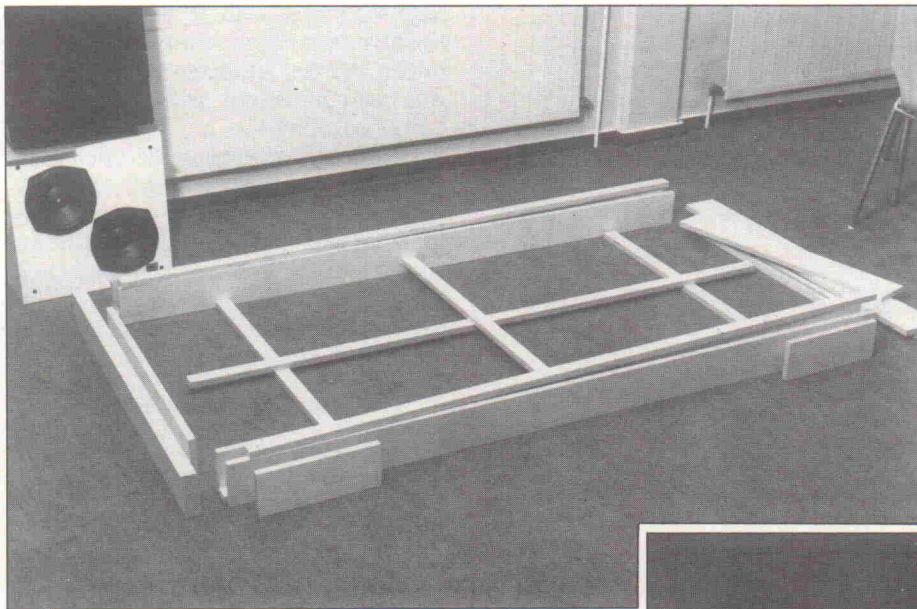
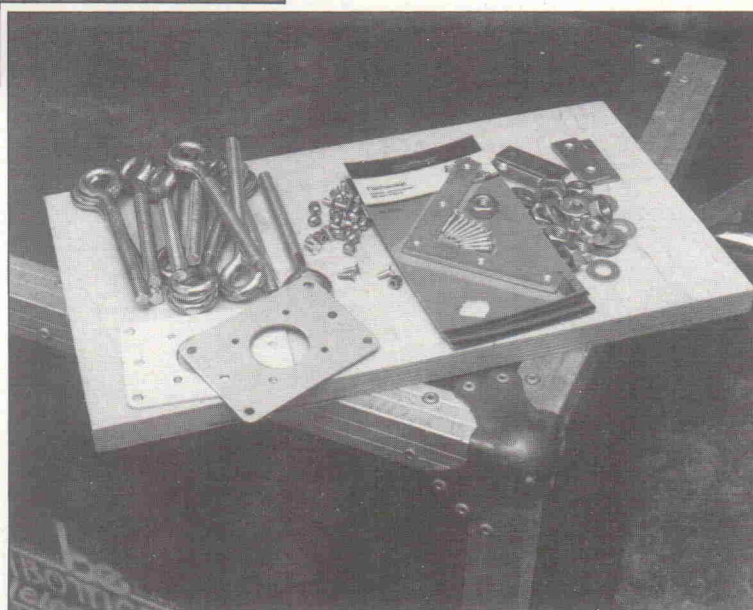


Bild 5. Materialzusammenstellung für das Hallsystem. Neben dem reinen Holzbedarf ...

... ist auch einiges an Metall-Hardware erforderlich, wie Winkel, Ringaugenanker, Schrauben und Muttern, Scheiben und Verstärkungsbleche. Bild 6.



eine vernachlässigbare Rolle. Wenn eine Hallverzögerung erwünscht ist, muß vor den Treiberverstärker ein Delay geschaltet werden.

Die beiden Mikrofone werden in unterschiedlichen Entfernungen von Treiber und Plattenrändern angebracht. Da die Platte nicht an ihrer gesamten Fläche eine völlig homogene Struktur sondern geringfügige Schwankungen hinsichtlich Stärke und Dichte aufweisen wird, ist damit zu rechnen, daß die Mikrofone keine klanglich identischen Signale aufnehmen. Dies führt zu der gewünschten zufälligen Verteilung der Phasenlagen, wie sie auch in einer echten Konzerthalle entsteht.

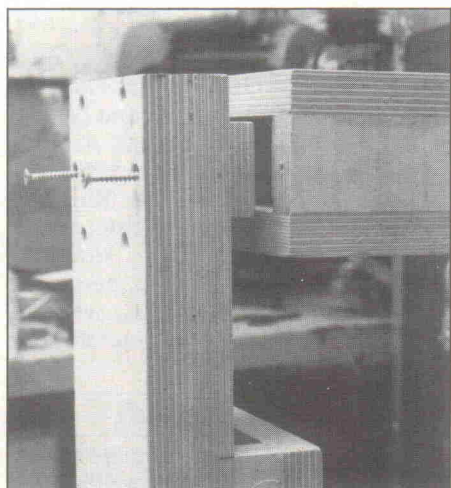


Bild 7. Der 'Maß-Spaß'. Eine derartige Verzapfung der Rahmenprofile bringt gute Stabilität.

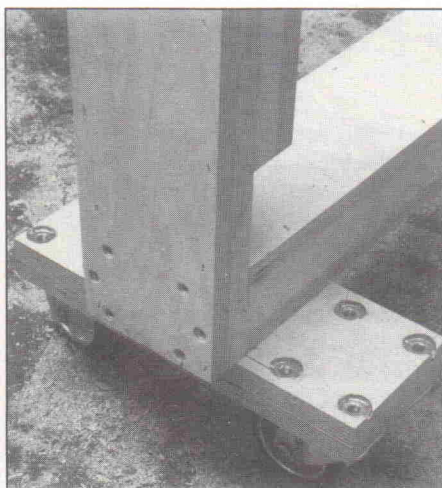


Bild 8. Eine stabile Rollenkonstruktion macht die zentnerschwere Einheit wenigstens etwas mobiler.

Schaltet man einen Equalizer zwischen die Aufnehmerkraft und den Reverb-Return-Bus am Mischpult, so kann man die hohen Frequenzen abschwächen, was den Hall noch natürlicher erscheinen läßt. Manchmal ist es auch erforderlich, das Signal zu filtern, bevor es über den Treiberverstärker auf den Schallwandler gelangt, um unerwünschte Resonanzen auf der Platte auszuschalten. Für den Treiberverstärker eignet sich übrigens jeder Kleinleistungsverstärker, der bei 0 dBm Eingangs-Signalspannung an 8  $\Omega$  eine Leistung von 2...5 W erzeugt.



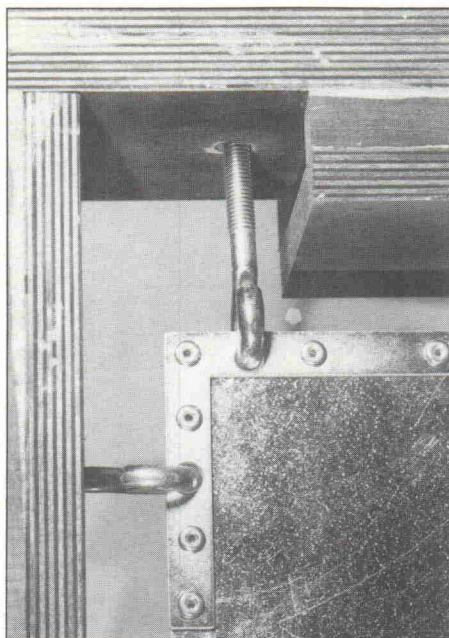
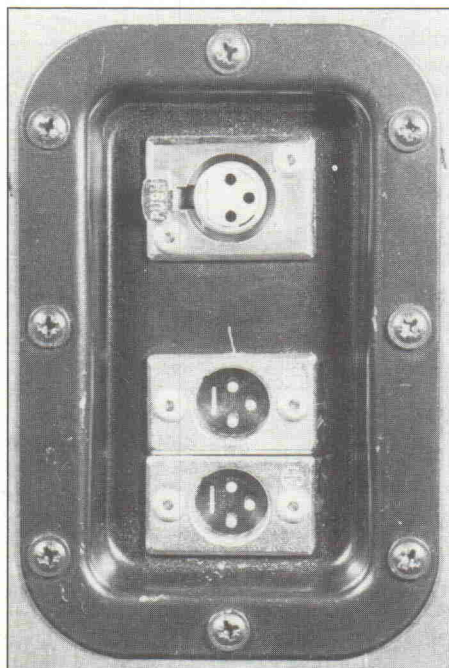


Bild 9. An den Punkten, wo die Platte mit den Ringaugenankern gespannt wird, verhindern Verstärkungswinkel ein Einreißen des Materials.

Bild 10. Verwendet man Miniatur-Mikrofone innerhalb des Hallsystems, empfiehlt sich die Installation eines solchen Anschlußfeldes mit XLR-Buchsen.



Remix

Um die Hallzeit einstellbar zu machen, muß zwischen Abdeckrahmen und Hallplatte ein Dämpfungselement installiert werden. Auch hier bieten sich wieder verschiedene Konstruktionsmöglichkeiten an. Bei der Verwendung einer größeren Dämpferplatte ist aber

### Keller und Kathedrale

unbedingt darauf zu achten, daß sie zwar so nahe wie möglich an die Platte herangefahren werden kann, diese jedoch auf keinen Fall berührt.

Bei den ersten Aufnahmen mit der fertiggestellten Halleinheit wird man leicht dazu neigen, mit zu hohen Hallanteilen zu arbeiten. Das richtige Maß zu finden, ist reine Erfahrungssache.

Selbst die gefürchteten 'Hallkiller' wie etwa Baß oder Snare-Drum kann man bedenkenlos mit diesem System verhalten, ohne daß am Ausgang das amüsische 'twang' erscheint, wie man es vom Federhall gewohnt ist.

Der einzige Nachteil der Platte ist, daß sie akustisch total von der lärmenden Außenwelt abgetrennt sein muß. Wer die Platte in seinem Studio fest installiert (und dafür ist sie eigentlich auch vorgesehen), sollte darauf achten und trotzdem die Mikrofonleitungen zu den Return-Eingängen am Mixer so kurz wie irgend möglich halten. Hat man einen kleinen, separaten Raum zur Verfügung, kann man hier mehrere Platten aufstellen, ohne daß sich ein störendes Maß an Übersprechen zwischen den Systemen ergibt. Wenn die räumlichen Gegebenheiten es verlangen, kann man die Halleinheiten auch wie einen Tisch seitlich hinlegen und die Räder weglassen.

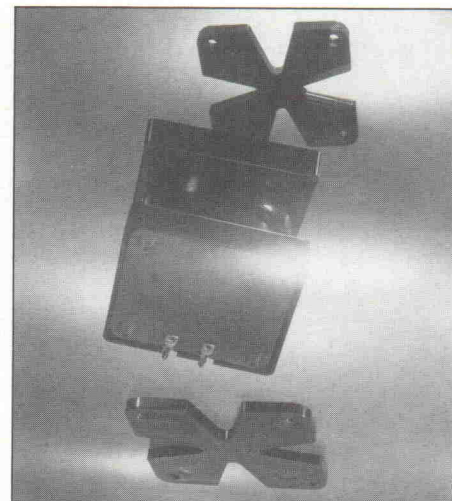


Bild 11. Ein solcher Klangwandler regt die Hallplatte an. Er wird am besten mit Klischeefolie aufgeklebt.

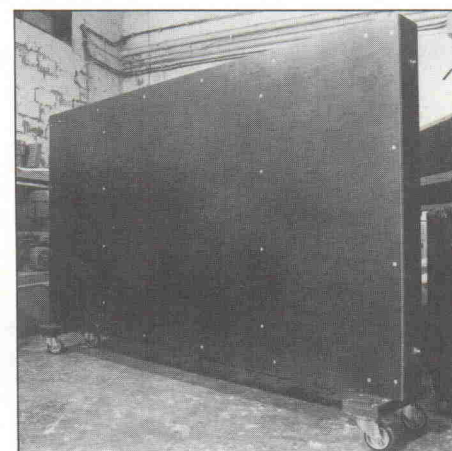


Bild 12. Fertig! Das Hallsystem eignet sich für den vertikalen wie horizontalen Betrieb. Es muß vom Aufnahme- und Regieraum akustisch isoliert werden.

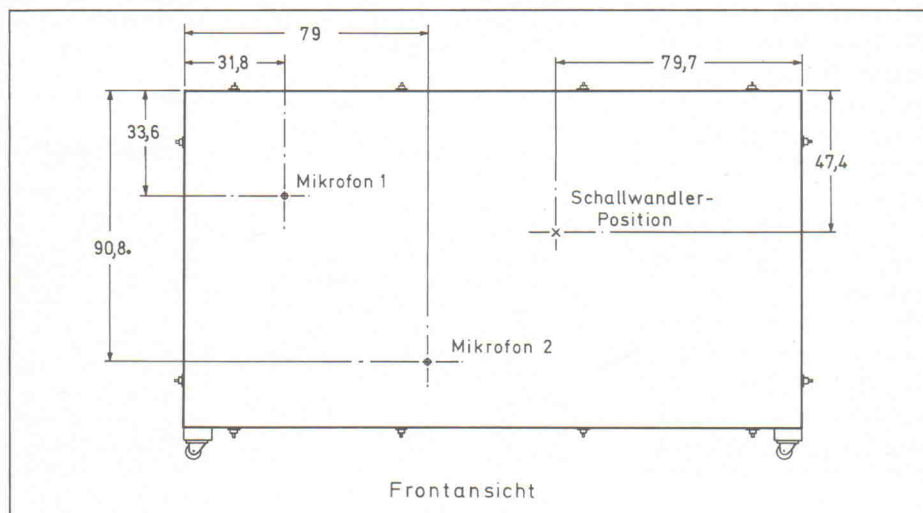
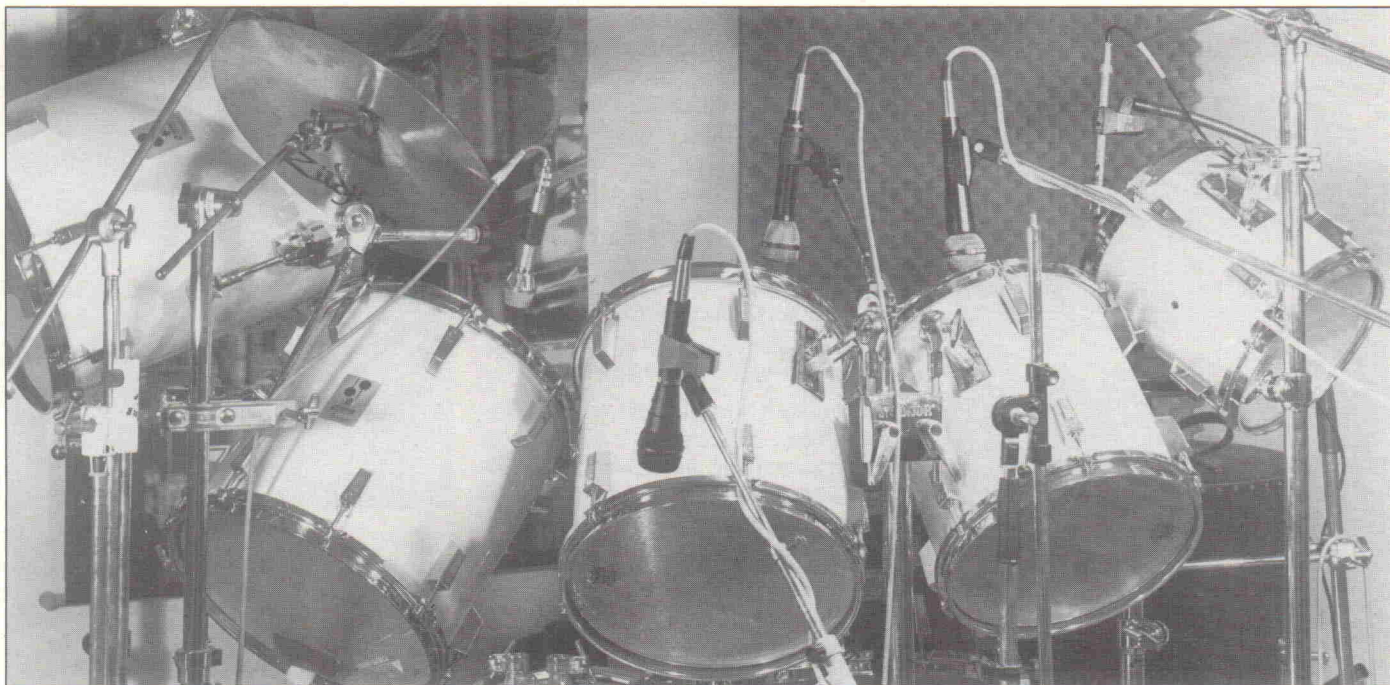


Bild 13. Positionen von Treiber und Mikrofonen in der Stereo-Version.





**Die Schwächsten in der Kette**

# Studio-Mikrofontechnik

**Günter Zierenberg**

Aus der heute unübersehbaren Auswahl an Mikrofonen ist es für Musiker wie Studioleute gleichermaßen schwierig geworden, 'ihre' richtigen Mikros herauszufinden. Und immer wieder tauchen die gleichen Fragen auf: Braucht man nun ein Mikrofon mit Nieren- oder Kugelcharakteristik? Reicht ein dynamisches Mikrofon oder muß es die teure Kondensatorausführung sein?

Es ist bekannt, daß die Übertragungsqualität einer Audio-Kette nur so gut wie ihre schwächsten Glieder sein kann. Verstärker, Mischpulte, Equalizer und die meisten neuzeitlichen Effektgeräte schaffen relativ problemlos und ohne große Abweichungen den gesamten Audio-Frequenzbereich von 20 Hz...20 kHz. Bei den Schallwandlern sieht es da schon anders aus: Mikrofone und Lautsprecher, die elektrische Ströme in Schallwellen, bzw. Schallwellen in elektrische Ströme umsetzen müssen, glänzen nicht gerade mit einem linearen Frequenzgang und haben — verglichen mit anderen Komponenten — einen hohen Klirrfaktor sowie schlechtes Impulsverhalten.

Da die Lautsprecher, im Gegensatz zum Bühnenbetrieb, im Studio keine klangbestimmen-

de Rolle spielen (zumindest nicht bei dem, was letztlich auf Band kommt), gelten als kritische Komponenten in der Aufnahmetechnik hauptsächlich Schallspeicher (Bandmaschine) und Mikrofone. Und zu letzteren gibt's jetzt erst einmal einen Hauch von Theorie.

### Wandlerprinzipien

Da im Bühnenbereich bis auf ganz spezielle Ausnahmen durchweg mit dynamischen (Tauchspul-) Mikrofonen gearbeitet wird, finden sich diese auch in den meisten Homerecording-Studios wieder, wo Musiker ihre Bühnenausrüstung natürlich so weit wie irgend möglich auch für Demo-Aufnahmen o.ä. einzusetzen versuchen. Ein dynamisches Mikrofon arbeitet ähnlich wie ein Lautsprecher mit Spule und Membran, ist robust und klingt

weich und warm. Von Nachteil sind allerdings die recht mäßige Übertragung der hohen Frequenzen sowie Klangverfärbungen in den Mittellagen. Vorteil: Dynamische Mikrofone vertragen sehr hohe Schalldrücke.

Kondensatormikrofone sind da wesentlich empfindlicher (auch empfindlich teurer). Dafür klingen sie sauberer, in den Höhen klarer, übertragen ein breites Frequenzspektrum und verhalten sich klangneutral. Nachteilig sind, wie schon erwähnt, der hohe Preis und die höhere Empfindlichkeit; zu nah vor einem Blasinstrument oder am Schlagzeug aufgestellt, neigen Kondensatormikrofone zu deutlich hörbaren Verzerrungen.

Ihre preiswerten Vettern, die Elektret-Kondensatormikrofone, stehen — häufig zu Unrecht — in keinem besonders guten Ruf. Das liegt hauptsächlich daran, daß sie den meisten Anwendern zunächst einmal in minderwertiger Billigausführung aus dem Angebot irgendeines Elektronik-Shops in die Hände geraten sind. Dennoch: Ein gutes Elektret-Mikrofon kostet normalerweise genau so viel wie ein gutes dynamisches und kommt bis auf kleine, prinzipbedingte Nachteile (dickere Membran) dem Kondensatormikrofon technisch wie klanglich recht nahe.



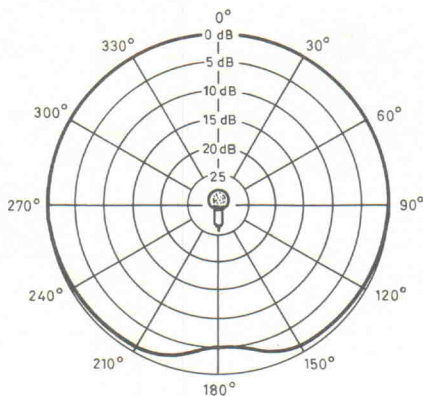


Bild 1. 'Richt'-Charakteristik eines Kugelmikrofons. Der Schall wird aus allen Richtungen in gleicher Stärke aufgenommen.

Zweites wichtiges Kriterium bei der Mikrofonwahl ist die Richtcharakteristik. Mikrofone mit Kugelcharakteristik (Omnis) nehmen den Schall aus allen Richtungen gleich laut auf und berücksichtigen daher ne-

### Richtcharakteristiken: Kugel...

ben dem aufzunehmenden Instrument auch alle Hintergrundgeräusche sowie den Raumhall. Aus diesem Grund werden Kugelmikrofone überall dort eingesetzt, wo man die Hintergrundgeräusche mit aufnehmen oder eine Schallquelle mit großer räumlicher Ausdehnung erfassen muß (Orchester, Chöre). Auch im Studio, wo alle ambienten Geräusche gut unter Kontrolle sind, können Kugelmikrofone hervorragend eingesetzt werden.

Omnis haben einen wesentlich geradlinigeren Frequenzgang sowie eine bessere Tiefenwiedergabe als Nierenmikrofone (siehe dort) und sind unempfindlich gegen Windgeräusche sowie Pop- und Zischlaute. Entferntere Schallquellen werden ohne Klangeinbußen aufgenommen. Auf der Bühne werden Omnis eigentlich nur deswegen gemieden, weil sie die Rückkopplungsgefahr erhöhen, die im Live-Betrieb ohnehin schon ein schwieriges Problem darstellt.

### ...Niere

Das Nierenmikrofon — häufig auch als Unidirectional oder Cardioide bezeichnet, nimmt den von vorn einfallenden Schall bevorzugt auf; der von hinten auf das Mikrofon tref-

fende wird unterdrückt. Im Vergleich zum Omni darf die Entfernung des Mikrofons zur Schallquelle 1,7 mal größer sein. Cardioide haben leider auch Nachteile: Die Richtcharakteristik ist frequenzabhängig; hohe Frequenzen werden nur in einem wesentlich engeren Winkel berücksichtigt als tiefe. Der Klang ist darüber hinaus von der Entfernung der Schallquelle zum Mikrofon abhängig. Dieses Phänomen trägt

den Namen Proximity- (Nahbesprechungs-) Effekt und bedeutet in der Praxis: Führt man bei einer Gesangsaufnahme das Mikrofon nahe an den Mund, so werden die tiefen Frequenzen überproportional verstärkt; die Stimme klingt kraftvoll und 'bassig', aber schon bei einem Abstand von 30 cm vom Mund klingt sie dünn. Ist dieser Effekt bei Gesangsmikros (besonders auf der Bühne) noch erwünscht, so erweitert er sich jedoch bei anderen Einsatzbereichen des Mikrofons als störend.

Dies gilt z.B. auch für die Aufnahme einer akustischen Gitarre. Da es für den Gitarristen praktisch unmöglich ist, ständig eine konstante Entfernung zum Mikrofon einzuhalten, klingt das Instrument mal dröhnend und mal kraftlos.

Eine Sonderform des Nierenmikrofons stellt die Hypernieren dar, die für einen ähnlichen Aufnahmebereich verwendet wird, jedoch eine noch ausgeprägtere Richtcharakteristik aufweist.

Abschließend sei der Vollständigkeit halber noch auf zwei im

Studiobereich weniger gebräuchliche Mikrofonarten eingegangen.

Achter- (Bi-direktionale) Mikrofone besitzen für den von vorn und hinten einfallenden Schall ihre volle Empfindlichkeit, seitlich auftreffender

### ...Keule und Acht

Schall wird dagegen unterdrückt. Achtermikrofone werden nur noch selten eingesetzt. In ihren Vorzügen ähneln sie dem Kugelmikrofon. Die bekannteste Einsatzmöglichkeit besteht in der Aufnahme von Dialogen, bei der das Mikrofon zwischen zwei sich gegenüberstehenden Sprechern aufgestellt wird. In manchen Studios kommt es auch für Klavier- und Choraufnahmen zum Einsatz.

Keulen- (Shotgun/Ultra-directional) Mikrofone haben von allen besprochenen Mikrofonen die stärkste Richtcharakteristik. Da sie jedoch den anderen Mikrofonarten klanglich unterlegen sind, werden sie nur dort eingesetzt, wo man aus ir-

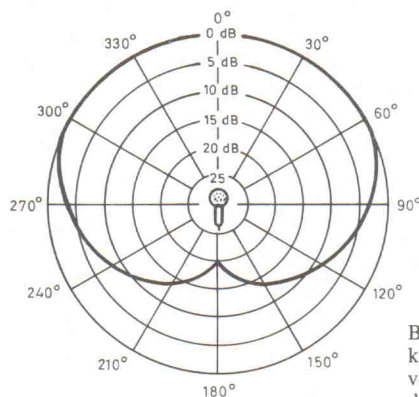


Bild 2. Nierenmikrofon. Für den von vorn einfallenden Schall ist das unidirektionale Mikrofon 1,7 mal empfindlicher als das Omni.

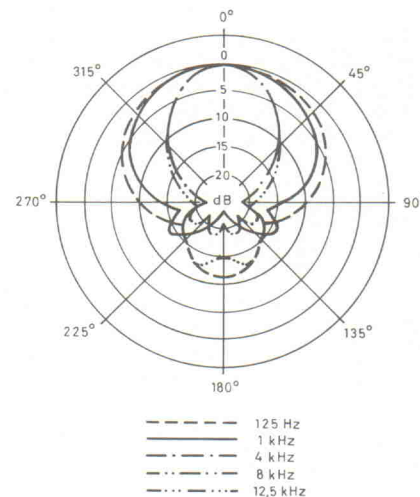


Bild 4. Die Empfindlichkeit in Abhängigkeit vom Schalleinfallswinkel ist beim Richtmikrofon frequenzabhängig. Das Bild zeigt einige charakteristische Kurven.

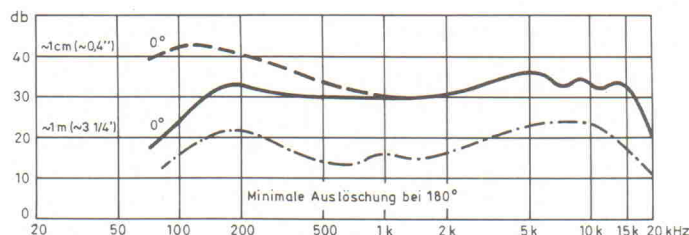


Bild 3. Eine typische Erscheinung bei Nierenmikrofonen ist die Anhebung tiefer Frequenzen bei Nahbesprechung (Proximity-Effekt).



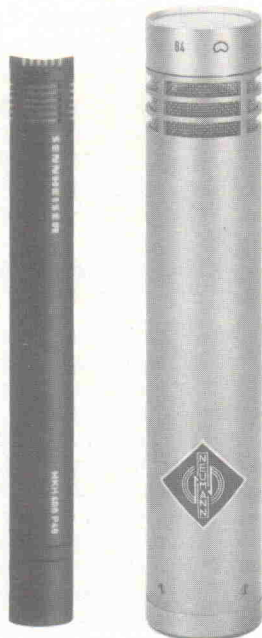


Bild 5. Zwei Nieren-(Kondensator-)Mikrofone mit wenig ausgeprägtem Proximity-Effekt; Sennheiser MKH 406 und Neumann KM 84.

gendwelchen Gründen nicht nahe genug an eine bestimmte Schallquelle herankommt. Daher beschränkt sich die Verwendung auf Außenaufnahmen, insbesondere auf Reportagen in lärmenden Menschenmengen oder Filmaufnahmen, bei denen das Mikrofon nicht in den 'Blickwinkel' der Kamera geraten darf.

## Exoten

Zwei besondere Mikrofonführungen haben in den letzten Jahren in breiter Front Einzug auf die Bühnen und in die Studios gehalten.

Da sind zunächst die PZMs (Pressure Zone Microphones). Um ihre Vorteile richtig einschätzen zu können, muß zunächst auf das Problem der Kammfiltereffekte bei der Mikrofonaufnahme kurz eingegangen werden:

Kammfiltereffekte (wie sie beim Phasing und Flanging absichtlich erzeugt werden) entstehen, wenn am Mikrofon der Direktschall vom Klangkörper mit den verspäteten, von den Wänden reflektierten Schallwellen zusammentrifft. Dadurch entstehen Phasenauslö-

sungen, die die in Bild 7 gezeigten Frequenzeinbrüche verursachen und sich übrigens akustisch weit weniger dramatisch auswirken, als es die Kurve vermuten läßt.

PZMs schaffen Abhilfe. Die ersten Ausführungen wurden in den USA von der Firma Crown entwickelt. Inzwischen haben auch fast alle europäischen Hersteller ein Mikrofon dieser Bauart im Programm.

PZMs werden ca. 0,2 mm über einer Platte angebracht. Sie nutzen den Vorteil, daß sich direkt vor der Platte die reflektierenden und direkten Schallwellen nur addieren, nicht jedoch auslöschen können. Die Richtcharakteristik entspricht einer Halbkugel. Deshalb eignen sich zwei gegenüberliegend auf eine Platte montierte PZMs gut für reine Stereoaufnahmen (Bild 9). Die Platte sollte tunlichst dort aufgestellt werden, wo sich der Kopf des Zuhörers befinden würde.

Eine zweite, relativ junge Entwicklung betrifft die Miniatur-Mikrofone. Es handelt sich hierbei um winzige Omnis (meistens Elektret-Technik) mit einem extrem weiten und geradlinigen Frequenzgang. Sie werden direkt an das aufzunehmende Instrument angebracht (im einfachsten Fall aufge-

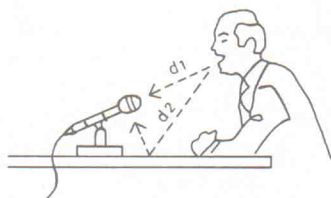
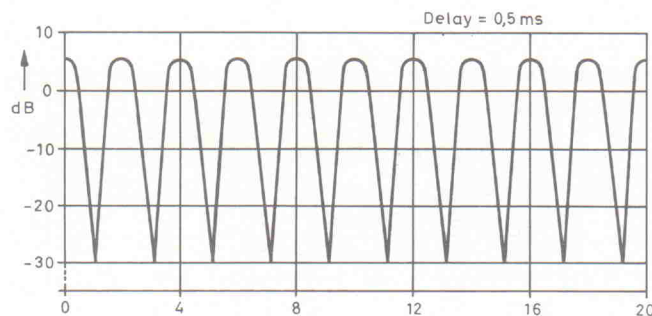


Bild 6. In dieser Aufstellung nimmt das Mikrofon zwei zeitverschobene Signale auf, ...



... das Ergebnis ist ein Kammfilter-Frequenzgang, der sich durch ebenso gleichmäßige wie drastische Einbrüche auszeichnet. Bild 7.

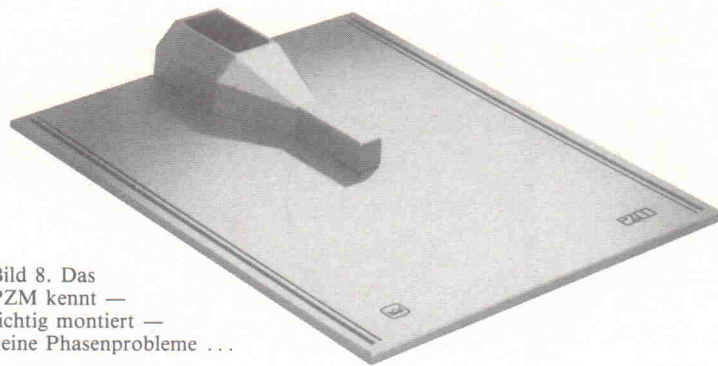
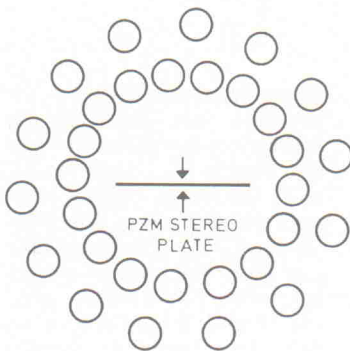


Bild 8. Das PZM kennt — richtig montiert — keine Phasenprobleme ...



... und eignet sich gut für die Stereo-Abnahme eines großen Klangkörpers, beispielsweise eines Chores in der gezeigten Aufstellung. Bild 9.

klebt) und eignen sich so montiert für die Abnahme fast aller Klangkörper, lassen sich aber auch wie ganz normale Omnis verwenden.

Wir haben einige dieser Minis getestet und sind dabei zu folgenden (natürlich subjektiven) Urteilen gekommen:

Hersteller/Produktbezeichnung	(subjektiver) Höreindruck	Preis (unverbindlich)
Alphaton	offen, sauber	435 D-Mark
Countryman Isomax*	sauber, warm	427 D-Mark
Fender M1	'crispe' Höhen, nicht klangneutral, sehr gut für Snare/Gitarre	375 D-Mark
Crown GL	nicht offen im Klang	410 D-Mark
Electro Voice RE 85	wenig Höhen, technisch überholt	460 D-Mark
Shure SM 11	wie RE 85	362 D-Mark
Sennheiser	unprofessionell, unsymmetrisch, muffiger Klang	245 D-Mark
Becker	wie Sennheiser, klanglich dünn	190 D-Mark

\* auch als Cardoid, Hypercardoid und mit Acht-Charakteristik erhältlich. Alle aufgeführten Mikrofone sind Elektret-Typen. Ausnahmen: RE 85 und SM 11 (dynamisch). Countryman benötigt 48-V-Phantomspeisung.

## Das richtige Mikro am richtigen Platz

Schlechte Mikrofone gibt es eigentlich nicht. Höchstens das falsche Mikro am falschen Platz. Selbst mit 'schlechten' Mikrofonen ist es möglich, gute, eventuell sogar interessant verfremdete Aufnahmen zu machen. Der Klang einer Aufnahme ist sehr stark von der Position des verwendeten Mikrofons abhängig. Eine Snare-



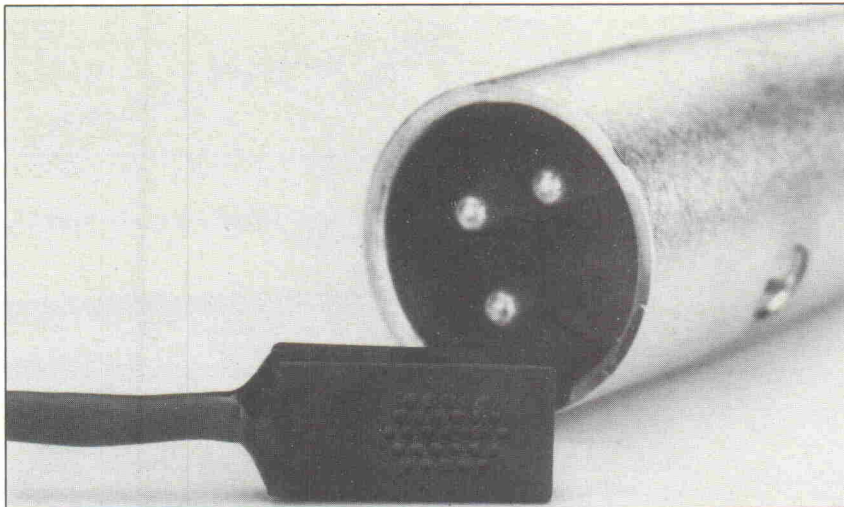


Bild 10. Miniaturmikrofon (Countryman) im Größenvergleich mit einem XLR-Stecker.

aufnahme beispielsweise ändert sich klanglich total, wenn man die Trommel statt von oben von der Unterseite abnimmt.

Die richtige Platzierung der Mikrofone ist mindestens so wichtig wie die Auswahl beim Kauf, daher sollte, wer 500 D-Mark in Mikrofone investiert auch noch ein paar Mark für Literatur übrig haben, die es, gerade was das Thema 'Mikrofonaufstellung' betrifft, in reichlichem Maße zu erwerben gibt. Merke: Auch die besten Mikrofone werden erst durch eine zweckmäßige Platzierung den Klangerwartungen des Musikers gerecht. Die nachfolgenden Vorschläge zur Mikrofonaufstellung sollen denn auch mehr als eine Grundlage für eigene Experimente verstanden werden und weniger als unbedingt verbindliche Gesetze.

## Keyboards

Normalerweise werden die bekannten E-Pianos wie das Fender Rhodes, Wurlitzer, Hohner D 6 und E 7 u.ä. direkt an den Mischpulteingang angeschlossen. Das große Problem dieser Instrumente ist der immense Dynamikumfang, mit dem Mischpulte und Verstärker gleichermaßen schlecht zurechtkommen. Aus diesem Grund ist für die Aufnahme dringend die Verwendung eines Kompressors (Limiters) zu empfehlen. Der Obertongehalt der tiefen Töne des Fender Rhodes ist von der Anschlagstärke abhängig (Bild 11). In den hohen Lagen sind kaum noch Obertöne vorhanden; das Frequenzspektrum des Instruments endet daher bei ca. 4,5 kHz.

Auch Orgeln werden üblicherweise direkt in den Mixer gespielt, lediglich beim Betrieb mit einem mechanischen Leslie müssen sie mit drei Mikrofonen abgenommen werden, zwei davon sind für den rotierenden Hochtöner und ein weiteres für den Baßlautsprecher vorgesehen. Für den letztgenannten Einsatzbereich empfiehlt sich natürlich ein Mikrofon mit guter Baßwiedergabe, etwa ein

nahen Position und rückt im 30 cm Abstand vom Flügel ab, bis ein optimaler Klangeindruck erzielt ist, in den dann selbstverständlich auch der natürliche Hall des Aufnahme- raumes eingeht.

## E-Gitarre und E-Baß

Beide Instrumente bereiten bei der Aufnahme eigentlich keine

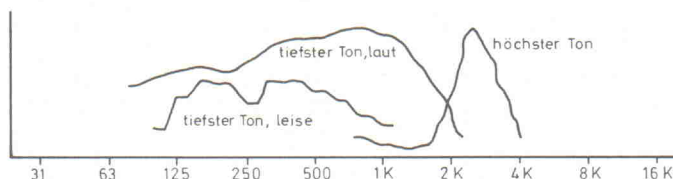


Bild 11. Frequenzgang eines Fender Rhodes-E-Pianos in Abhängigkeit von der Anschlagstärke.

AKG D12 (112) oder ein gutes Bändchenmikrofon. Vor dem Hochtöner werden zwei Mikrofone, die nicht unbedingt der Spitzenklasse angehören müssen, im 90°-Winkel zueinander angeordnet. Der Abstand aller Mikrofone vom Leslie sollte 1 m nicht unterschreiten.

## Klavier und Flügel

Soweit es die reine Aufnahmetechnik betrifft, machen Klavier und Flügel eigentlich keine besonderen Probleme. Die gibt es da schon eher mit der richtigen Studio-Akustik. Einen großen Konzertflügel überzeugend aufnehmen können in Deutschland nur wenige Studios.

Am besten eignet sich dafür ein kleiner, nicht zu halliger Saal. Die Mikrofon-Positionierung erfolgt, wie in Bild 12 gezeigt. Wenn man unsicher ist, welche Entfernung am günstigsten ist, beginnt man mit einer relativ

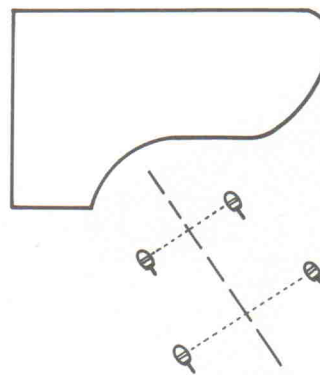


Bild 12. Abnahme eines Konzertflügels. Mit der Mikrofonentfernung sollte ein bißchen experimentiert werden.

großen Schwierigkeiten. Das größte Problem stellen besonders bei E-Gitarren die für Störstrahlungen aller Art stets aufnahmebereiten Tonabnehmer dar. Meistens findet man aber im Aufnahmerraum irgendeinen Punkt, an dem diese Störungen am geringsten sind. Um zumindest in den Spielpausen Ruhe zu schaffen, empfiehlt sich häufig die Verwendung eines Noise Gates.

Die Baß-Gitarre wird im Studio häufig mit Mikrofon und Direct-Box gleichzeitig auf zwei Spuren aufgenommen, um beim Remix zwischen zwei verschiedenen Sounds wählen zu können, wobei der mit dem Mikrofon aufgenommene Klang natürlich auch die Klangeigenschaften der verwendeten Lautsprecherbox wiedergibt. Bei dieser Abnahme wird im Studio gern ein Neumann U 87 oder dessen ältere (Röhren-) Version benutzt. Soll der Sound mittlerer und der Geldbeutel weniger strapaziert werden, kann alternativ auch ein Sennheiser MD 441, ein AKG D 12 (112) oder ein Countryman zum Einsatz kommen.

Eine E-Gitarre per Direct-Box einzuspielen, ist nur dann sinnvoll, wenn ein klarer, sauberer Sound erzeugt werden soll. Dies soll aber meistens nicht der Fall sein. Zumindest nicht in der Rock-, Blues- oder Popmusik. Hier spielt der Sound des Gitarrenverstärkers die entscheidende Rolle. Er bestimmt, ob die Gitarre 'Drive' hat, und ist in diesem Fall das wichtigste Glied in der Aufnahmekette. Dem Mikrofon kommt eine eher untergeordnete Bedeutung zu, es wird auch nicht besonders gefordert. Das Frequenzband einer Gitarre ist nicht breit; die meisten Tonabnehmer schaffen kaum mehr als eine obere Grenzfrequenz von 7 kHz. Deshalb reichen für die E-Gitarren-Aufnahme preiswerte dynamische Mikrofone wie das Shure 588, 565, SM 56, SM 57, Sennheiser MD 421 und ähnliche. Kondensatormikrofone sind wegen der auftretenden hohen Lautstärken weniger geeignet.

Das Mikrofon wird möglichst dicht vor den Lautsprecher gestellt und zwar möglichst genau auf dessen Mitte zeigend, da hier die meisten Höhen abge-



# Mikrofone

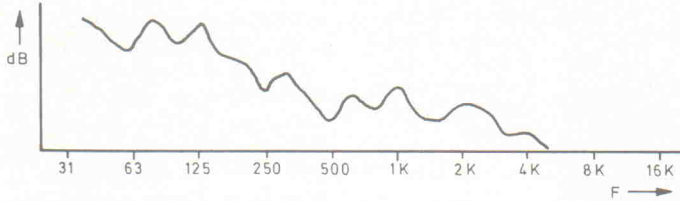
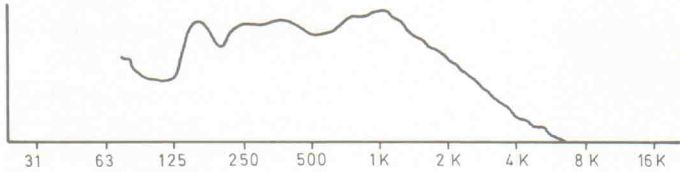


Bild 13. Frequenzverlauf eines E-Basses ...



... und einer E-Gitarre. Der eingeschränkte Frequenzgang erlaubt die Verwendung eines beliebigen, dynamischen (Gesangs-)Mikrofons ...

strahlt werden. Hat der Verstärker zwei Lautsprecher (oder mehr), so sollte man darauf achten, daß die anderen Lautsprecher so wenig wie möglich in das Mikrofon miteinstrahlen, da sonst die vorhin schon erwähnten Kammfilter-Effekte auftreten.

## Akustische Gitarre

Auch hier treten wieder keine besonderen Probleme auf. Man braucht lediglich ein gutes Kondensatormikrofon in Kugel- oder Nierenausführung. Die genaue Position hängt von den Klangvorstellungen ab. Die meisten bevorzugen eine Aufstellung zwischen Schalloch und Steg. Dabei gilt: Je näher am Schalloch, desto mehr Bässe werden übertragen. Eine wichtige Rolle bei der Mikro-

fonpositionierung spielt auch die Entscheidung, ob das 'Quietschen' mitübertragen werden soll, das entsteht, wenn Akkorde 'umgegriffen' werden.

Bei der gleichzeitigen Aufnahme von Gesang und Gitarre ist ein gemeinsames Mikrofon dann ausreichend, wenn der Gesang im Vordergrund steht und ein Abstand von ungefähr 30 cm zwischen Mund und Mikrofon eingehalten wird. Das Mikrofon sollte möglichst keinen ausgeprägten Nahbesprechungseffekt aufweisen. In Frage kommen hier das Sennheiser MD 441, Shure SM 59 oder Electro Voice PL 11.

Wenn Gesang und Gitarre im Vortrag gleichrangig sind, müssen zwei getrennte Mikrofone verwendet werden. Bezüglich ihrer Auswahl und Aufstellung



... wie etwa des Sennheiser MD 421. Bild 15.

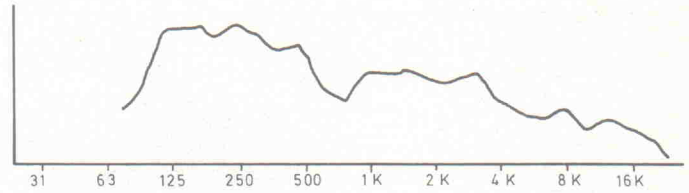
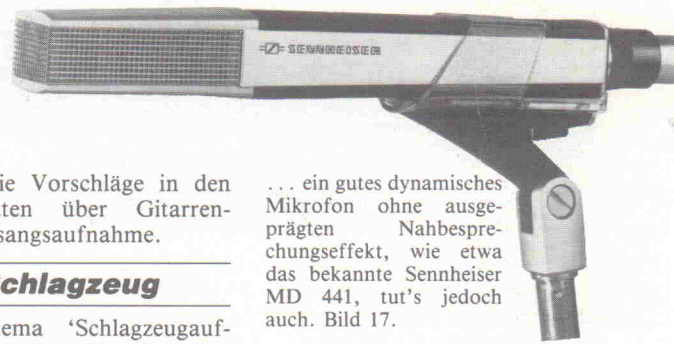


Bild 16. Für die Abnahme der akustischen Gitarre eignen sich natürlich hervorragend teure Kondensatormikrofone ...



gelten die Vorschläge in den Abschnitten über Gitarren- bzw. Gesangsaufnahme.

## Schlagzeug

Das Thema 'Schlagzeugaufnahme' hat sich als schier unerschöpflich erwiesen. Das beweisen die zahlreichen Veröffentlichungen, die sich anhand dieses schwierig aufzunehmenden Instruments mit der hohen Schule der Mikrofon-Aufstellungstechnik beschäftigen. Viele Drummer sind der dabei auftretenden Probleme inzwischen überdrüssig geworden und machen sich — wie viele Studios auch — das Leben mit elektronischen Drums leichter und billiger. Dabei wissen sie alle: Das Naturschlagzeug wird wegen seiner bekannten Vorteile auch langfristig kaum ganz abzuschütteln sein.

Wodurch macht es sich im Studio so unbeliebt? In erster Linie ist hier der äußerst aufwendige Soundcheck zu nennen, bei dem das Übersprechen zwischen den am Set verteilten Mikrofonen das größte Problem darstellt. Wenn vielleicht das einzelne Instrument noch ganz gut klingen mag, so kommt beim Mix häufig statt eines differenzierten Drumsounds nur noch ein undefinierter Klangbrei zustande. Es ist eben leider nicht so, daß die Snare auch wirklich nur vom Snare-Mikrofon übertragen wird.

Es gibt zwei Möglichkeiten, hier Abhilfe zu schaffen: Zum einen durch die Mikrofonanstellung dicht an oder womöglich sogar *in* der Trommel oder durch Verwendung von Noise Gates (siehe dort).

Jetzt zu den einzelnen Schlaginstrumenten:

... ein gutes dynamisches Mikrofon ohne ausgeprägten Nahbesprechungseffekt, wie etwa das bekannte Sennheiser MD 441, tut's jedoch auch. Bild 17.

## Baß-Drum

Für die Baß-Drum gilt wie für alle anderen Trommeln auch: Nur wenn sie sorgfältig hergerichtet und gestimmt ist, wird sie auch bei der Abnahme gut klingen. Bild 18 zeigt den Frequenzverlauf einer Fußtrommel. Der Grundton liegt je nach Durchmesser des Instruments bei ca. 50 Hz. Die Obertöne liegen maximal drei Oktaven über dem Grundton. Hinzu kommen die Anschlaggeräusche, die bis zu 5 kHz erreichen.

Bei der Mikrofonabnahme wird meistens ganz auf das Resonanzfell verzichtet oder ein kleines, rundes Loch hineingeschnitten. Die Baß-Drum wird je nach persönlichen Klangvorstellungen mehr oder weniger bedämpft, entweder durch Decken oder Kissen, die man in die Trommel legt, oder durch das Bekleben der Kesselwände mit schallabsorbierendem Schaumstoff. Das Dämm-Material darf das Schlagfell übrigens ruhig berühren.

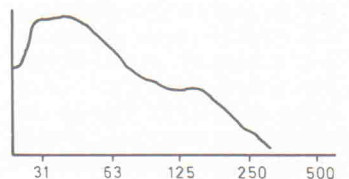


Bild 18. Grundton einer Baß-Drum. Die Anschlaggeräusche reichen jedoch bis ca. 5 kHz.





Bild 19. Häufigste Lauscher in der Fußtrommel sind das AKG D12 ...



... und sein Nachfolger D112. Bild 20.

Trotz aller Dämpfung wird die Lautstärke in der Baß-Drum noch so hoch sein, daß lautstärkeempfindliche Mikrofone wie Bändchen, Elektret und die meisten Kondensatormikrofone nicht benutzt werden können. Letztere mit Ausnahme des Neumann U 47 (max. 147 dB) und des Countryman (max. 152 dB). Normalerweise wird den dynamischen Mikrofonen hier der Vorzug gegeben. Häufigster Lauscher in der Baß-Drum ist das AKG D 12, das jedoch vielen zu dick und dröhnig klingt. Ausweichmöglichkeiten bestehen in der Verwendung eines AKG D 1200 oder eines Sennheiser 441, die fester, fast schon brettern klingen. Als Low-Cost-Lösung kann man auch ein E-Voice PL 5 oder PL 9 ausprobieren.

Die Platzierung des Mikrofons spielt eine nicht zu unterschätzende Rolle: Der Abstand zum Schlagfell sollte 10...15 cm betragen. Das Mikrofon sollte nicht ausgerechnet auf die Fellmitte zielen. Hier sind die Lautstärken und damit das Übersteuerungsrisiko am größten.

### Snare

Der Grundton einer Snare liegt bei ungefähr 140 Hz, solange ohne angezogenen Snareteppich gespielt wird. Mit Teppich reicht das Frequenzspektrum bis über 10 kHz. In aller Regel wird auch die Snare vor der Aufnahme je nach Geschmack gedämpft, damit sie kurz, trocken und dennoch satt klingt.

Remix

Die Snare, meistgespielte Trommel am Schlagzeug, verlangt die Aufstellung eines guten Mikrofons, das auch die feinen Obertöne sauber überträgt und bei dessen Anschaffung man nicht übertrieben sparsam sein sollte. Am besten klingen Kondensatormikrofone wie das Neumann, AKG CK 1, und das Countryman, bei den dynamischen Ausführungen klingen das Sennheiser 441,

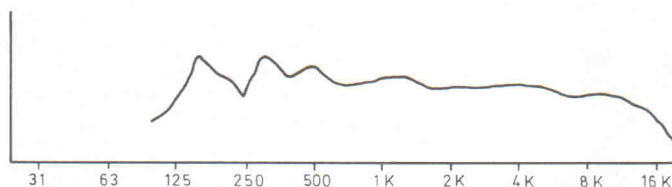


Bild 21. Snare-Drum — von der Unterseite abgenommen.

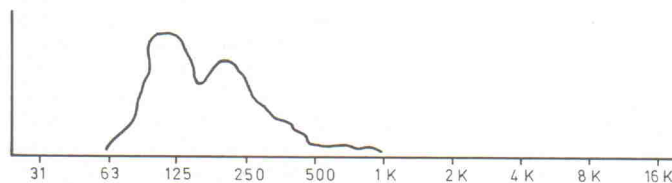


Bild 22. Für die Aufnahme des Hängetoms reicht angesichts dieses Frequenzganges ein preiswertes, dynamisches Mikrofon.

AKG D 1200 und Shure SM 59 gut. Das Mikrofon platziert man am besten einige Zentimeter über dem Rand des Schlagfells. Wer die Hi-Hat nicht mit einem getrennten Mikrofon aufnehmen will, kann das Snare-Mikrofon auch so aufstellen, daß es die Hi-Hat in einem vernünftigen Lautstärkeverhältnis mit aufnimmt.

Wenn man bei den meisten Trommeln noch ein minderwertiges Instrument durch ein geschicktes 'miking' kaschieren kann, so hört man bei der Snare-Abnahme in jedem Fall auch immer sehr deutlich die Qualität der verwendeten Snare. Ein Bleicheimer klingt auch mit dem besten Mikrofon nicht wie eine Ludwig 411 oder eine Sonor 8".

### Hänge- und Stand-Toms

Die Mehrkosten für das gute und teure Snare-Mikrofon kann man umgehend an den Tom-Mikrofonen wieder einsparen. Hänge- wie Standtoms erreichen weder besonders tiefe noch besonders hohe Frequenzen, daher ist die Mikrofonwahl unkritisch. Es eignet sich praktisch jedes dynamische Mikrofon. Auf den Einsatz von Elektret-Typen sollte man jedoch verzichten; sie verzerren zu leicht.

Viel wichtiger als die Auswahl der Mikrofone ist deren Aufstellung. Hier gibt es grundsätzlich zwei Alternativen:

- Wenige Zentimeter über dem Schlagfell angebracht,

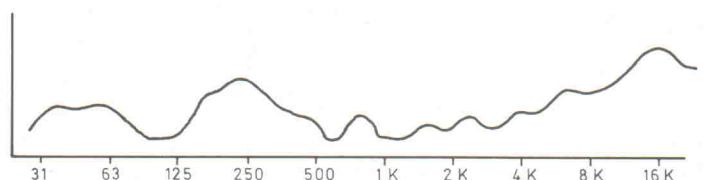


Bild 24. Frequenzverlauf einer Hi-Hat. Die hochreichenden Obertöne verlangen ein gutes Kondensatormikrofon.

Bild 23. Haben Sie das PL 6 als Gesangsmikro ausgemustert? An Hänge- und Standtoms kommt es zu neuen Ehren.



übertragen die Mikrofone auch das Anschlaggeräusch der Stöcke sehr deutlich; das Tom klingt dadurch härter und präziser. Nachteil: Die benachbarten Trommeln streuen stark in ein.

- Man spielt ohne Resonanzfell und läßt die Mikrofone in den Tom-Kessel hineinragen. Der Anschlag der Stöcke ist nun weniger zu hören, dafür um so mehr Stimmung und Tonhöhe der Trommel. Das Übersprechen ist deutlich verringert. Der Nachteil liegt in den Resonanzerscheinungen, die im Kessel besonders stark auftreten. Man kann ihn — wie bei der Baß-Drum — mit schallabsorbierendem Schaumstoff abdämpfen.

### Hi-Hat

Sparen ist hier nicht angesagt. Die sehr obertonreiche Hi-Hat erfordert für eine saubere, brillante Abnahme die Verwendung eines guten Kondensatormikrofons, das einige Zentimeter vom oberen Becken entfernt



# Mikrofone

aufgehängt werden und von der Snare wegzeigen sollte, um das Übersprechen so gering wie möglich zu halten. Wenn doch ein dynamisches Mikrofon benutzt wird, so muß es ein relativ teures mit weitem Frequenzbereich sein.

## Becken

Auch hier muß es wieder ein gutes Mikrofon sein. Die vom Becken erzeugten Frequenzen liegen nämlich keineswegs, wie von vielen Musikern fälschlich angenommen, ausschließlich im hochfrequenten Bereich oberhalb von 10 kHz. Bild 25 zeigt, daß der Frequenzverlauf schon in wesentlich niedrigeren Bereichen beginnt und stark davon abhängt, wo und wie das Becken angeschlagen wird.

Die beste Mikrofonposition ist ober- oder unterhalb des Beckenrands. Hier kann das gesamte Frequenzspektrum aufgenommen werden. Leider hält das Becken beim Spielen nicht still, so daß sich sein Abstand zum Mikrofon ständig ändert, was Lautstärkeschwankungen zur Folge hat. Dieser Effekt tritt nicht auf, wenn das Mikrofon dicht über oder unter der Beckenkuppe angebracht wird. Die tiefen Töne des Beckens sind hier zwar weniger stark vertreten, auf sie kann man jedoch in der Regel bei Popmusik-Aufnahmen ohnehin verzichten.

Klar, daß auch hier wieder Kondensatormikrofone zu den besten Ergebnissen führen. Der seidige Klang wird mit einem dynamischen Mikrofon einfach nicht erreicht.

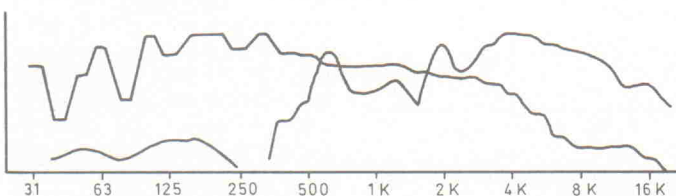


Bild 25. Je nachdem wo und wie ein Becken angeschlagen wird, ergeben sich andere Frequenzverläufe.

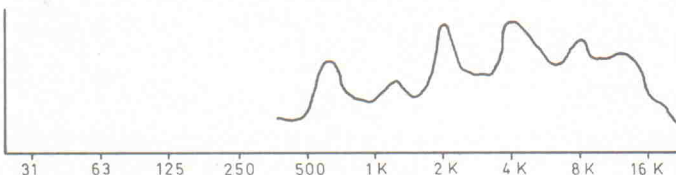


Bild 26. Becken, am Rand angeschlagen. Das unter der Kuppe platzierte Mikrofon 'hört' den gezeigten Frequenzverlauf.

Im Studio sieht man häufig zwei Mikrofone zur Stereo-Beckenabnahme als Overhead über dem Schlagzeug. Der Stereo-Effekt ist zwar sehr sauber, es treten jedoch sehr leicht Probleme in der Phasenkorrelation auf, die zu deutlich hörbaren Phasing-Erscheinungen führen. So hat man einerseits die Möglichkeit, durch geschickte Mikrofonaufstellung die Kammfiltereffekte in erträglichen Grenzen zu halten, auf eine Extra-Beckenabnahme ganz zu verzichten oder, wenn dies nicht möglich ist (wenn bei den anderen Mikrofonen mit Noise Gates gearbeitet wird), jedes Becken mit einem eigenen Mikrofon zu versehen.

Geeignet ist das AKG CK 1, als preiswertere Alternative klingt auch ein Countryman sehr gut.



Bild 27. Das AKG CK 1x überträgt als Overheadmikrofon am Schlagzeug hervorragend den seidigen Beckenklang.

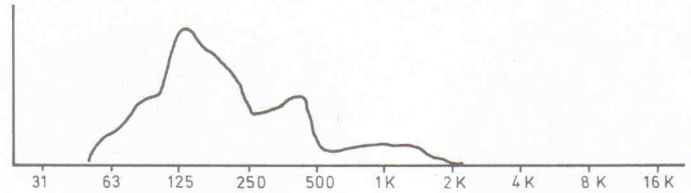


Bild 28. Frequenzgang einer 12 1/2''-Conga.

## Congas und Bongos

Je nachdem, ob diesen Instrumenten eine dominierende Rolle in der Aufnahme zukommt, oder ob sie lediglich reine Hintergrundaufgaben erfüllen, nimmt man Congas oder Bongos in Mono oder Stereo, d.h. mit einem oder zwei Mikrofonen auf. Hier kann, genau wie bei den Toms, wieder auf eine preiswerte Lösung zurückgegriffen werden.

Bei der Aufstellung sollte man nicht allzu dicht ans Fell gehen, um die Anschlaggeräusche nicht dominieren zu lassen.

## Blechblasinstrumente: Trompete

An einer Trompete zeigt sich besonders eindrucksvoll die klangverstärkende Wirkung eines Exponentialhorns. Es ist doch erstaunlich, daß man mit dem Mund und einem passiven 'Metallgerät' vor den Lippen einen Ton erzeugen kann, der in der Lautstärke sonst nur von einem 200-W-Lautsprecher unter voller Last produziert werden kann. Der Frequenzbereich einer B-Trompete reicht dabei von 165 Hz...1500 Hz mit Obertönen bis hinauf zu 10 kHz.

Bei der vor dem Trichter auftretenden Lautstärke von maximal 145 dB kapitulieren die meisten Kondensatormikrofone, und auch die dynamischen Mikros zeigen in diesen Schalldruckbereichen einen erhöhten Klirrfaktor.

Am besten ist es, einen Mikrofonabstand von 30...40 cm nicht zu unterschreiten. Kondensatormikrofone müssen mit einem Abschwächer betrieben werden.

Die Trompete zeigt eine frequenzabhängige Richtwirkung; die Schallbündelung nimmt zu den hohen Frequenzen hin zu; bei 4 kHz beträgt der Abstrahlwinkel nur noch 30°. Wenn man als Regel beachtet, daß

das Mikrofon aus Gründen des hohen Schalldrucks nicht direkt in den Schalltrichter zeigt und es andererseits auch die eng abstrahlenden, hohen Frequenzen übertragen soll, wird deutlich, daß dem Trompeter nur ein kleiner Winkel zwischen 'zu laut für das Mikrofon' und 'zu wenig Höhen' bleibt. Bei geringem Mikrofonabstand sollte ein Windschutz verwendet werden.

Geeignete Mikrofone sind das Neumann U 87 oder das AKG CK 1 (beide mit Dämpfungsglied). Auch das Countryman ist wieder mit von der Partie: Es kann wegen seines hohen Grenzschallpegels direkt am Trichterrand montiert werden.

Für die Abnahme der Posaune gelten im Prinzip die gleichen Regeln. Die Bündelung setzt schon bei niedrigeren Frequenzen ein, ist jedoch nicht so extrem wie bei der Trompete. Die maximale Lautstärke beträgt 110 dB in 1 m Abstand. Die Probleme mit zu großen Lautstärken sind daher nicht so gravierend.

## Rohrblatt-Instrumente: Saxophon und Klarinette

Die enge Verwandtschaft zwischen den beiden Instrumenten läßt auch ähnliche Aussagen über die Mikrofonauswahl und Aufstellung zu. Der Frequenzgang eines typischen (Tenor-) Saxophons liegt zwischen 228 Hz und 1397 Hz; hinzu kommen Obertöne bis 16 kHz, in denen auch die Anblasgeräusche enthalten sind. Das Spektrum der Klarinette endet bei ca. 12 kHz.

Bei der Mikrofonaufstellung gibt es zwei Möglichkeiten, jede mit Licht und Schatten. Zum einen kann man das Mikrofon direkt auf den Schalltrichter richten oder womöglich sogar darin anbringen. Die Vorteile dieses Verfahrens sind



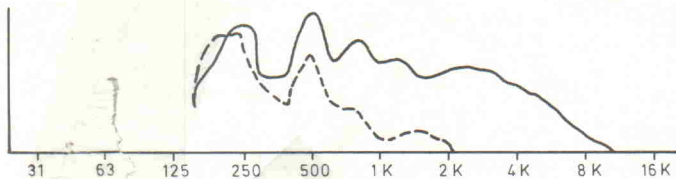


Bild 29. Zweimal Saxofon: Einmal vor dem Trichter, einmal vor den Klappen.



Bild 30. Auf dieses Mikrofon spart mancher Home-Recorder: U87 mit umschaltbarer Richtcharakteristik (Foto: Neumann, Berlin)

geringe Klappengeräusche, dafür ist aber die Gefahr größer, daß sich die Luftbewegungen im Trichter negativ auswirken. Hier gilt: Probieren!

Klarinette wie auch Saxophon klingen wärmer, wenn man das Mikrofon statt auf den Schalltrichter auf die Klappen richtet.

Der Autor Günter Zierenberg ist Inhaber der Firma Musik Produktiv. 1982 veröffentlichte er ein Buch zum Thema und mit dem Titel 'Mikrofone', in dem er seine Erkenntnisse aus 12-jähriger Konfrontation mit den Audio-Problemen seiner Kunden weitergibt.

Remix

Der geringere Schallpegel spielt im Studio keine Rolle, dafür muß man jedoch mit stärkeren Klappengeräuschen rechnen.

Als Mikrofone kommen das AKG D 1200, Sennheiser 441, Countryman, Beyer M 88 sowie die E-Voice-Typen PL 6 und PL 11 in Frage.

### Last not least: Gesang

Für die Gesangsaufnahme werden im Studio praktisch ausschließlich Mikrofone mit Kugelcharakteristik verwendet. Sie sind geradlinig im Frequenzgang und kaum klangfärbend. Auch im Heimstudio lohnt es sich, für die 'distant vocals' ein gutes Kondensatormikrofon zur Verfügung zu haben, etwa ein Neumann U 87 oder U 89. Wenn's billiger sein muß, ist das neue Electro Voice BK 1 eine gute Alternative. Es handelt sich um ein gutes Elektret-Mikrofon mit sehr schöner Höhenwiedergabe, anders als die meisten herkömmlichen dynamischen Gesangsmikrofone. Noch besser (allerdings auch teurer) ist das Shure SM 85, ebenfalls ein Elektret.

Am Schluß noch ein paar zusammenfassende Tips für den Einkauf:

- Wenn ein begrenztes Budget zur Verfügung steht, kaufen Sie lieber wenige Mikrofone und treffen Sie dabei die richtige Auswahl.
- Nur für Instrumente, die weder sehr tiefe noch sehr hohe Frequenzen erzeugen, sollte man billige Mikrofone verwenden.
- Instrumente mit hohen Frequenzen, also Becken, Snare, Geige, Klavier etc. erfordern ein Elektret oder ein Kondensatormikrofon, also eine höhere Investition.

## Der Klassiker seit Generationen

## RIM Elektronik- Jahrbuch 87



jetzt mit über 360 Elektronik-Bausätzen, Modulen und Fertiggeräten made by RIM. Mit über 70 Warengruppen, fachgerecht aufbereitet.

Neue, völlig überarbeitete Ausgabe mit 1288 Seiten, reichlich illustriert mit zahlreichen Schaltungen, Applikationen, Plänen, Abbildungen. Schutzgebühr 16,- DM. Versand: Vorkasse Inland 16,- + 3,- (Porto) = 19,- DM. Postgirokonto München Nr. 2448 22-802. Nachnahme Inland: 16,- + 4,70 (NN-Geb.) + 1,50 (ZK-Geb.) = 22,20 DM.

RADIO-RIM GmbH, Postfach 20 20 26, Bayerstr. 25, 8000 München 2, Telefon (089) 551 70 20

**SOUND** Info anfordern!  
LAUTSPRECHER  
P.A.-BOXEN  
BÜHNENELEKTRONIK  
**EQUIPMENT**  
Kohlenstr. 12  
4630 Bochum  
TEL. 0234/450080

## Fürs Studio nur vom Feinsten

● **Studiopulte**  
im Selbstbau von 8/4/2 bis  
40/40/2 jede Größe

● **Kleinteile**  
Stecker, Buchsen, Knöpfe  
zu besten Preisen



ALPS-  
Studio-  
Schieberegler

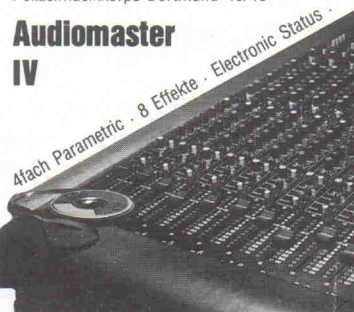
Sonderliste „IV“ gegen Freiumschlag DIN A5  
(mit 1,30 DM frankiert von:

## SOUNDLIGHT

Dipl.-Ing. E. Steffens · Tel. 0511/832421  
Am Lindenhof 37b · D-3000 Hannover 81

ProSound (Foto) 28/8/2 · Profi-Sound 24/8/2 ·  
Metal Music 24/8/2 · Jumpin' Jack Studio  
12/8/2 · Stakkato Studio 40/40 · SLP 16/8/2 ·  
Polizeimusikkorps Dortmund 40/40

## Audiomaster IV



**DER NEUE  
MUSIK PRODUKTIV  
KATALOG IST DA!**

- über 1 Pfund Information auf 280 Seiten
- die komplette Marktübersicht
- über 2.500 aktuelle Superpreise
- alle neuen heißen Teile
- objektive Tests u. Meinungen
- viele Tips

Direkt am Kiosk und in  
Bahnhofsbuchhandlungen erhältlich.  
Falls dort vergriffen, 6,- DM  
in Briefmarken an uns schicken!

**MUSIK-PRODUKTIV**  
Gildestraße 60 · D-4530 Ibbenbüren · Tel.: 05451/5001-0



# Die HIFI VISIONEN-CDs

## Die neue Pop-CD 4:

1. **Tusk**  
(Fleetwood Mac)
2. **A Horse With No Name**  
(America)
3. **Broken Wings**  
(Mr. Mister)
4. **Celebrate Youth**  
(Dance Mix) (Rick Springfield)
5. **Maneater**  
(Hall & Oates)
6. **That Was Yesterday**  
(Foreigner)
7. **Self Control**  
(Laura Branigan)
8. **19** (Maxi-Version)  
(Paul Hardcastle)
9. **In The Air Tonight**  
(Phil Collins)
10. **Without You**  
(Nilsson)
11. **Blue Night Shadow**  
(Two Of Us)
12. **Bitte keine Love-Story**  
(Udo Lindenberg)
13. **Leider nur ein Vakuum**  
(Udo Lindenberg)
14. **Apostle**  
(Peter Green)

## Die neue Oldie-CD 2:

1. **My Friend Jack**  
(Smoke)
2. **Judy In Disguise**  
(John Fred And His Playboy Band)
3. **Blackberry Way**  
(Move)
4. **You Were On My Mind**  
(Crispian St. Peters)
5. **Double Trouble**  
(John Mayall)
6. **A Salty Dog**  
(Procol Harum)
7. **You Are On My Mind**  
(Eric Burdon And The Animals)
8. **Broken Wings**  
(John Mayall)
9. **Homburg**  
(Procol Harum)
10. **Ride A White Swan**  
(T. Rex)
11. **Feeling Alright**  
(Joe Cocker)

## 12. Laurel Canyon Home

- (John Mayall)  
 13. **I Can't Keep From Crying Sometimes**  
(Ten Years After)  
 14. **Hear Me Calling**  
(Ten Years After)  
 15. **The Super Natural**  
(Peter Green)  
 16. **Speed Kills**  
(Ten Years After)

## Die bisher erschienenen Pop-CDs:

### Pop-CD 1 A:

1. **West End Girls**  
(Pet Shop Boys)
2. **Such A Shame**  
(Talk Talk)
3. **Black Man Ray**  
(China Crisis)
4. **Hold Me Now**  
(Thompson Twins)
5. **Another Life**  
(Kano)
6. **Junge Römer**  
(Falco)
7. **Lucky Man**  
(Emerson, Lake & Palmer)
8. **Doctor! Doctor!**  
(Thompson Twins)
9. **Primavera - Stop Bajon**  
(Tullio de Piscopo)
10. **Rock'n'Roll Arena In Jena**  
(Udo Lindenberg)
11. **Der Kommissar**  
(Falco)
12. **Slabo Day**  
(Peter Green)

### Pop-CD 2:

1. **Private Dancer**  
(Tina Turner)
2. **Sunglasses At Night**  
(Corey Hart)
3. **Baker Street**  
(Gerry Rafferty)
4. **Rock Me Amadeus**  
(Falco)
5. **Shadow On The Wall**  
(Mike Oldfield And Roger Chapman)

## 6. The Last Unicorn

- (America)  
 7. **Radio Song**  
(Udo Lindenberg)  
 8. **Vienna Calling**  
(Falco)  
 9. **Kitchen At Parties**  
(Jona Lewie)  
 10. **Una Notte Speciale**  
(Alice)  
 11. **Another Night**  
(Camel)  
 12. **Still Loving You**  
(Scorpions)

### Pop-CD 3:

1. **Back Chat**  
(Queen)
2. **One Of The Living**  
(Tina Turner)
3. **Jeanny**  
(Falco)
4. **Say I'm Your Number One**  
(Princess)
5. **Love Comes Quickly**  
(Pet Shop Boys)
6. **Life's What You Make It**  
(Talk Talk)
7. **Just An Illusion**  
(Imagination)
8. **I Like Chopin**  
(Gazebo)
9. **Brother Louie**  
(Hot Chocolate)
10. **Gotta Have More Love**  
(Climax Blues Band)
11. **Kayleigh**  
(Marillion)
12. **Strength Of Character**  
(China Crisis)
13. **Show Some Respect**  
(Tina Turner)

### Die Oldie-CD 1:

1. **Sha-La-La-La-Lee**  
(Small Faces)
2. **Don't Bring Me Down**  
(Eric Burdon & The Animals)
3. **Let's Go To San Francisco**  
(Flowerpot Men)
4. **A Whiter Shade Of Pale**  
(Procol Harum)

## 5. It's All Over Now, Baby Blue

- (Them)  
 6. **The Pied Piper**  
(Crispian St. Peters)  
 7. **I Was Kaiser Bill's Batman**  
(Whistling Jack Smith)  
 8. **Black Is Black**  
(Los Bravos)  
 9. **With A Little Help From My Friends**  
(Joe Cocker)  
 10. **Matthew And Son**  
(Cat Stevens)  
 11. **I'd Love To Change The World**  
(Ten Years After)  
 12. **Conquistador (Live)**  
(Procol Harum)  
 13. **One Of These Days**  
(Ten Years After)  
 14. **I Don't Know That You Don't Know My Name**  
(Ten Years After)  
 15. **More Than I Can Say**  
(Leo Sayer)  
 16. **Whisky In The Jar**  
(Thin Lizzy)  
 17. **Sounds**  
(Ten Years After)

### Die Klassik-CD 1:

1. **Richard Wagner Der Ring der Nibelungen Die Walküre: Walkürenritt**  
Klaus Tennstedt und die Berliner Philharmoniker
2. **Serge Prokofieff Romeo und Julia, Suite Nr. 2 op. 64 c Montagues und Capulets Nr. 1**  
Riccardo Muti und das Philadelphia Orchestra
3. **Richard Strauss Also sprach Zarathustra**  
Eugene Ormandy und das Philadelphia Orchestra
4. **Edward Elgar Pomp and Circumstance Marsch Nr. 1 in D-Dur**  
Sir Adrian Boult und das London Philharmonic Orchestra
5. **Jacques Offenbach Orpheus in der Unterwelt Ouvertüre**  
Willy Mattes und die Philharmonica Hungarica
6. **Alexis Emanuel Chabrier España**  
Riccardo Muti und das Philadelphia Orchestra
7. **Carl Orff Carmina Burana I. O Fortuna II. Fortune plango vulnera**  
Riccardo Muti und das Philharmonic Orchestra London
8. **Felix Mendelssohn-Bartholdy Ein Sommernachtstraum op. 61 Nr. 1 Scherzo Nr. 9 Hochzeitsmarsch**  
André Previn und das London Symphony Orchestra
9. **Joaquin Rodrigo Concierto de Aranjuez Allegro con spirito Adagio**  
Enrique Bátiz und das London Symphony Orchestra

## Die bisher erschienenen HIFI VISIONEN-Pop-LPs:

### A-Seite

1. **Sketches Of Spain**  
(Nits)
2. **Come Back And Stay**  
(Paul Young)
3. **Africa**  
(Toto)
4. **Rosanna**  
(Toto)

### B-Seite

1. **Nescio**  
(Nits)
2. **Angela**  
(Toto)
3. **Footprints**  
(Nits)
4. **Samba Pa Ti**  
(Santana)
5. **Radio**  
(Spliff)

### A-Seite

1. **Goldfinger**  
(Shirley Bassey)
2. **Garden Party**  
(Mezzoforte)
3. **Such A Shame**  
(Talk Talk)
4. **Hold Me Now**  
(Thompson Twins)

### B-Seite

1. **Das Lied vom Tod**  
(Ennio Morricone)
2. **Lucky Man**  
(Emerson, Lake & Palmer)
3. **Another Life**  
(Kano)
4. **Doctor! Doctor!**  
(Thompson Twins)
5. **Junge Römer**  
(Falco)

## Die HIFI VISIONEN-CAR-MC 1

(Musikkassette mit Spezialentzerrung für die Auto-Akustik):

### A-Seite

1. **Sketches Of Spain**  
(Nits)
2. **Come Back And Stay**  
(Paul Young)
3. **Africa**  
(Toto)
4. **Rosanna**  
(Toto)

### B-Seite

1. **Nescio**  
(Nits)
2. **Angela**  
(Toto)
3. **Footprints**  
(Nits)
4. **Samba Pa Ti**  
(Santana)
5. **Radio**  
(Spliff)

## Bitte liefern Sie mir folgende HIFI VISIONEN:

<input type="checkbox"/>	Stück	Oldie-CD 1	à DM 45,- =	
<input type="checkbox"/>	Stück	Oldie-CD 2	à DM 45,- =	
<input type="checkbox"/>	Stück	Pop-CD 1 A	à DM 45,- =	
<input type="checkbox"/>	Stück	Pop-CD 2	à DM 40,- =	
<input type="checkbox"/>	Stück	Pop-CD 3	à DM 45,- =	
<input type="checkbox"/>	Stück	Pop-CD 4	à DM 45,- =	
<input type="checkbox"/>	Stück	Klassik-CD 1	à DM 45,- =	
<input type="checkbox"/>	Stück	Pop-LP 1	à DM 30,- =	
<input type="checkbox"/>	Stück	Pop-LP 2	à DM 30,- =	
<input type="checkbox"/>	Stück	CAR-MC 1	à DM 20,- =	

## Lieferung frei.

Die Auslieferung von HIFI VISIONEN erfolgt nur gegen Zahlungsnachweis. Bitte fügen Sie Ihrer Bestellung einen Verrechnungsscheck (Euroscheck) oder den Einlieferungsschein einer Bareinzahlung auf das Postgiro Hannover, Konto-Nr. 9305-308 oder Kreissparkasse Hannover, Konto-Nummer 000-019968, bei.

Vor- und Nachname \_\_\_\_\_

Straße \_\_\_\_\_

PLZ, Ort \_\_\_\_\_

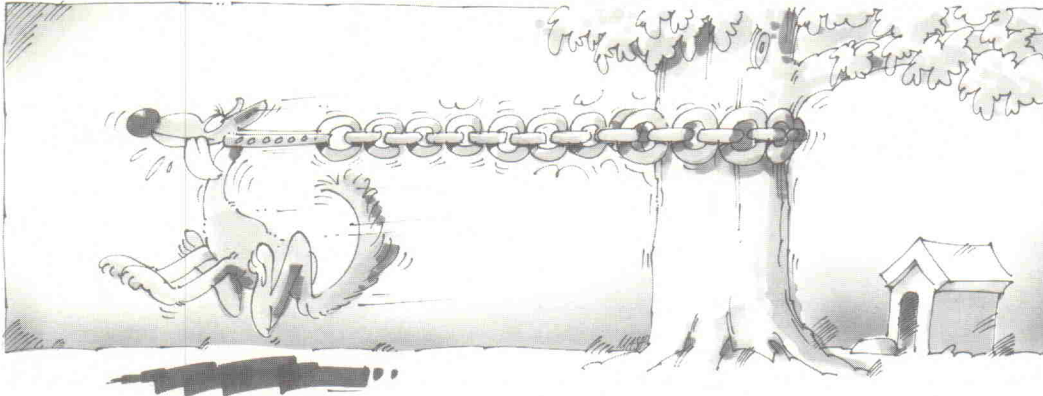
Datum \_\_\_\_\_ Unterschrift \_\_\_\_\_

Coupon an: Verlag Heinz Heise GmbH, Vertriebsabteilung, Bissendorfer Straße 8, 3000 Hannover 61

# HIFI VISION







Im professionellen und halbprofessionellen Aufnahmebetrieb findet man den Begrenzer an verschiedenen Stellen des Mischpultes im Einsatz. Hierzu muß man sich erst einmal verdeutlichen, was bei einer großen Aufnahme abläuft. Selbst

## Die dritte Hand am Mischpult

bei einer Rockband mit nur fünf Musikern sind zwischen 8 und 60 Mikrofonen im Einsatz. Je größer die Anzahl der Mikrofone, desto schwieriger wird es aber für den Toningenieur, sämtliche Instrumente über die Aussteuerungsmesser im Auge (und Ohr!) zu behalten. Es kann daher zu Übersteuerungen kommen, die es zu vermeiden gilt, weil hörbare Verzerrungen die Folge wären.

Hierin liegt die Aufgabe des Begrenzers. Für ihn gibt es verschiedene Anwendungsmöglichkeiten. In den meisten Fällen wird er in Gruppen- oder Summenkanäle des Mischpultes eingeschleift. Diese Anwendung steht in engem Zusammenhang mit den technischen Daten des Mischpultes (vor allem Fremdspannungsabstand und Aussteuerbarkeit der Mikrofonverstärker) und natürlich mit dem Preis des einzelnen Begrenzers, welcher je nach Hersteller und Qualität 1000 D-Mark und weit darüber betragen kann. Ein Nachteil des Einsatzes in einem Gruppenkanal ist die Stereoverkopplung und die Ausregelung aller Instrumente, die auf der Gruppe liegen, obwohl eigentlich nur ein

## Limiter im Studioeinsatz

# Dynamik an der Kette

**Gerhard Haas**

**Besonders Bläser und Sänger bereiten bei der Aufnahme immer wieder Probleme: Entweder sie spielen bzw. singen nicht in konstanter Lautstärke, oder sie hampeln in schönster Live-Manier vor dem Mikrofon herum und scheren sich wenig um die mühsam ermittelten Aussteuerungsgrenzen. Ermahnungen oder gar Schraubzwingen zur räumlichen Fixierung der Künstler sind keine Lösung.**

**Um den Aussteuerungsmesser bei überraschenden Dynamikspitzen nicht immer wieder dunkelrot aufleuchten zu lassen, steht dem Toningenieur ein elektronisches Gerät zur Verfügung, über dessen Funktion immer wieder Verwirrung herrscht: Begrenzt ein Kompressor oder komprimiert ein Begrenzer? Oder umgekehrt? ... oder wie oder was? ...**

In der deutschen Umgangssprache werden die Begriffe 'Limiter' und 'Kompressor' meistens verwechselt. Die technische Funktion ist bei beiden Geräten ähnlich, aber sie arbeiten an verschiedenen Enden der Aussteuerungskurve (Bild 1). Diese wird am unteren Ende durch das Gerätegrundrauschen und am oberen Ende durch den Verzerrungseinsatz des Verstärkers abgeschlossen. Der Kompressor ist in der Lage, leise Musikpassagen aus dem Grundrauschen hervorzuheben und somit noch hörbar zu machen. Er komprimiert deshalb das untere Ende der Aussteuerungskurve, d.h. bei immer kleiner werdendem Eingangssignal wird das Ausgangssignal des Kompressors nur unwesentlich kleiner. Bei einer Verklei-

nerung der Eingangsspannung um z.B. 10 dB verringert sich die Ausgangsspannung um 1 dB.

Anders der Begrenzer. Er arbeitet am anderen Ende der Aussteuerungskurve (siehe Bild 1) und hat damit eine ganz andere Aufgabe: Er soll helfen, Übersteuerungen zu vermeiden und Audiogeräte vor Verzerrungen zu schützen. Bei einer Vergrößerung der Eingangsspannung um z.B. 10 dB erhöht sich die Ausgangsspannung um nur 1 dB. Es gibt auch Begrenzer bei denen das Verhältnis  $U_e/U_a$  (Steilheit des Begrenzers) einstellbar ist. Das erfordert aber einen unverhältnismäßig hohen Schaltungsaufwand und ist in den meisten Anwendungsfällen nicht erforderlich.

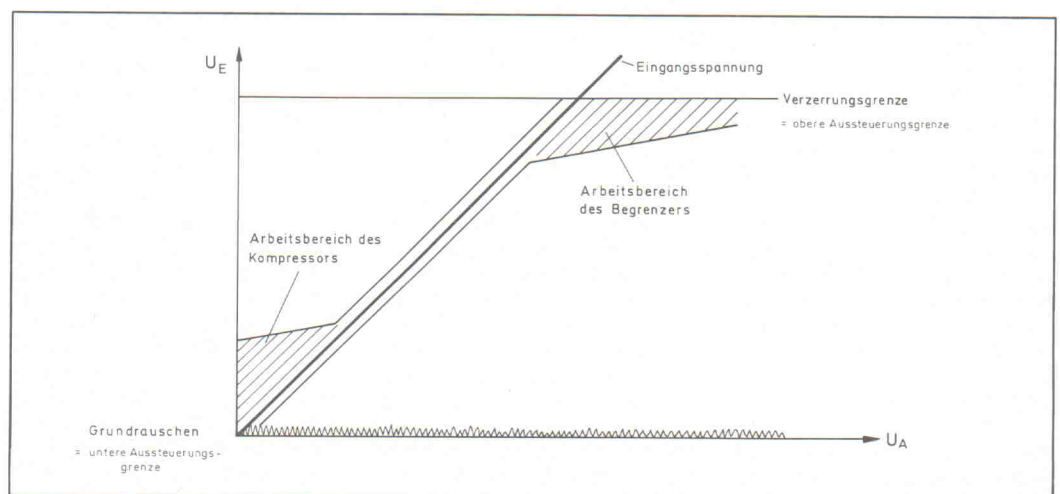


Bild 1. Kompressoren und Limiter arbeiten an verschiedenen Punkten der Aussteuerungskurve.



# Pegelbegrenzung

Instrument geregelt werden müßte.

Der ideale Einschleifpunkt für einen Begrenzer liegt daher direkt hinter dem Mikrofonverstärker, wobei aber hohe Anforderungen an den Begrenzer gestellt werden müssen (Fremdspannungsabstand!). Bei dieser Anwendung vermeidet man den obengenannten Nachteil, braucht aber pro Eingangskanal einen Begrenzer. Die Hauptaufgabe des Begrenzers im professionellen Studiobetrieb besteht, auf einen einfachen Nenner gebracht, in der Vermeidung von Übersteuerungen der Aufnahmegeräte.

Den zweiten großen Einsatzbereich des Begrenzers findet man in Beschallungsanlagen. In Discoteken dient er zur Begrenzung der maximalen Lautstärke, die vom Gewerbeaufsichtsamt aus Lärm- und Gesundheitsschutzgründen vorgeschrieben ist, und zum Schutz von Endstufen und Lautsprechern, welche vor allem bei Übersteuerungen im Hochtonbereich leicht zerstört werden können.

## Harte Forderungen

Warum ein Begrenzer gebraucht und eingesetzt wird, ist also klar. Was er können muß, wird im folgenden Abschnitt behandelt. Zuerst ist zu klären, wie ein Begrenzer arbeiten sollte. Wichtig sind Ansprechgeschwindigkeit, Knackfreiheit (keine Schaltgeräusche beim Ansprechen), Rauscharmut, großer Aussteuerungsbereich, Frequenzlinearität und möglichst geringer Klirrfaktor.

Schnelligkeit wird gefordert, um kurze Impulsspitzen sicher begrenzen zu können. Diese Forderung steht eigentlich im Gegensatz zur Physik, da bei einem zu schnellen Ansprechen Knackstörungen die Folge sind. Trotzdem muß der Begrenzer aber in der Lage sein, das Frequenzspektrum 20 Hz... 20 kHz sicher zu begrenzen. Diese Forderungen werden in einigen Begrenzern durch FET-Schaltungskonzepte verwirklicht, wobei aber selektierte FET-Paare benötigt werden, die für Studiogeräte gut 100 D-Mark und mehr kosten. Die Aussteuerbarkeit von FET-Begrenzern läßt meistens zu wünschen übrig. Wenn der Ein-

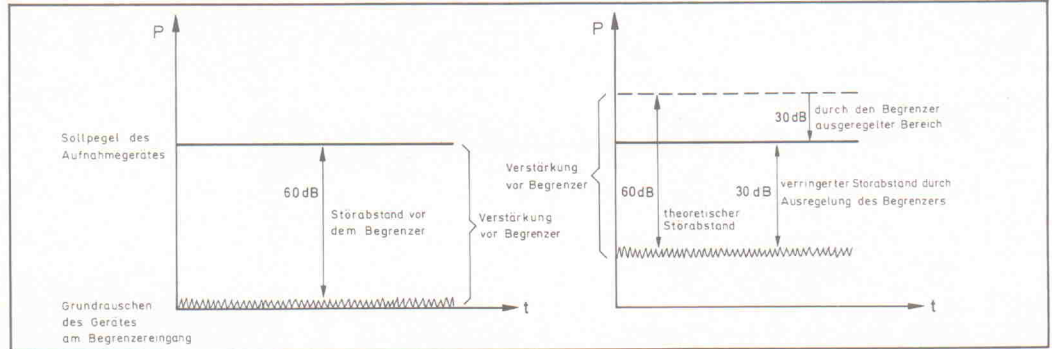


Bild 2. Ein Blick auf die Schattenseite des Limitereinsatzes: Hinter der Begrenzungsschwelle verschlechtert sich naturgemäß der Störspannungsabstand des Audio-Signals.

gangspegel bestimmte Werte überschreitet, fangen sie zu verzerren an. Dies liegt unter anderem auch an der kurzen linearen Aussteuerungskennlinie der FETs, die meistens bei ca. 100 mV endet. Schaltungskonzepte mit digitalen Schaltkreisen scheitern in den meisten Fällen an Knackfreiheit und Feinabstufung der Schaltschritte.

## Sorgenkinder Rauschen und Klirrfaktor

Eine wichtige Eigenschaft eines guten Begrenzers ist Rauscharmut. Hierzu ein kurzer Ausflug in die Mischpulttechnik: Die eigentliche Aussteuerungsgrenze (Verzerrungseinsatz) von Mischpulten ist der Pegel, den der Mikrofonverstärker noch verkraftet. Ausgehend von Studiowerten, wo die Aussteuerungsgrenze +22 dBm beträgt, und einem Nennpegel vor dem Fader von 0 dBm, beträgt die Übersteuerungsreserve 22 dB. Wenn man den Nennausgangspegel des Mikrofönverstärkers niedriger ansetzt, erhält man eine höhere Aussteuerungsreserve, die aber zu Lasten des Fremdspannungsabstandes geht.

Um das vorher Gesagte zu verdeutlichen, sei ein Beispiel aus der Praxis angeführt: Die physikalisch bedingte und theoretisch errechenbare Fremdspannung eines Studiomikrofönverstärkers beträgt -128,5 dBm. Hierzu müssen in der Praxis folgende Faktoren addiert werden: die Rauschzahl  $F_e$  (üblicherweise bei guten Vorverstärkern etwa 4 dB) und die eingestellte Verstärkung des Vorverstärkers; ein Kondensatormi-

krofön der Studioteknik benötigt Verstärkungsfaktoren in der Größenordnung um 46 dB. Aus diesen Zahlen kann für unser Beispiel die Fremdspannung des Studiomikrofönverstärkers errechnet werden: Theoretische Fremdspannung minus Rauschzahl minus Verstärkung gleich Fremdspannung. Das heißt für unser Beispiel:  $-128,5 \text{ dBm} + 4 \text{ dBm} + 46 \text{ dBm} = -78,5 \text{ dBm}$ . Wenn man diesen Wert auf den Eingang eines Begrenzers gibt, welcher selbst -78,5 dBm Fremdspannung hat, verschlechtert sich das Gesamttrauschen um 3 dB. Bei einem Begrenzer, der eine Fremdspannung von -88 dBm aufweist, verschlechtert sich das Gesamttrauschen um nur 0,5 dB. Viele als Studiobegrenzer deklarierte Geräte erfüllen diese Anforderungen leider nicht und werden deshalb nur in Summen- und Gruppenkanälen eingesetzt.

Zum Thema Fremdspannung darf eine weitere Eigenheit aller Begrenzer nicht unerwähnt bleiben, nämlich das Rauschatmen. Auch hier wieder ein Beispiel: Angenommen, man überspielt zwischen zwei Kassettenrecordern und hat den Begrenzer dazwischengeschaltet. Der Störabstand des Wiedergaberecorders betrage dabei 60 dB. Wenn man z.B. um 10 dB in die Begrenzung steuert, dann muß man diese 10 dB von den 60 dB abziehen, da sich der Ausgangspegel bei Ansteuerung des Begrenzers nur unwesentlich erhöht (Bild 2). In Extremfällen, bei Übersteuerungen von 30 dB, kann sich analog dazu ein Störabstand von nur 30 dB einstellen. Dieser verringerte Störabstand wird sich bei großen Dynamikspit-

zen akustisch als rauschendes Pumpen bemerkbar machen. Aus diesem Grund versucht man, den Begrenzer so wenig wie möglich anzusteuern. Deshalb ist eine Anzeige möglichst noch vor dem Begrenzungseinsatz notwendig. Die Idealkombination wäre ein Begrenzer zusammen mit einem Aussteuerungsmesser, der sowohl Normal- als auch Übersteuerungspegel anzeigt.

Die optimale Ausnutzung eines Begrenzers beim Einschleifen hinter dem Mikrofonverstärker setzt auch einen möglichst großen Begrenzer-Aussteuerungsbereich voraus. Je höher die Übersteuerungsgrenze des Mikrofonverstärkers angesetzt wird, desto höher muß die Aussteuerungsgrenze sein, was in den Schaltungskonzepten nur durch einen großen, linearen Regelbereich erreicht werden kann (Bild 3). Viele Geräte, die für den Studionennpegel von +6 dBm ausgelegt sind, vertrauen nicht mehr als 15 dB Übersteuerung (FET-Begrenzer), bevor sie selbst zu verzerren beginnen. Dynamikspitzen, vor allem bei Sprachaufnahmen, überschreiten diesen Ausregelbereich bei weitem.

Von einem guten Begrenzer im Studiobereich wird Frequenzlinearität zwischen 40 Hz und 16 kHz sowohl unterhalb als auch oberhalb seines Begrenzungseinsatzes verlangt. Dies ist deshalb wichtig, weil es sonst bei Begrenzung zu einer Veränderung des Klangbildes kommen würde. Die Frequenzlinearität sollte deshalb bei mittleren Frequenzen besser als  $\pm 1 \text{ dB}$  sein und an den Bandenden des Audiobereiches nicht um mehr als  $\pm 3 \text{ dB}$  abweichen.

Remix



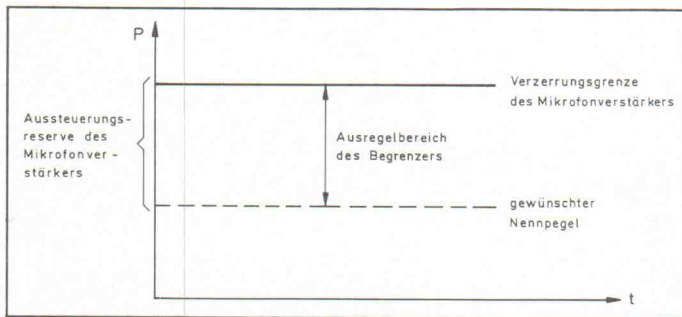


Bild 3. Übersteuerungsreserve und Ausregelbereich beim Einsatz des Limiters in Mischpulten.

Ein weiterer wichtiger Punkt in den technischen Daten eines Begrenzers ist der Klirrfaktor. In linearen Verstärkern mit modernen Schaltungskonzepten ist die Forderung nach einem kleinen Klirrfaktor leicht zu erfüllen, nicht jedoch in Regelverstärkern.

Zu tiefen Frequenzen hin nimmt die Empfindlichkeit der Klirrfaktorwahrnehmung des Ohres ab. Das hat seinen Grund in der Hörkurve und dem Einschwingverhalten des Ohres. Deshalb werden auch in der Studioteknik bei 40 Hz 3 % Klirrfaktor akzeptiert. Außerdem kommen bei Musikinstrumenten (ausgenommen elektronische Instrumente) tiefe Frequenzen mit wesentlich geringeren Amplituden als mittlere Frequenzen vor. Ein guter Begrenzer sollte in der Lage sein, unabhängig von der Frequenz einen zu hohen Eingangspegel bereits in der ersten ansteigenden oder abfallenden Flanke, d.h. auf beiden Halbwellen zu erkennen und auszuregulieren. Diese Erkennungszeit ist aber bei einem 100-Hz-Ton zehnmal so lang wie bei einem 1-kHz-Ton und führt deshalb aufgrund der größeren Signalverformung des tiefen Tones zu einem größeren Klirrfaktor (Bilder 4 und 5). Aufgrund der Reproduzierbarkeit und der Physiologie des Ohres ist dieses Verhalten aber unkritisch.

### Dynamische Parameter

Weitere wichtige Eckdaten des Begrenzers sind Rücklaufzeit, Einstellbereich der Eingangsspannung und die Ein- und Ausgangsimpedanzen. Die Rücklaufzeit ist vor allem beim Einsatz des Begrenzers in Beschallungsanlagen wichtig. Ist

sie zu lang, führt sie zu Einbrüchen bei der Beschallungslautstärke, ist sie zu kurz, können Knackstörungen auftreten. Es gibt auch im Studioeinsatz Begrenzer, die bei einer Übersteuerung von 10 dB fast zehn Sekunden benötigen, bis sie ihren Nennpegel wieder erreicht haben. Bei einer Beschallung sollte aber nach einer kurzen Übersteuerungsspitze möglichst schnell wieder die Normalsteuerung erreicht werden, um einen gleichmäßigen Pegel sicherzustellen.

Einstellbare Rücklaufzeiten werden in den meisten Fällen durch regelbare RC-Glieder erreicht, die aber in Stereoanwendungen von großer Genauigkeit sein müssen, um überhaupt sinnvoll zu sein.

Bei einem knackfreien Begrenzer, der noch dazu unabhängig von der Art des Programm-Materials arbeitet, sind sie deshalb in den meisten Anwendungsfällen nicht erforderlich.

Anders verhält es sich mit der Einstellung des Eingangs- bzw. Ansprechpegels des Begrenzers. Um einen universellen Anwendungsbereich zu gewährleisten, muß diese Einstellung in weiten Grenzen vornehmbar sein. Bei normaler Verwendung sollte sich die Ansprechschwelle zwischen 100 mV und 3 V einstellen lassen. Weiterhin sollte diese Einstellung bei Stereoanwendungen kanalgetrennt erfolgen, um eventuelle Pegelfehler ausgleichen zu können. Damit wird ein gleichmäßiges Ansprechen beider Kanäle gewährleistet. Auch die Ausgangsspannung sollte regelbar sein, sie kann jedoch stereomäßig erfolgen. Für gute Reproduzierbarkeit der Einstellungen empfehlen sich Potis mit Rastwerk oder auch Stufenschalter.

Die Ein- und Ausgangsimpedanzen für Begrenzer im Studiobereich, aber auch allgemein (vor allem bei langen Anschlußkabeln) verdienen eine nähere Betrachtung. Für den Ausgang kann man allgemein sagen: Je niedriger die Ausgangsimpedanz, desto besser. Werte von 100  $\Omega$  und kleiner sind bei großen Kabellängen empfehlenswert. Für Studioanwendungen sind Eingangsimpedanzen von  $\geq 2 \text{ k}\Omega$  ausreichend; für Heimgeräte muß unter Umständen ein Impedanzwandler vorgeschaltet werden. Die niedrigen Eingangsimpedanzen verbessern auch das Eigenrauschen des Begrenzers. Für gute Heimgeräte sind Eingangsimpedanzen von  $\geq 10 \text{ k}\Omega$  ausreichend.

### Teure Logik

Im Zeitalter der Digitaltechnik beginnt man auch mit einem

neuen Typ von Begrenzer zu arbeiten. Er ist vorwärtsregelt, im Vergleich zu den sonst üblichen, rückwärtsregelten Begrenzern. Dieses neue Schaltungskonzept arbeitet mit AD/DA-Wandlern und dazwischengeschalteter digitaler Verzögerungsleitung. Bei dieser Schaltungsvariante wird jeweils für einen bestimmten Zeitabschnitt die Amplitudenstatistik des Eingangssignals überprüft, wenn erforderlich, wird das Signal zurückgeregt und verzögert an den Ausgang weitergegeben. Der große Nachteil dieser Schaltungstechnik ist eigentlich nur der Preis, der sich in der Größenordnung von einigen tausend D-Mark bewegt und daher für den halbprofessionellen Anwender und im Heimstudio uninteressant ist. Aus diesem Grund wird in der folgenden Bauanleitung ein analoger, rückwärtsregelter Begrenzer vorgestellt.

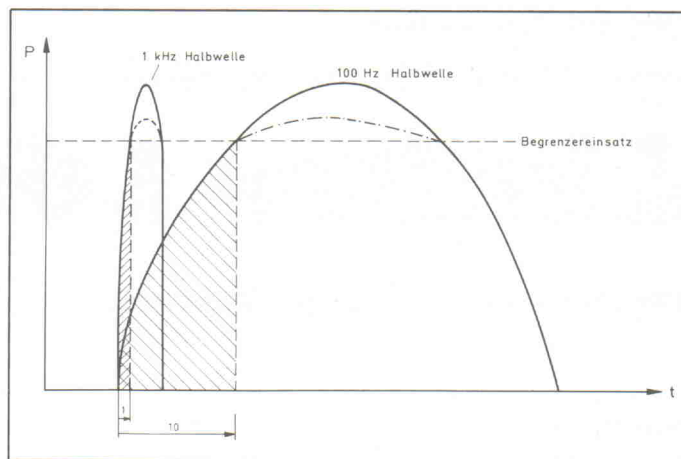


Bild 4. Vergleich der Kurvenverformung bei hohen und tiefen Frequenzen.

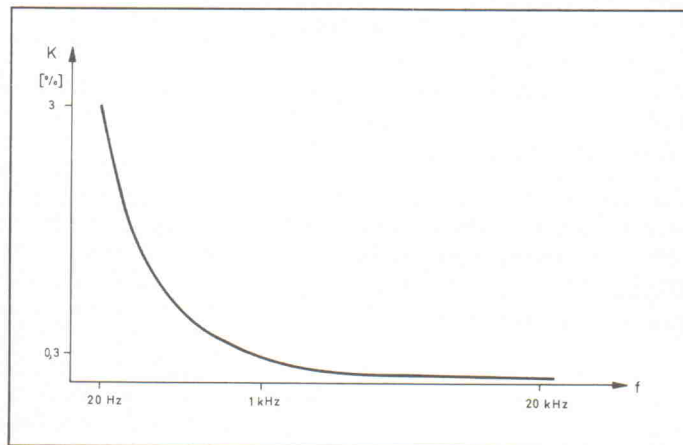
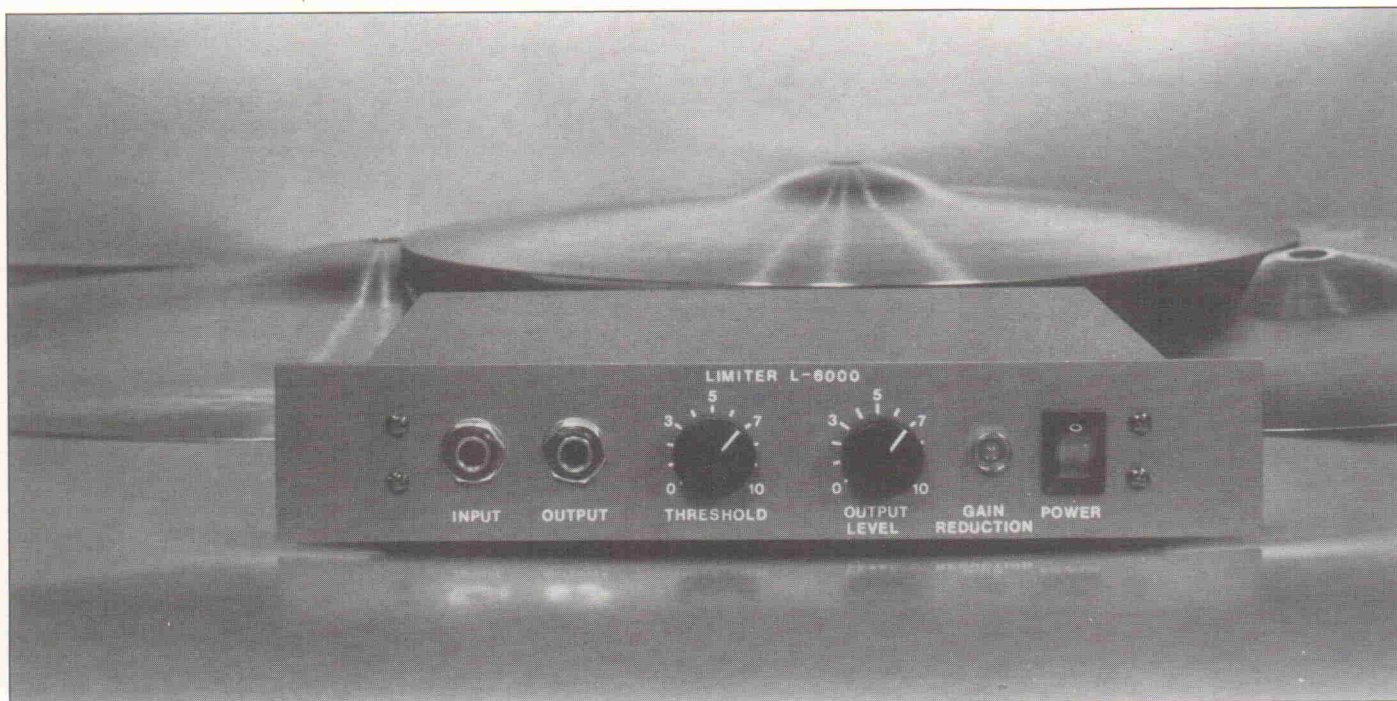


Bild 5. Typischer frequenzabhängiger Klirrfaktorverlauf eines Begrenzers.





**Damit die Pegel  
nicht in den Himmel wachsen**

# Limitier L6000

**Denn alles hat seine Grenzen...**

### Gerhard Haas

Lassen Sie sich nicht von dem kleinen Schaltbild oder der unscheinbaren Platine täuschen! Dahinter verbirgt sich ein uneingeschränkt studiotaugliches Gerät, das den Ansprüchen moderner Studioteknik gerecht wird und trotzdem 'ruck-zuck' aufgebaut ist.

Was nicht Teil für Teil bestückt werden muß, befindet sich in einem kompakten Block: In einem Regelmodul, das es in sich hat.

Nachdem geklärt ist, was ein guter Begrenzer können muß und wie er eingesetzt werden sollte, geht es jetzt ohne lange Vorreden gleich mitten in die Praxis und damit an das Blockschaltbild des Limiters.

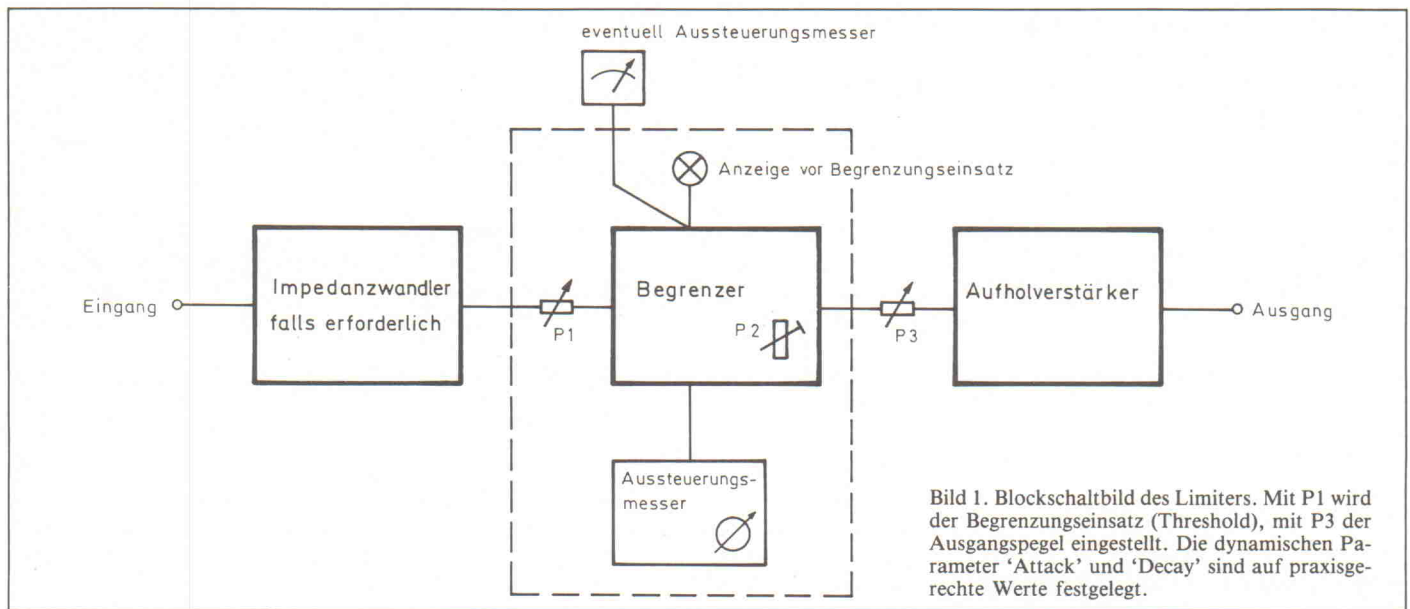
Vor den eigentlichen Begrenzer wird ein Impedanzwandler geschaltet, falls dies erforderlich ist. Mit P1, dem Vorpegelregler, wird der Begrenzer an die vorangehende Schaltung angepaßt und damit der Einsatzpunkt der Begrenzung bestimmt. Mit P2 wird die Steilheit des Begrenzers abgeglichen. Dies ist ein sehr einfacher Vorgang, der aber wegen der Bauteiltoleranzen unvermeidbar ist. Mit P3 wird die Verstärkung des Aufholverstärkers eingestellt, der das begrenzte Signal wieder auf den gewünschten Nennpegel bringt. Die Anzeige muß schon vor

dem Begrenzungseinsatz aufleuchten, eventuell kann auch ein Aussteuermessgerät angeschlossen sein, wie er an anderer Stelle in diesem Heft beschrieben ist.

In Bild 2 ist die Gesamtschaltung eines Begrenzers dargestellt, der alle in den vorangegangenen Abschnitten gestellten Anforderungen erfüllt. Hier ist nur der umrahmte Teil von Bild 1 berücksichtigt. Die vorausgehenden und nachfolgenden Schaltungen sind simpel, sollten aber hohen Anforderungen genügen und die sehr guten technischen Daten des Begrenzers nicht verschlechtern. Obwohl die Schaltung in Bild 2 relativ einfach ist, stellt sie so manchen professionellen Studiobegrenzer aus vornehmen Häusern in den Schatten, wie die Daten beweisen. Sie wurden mit hochwertigen, professionellen Meßgeräten ermittelt, wie sie auch von namhaften Herstellern benutzt werden (sollten) und in Rundfunkanstalten ebenfalls zum Einsatz kommen.

P1 ist der schon erwähnte Vorpegelregler. Auf der Platine kann sowohl ein





Trimpoti als auch ein Poti für Printmontage eingesetzt werden. Über C1 und R3 gelangt das Signal auf den invertierenden Eingang von IC1. Der nichtinvertierende Eingang erhält über R2 und R4 die halbe Signalspannung, die an Pin 7 des OpAmps anliegt. C2 dient zur zusätzlichen Siebung, damit keine Modulationen oder Brummspannungen über die Betriebsspannung kommen können.

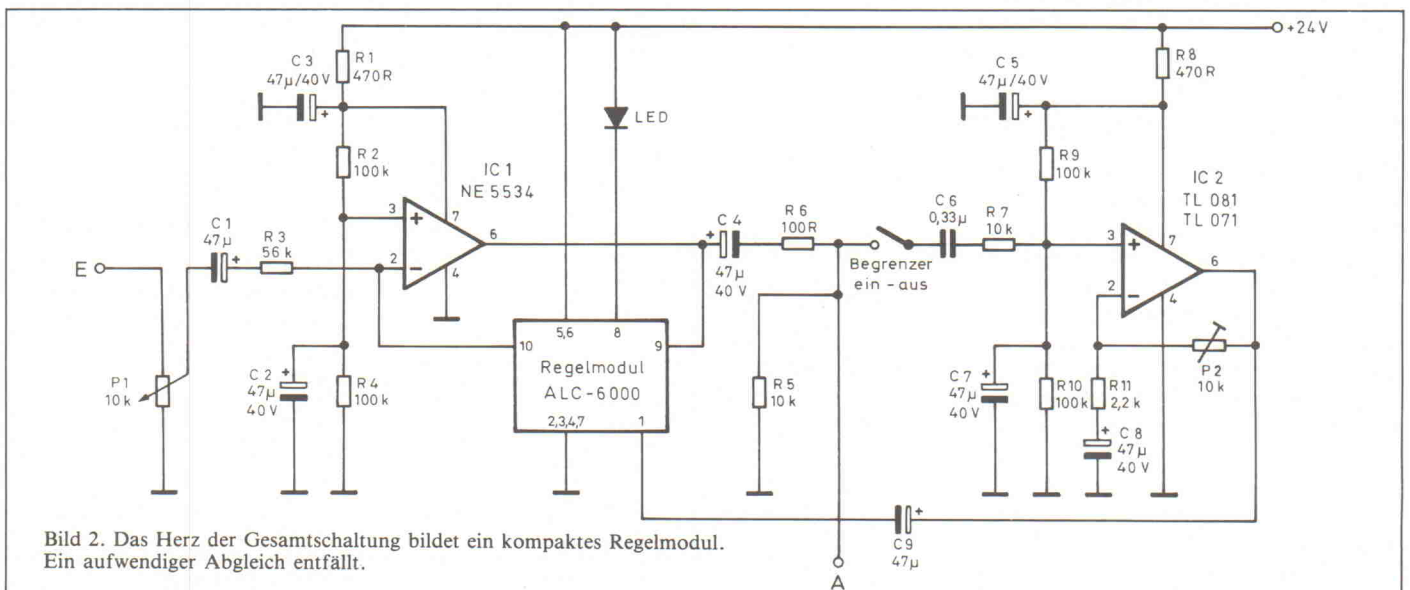
### Der Geist in der Red Box

In den Gegenkopplungskreis von IC1 ist das aktive Regelmodul ALC-6000 geschaltet. Es ist ein vollständig abgeglicher Baustein mit selektierten Komponenten, der alle notwendigen Funktionen beinhaltet.

Wie aus dem Blockschaltbild ersichtlich, geschieht in diesem Baustein die Signalabfrage. In einem Entzerrernetzwerk wird das Signal so aufbereitet, daß ein frequenzlinearer Verlauf der Begrenzung gewährleistet ist. Danach folgt ein Vollweggleichrichter, der beide Halbwellen der Tonspannung berücksichtigt und eine Regelspannung erzeugt, die das Stellglied beeinflusst. Weiterhin ist in diesem Modul noch der Anzeigeverstärker für den Begrenzungseinsatz enthalten. Dieser ist so eingestellt, daß kurz vor dem Begrenzungseinsatz die LED bereits leicht glimmt und danach hell aufleuchtet. Für eine optimale Anzeige werden LEDs aus der Serie der besonders hell leuchtenden Typen empfohlen. Der Vorteil des ALC-6000 ist, daß der An-

wender einen optimalen Baustein verwenden kann, der ihm den Abgleich des Begrenzers selbst mit einfachen Meßmitteln ermöglicht. Im Anzeigenteil finden sich Firmen, bei denen dieser Spezialbaustein bezogen werden kann.

Über C4 und R6 wird das begrenzte Signal ausgekoppelt. R5 dient zur Entladung von C4, damit bei eventuellem Umstecken oder Umschalten keine Schaltknackse entstehen. Bevor das Regelmodul ALC-6000 aktiv wird, arbeitet IC1 als invertierender Verstärker mit einer Verstärkung von ca. 11 dB (dies ist begründet in der Grundeinstellung des ALC-6000). Der Vorteil des invertierenden OPs an dieser Stelle ist der große Regelbereich und somit auch





## Dynamik-Begrenzer

die hohe Übersteuerungsfestigkeit. Über das ALC-6000 kann die Verstärkung von IC1 auf nahezu beliebig kleine Werte heruntergeregt werden. Da der invertierende Eingang ein virtueller Nullpunkt ist, kann das Eingangssignal vor R3 sehr große Werte annehmen. Der Begrenzer nach Bild 2 kann deshalb auch mit Eingangspegeln von wesentlich mehr als 22 dBm angesteuert werden.

IC2 mit Beschaltung verstärkt das von IC1 kommende Signal, das dann an Pin 1 des Regelmoduls gelangt. IC2 schafft die notwendige Verstärkungsreserve, die zum Ausgleich der Bauteiltoleranzen notwendig ist. Mit P2 wird die Steilheit abgeglichen.

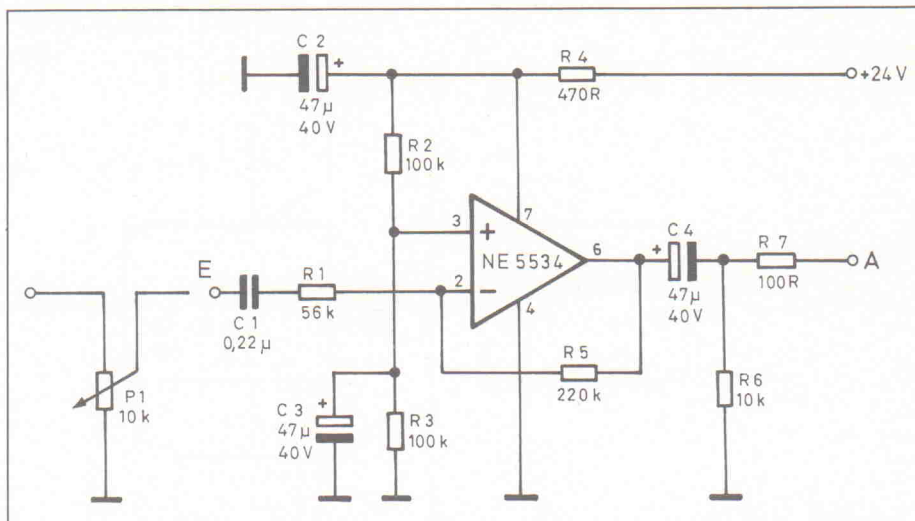


Bild 3. Dieser Aufholverstärker kompensiert die Signaldämpfung durch den Limiter und stellt am Ausgang wieder +6 dBm zur Verfügung (Limiterpegel am Threshold).

### Sekundenjob: Der Abgleich

Wenn die Schaltung komplett aufgebaut und eine gut gesiebte Betriebsspannung von 24 V angeschlossen ist, kann der Begrenzer abgeglichen werden. Dazu wird P1 voll aufgedreht und an den Eingang ein Pegel von -17 dBm bei 1 kHz angelegt. P2 wird so lange verstellt, bis am Ausgang ein Pegel von -6 dBm anliegt. Dann erhöht man den Eingangspegel um 10 dB, es müssen am Eingang also -7 dBm anliegen. Der Ausgangspegel muß jetzt -5 dBm sein. Gegebenenfalls ist mit P2 nachzuregeln. Damit ist der Abgleich beendet, und der Begrenzer kann eingesetzt werden. Wer kein Millivoltmeter bzw. keinen Pegelmesser zur Verfügung hat, kann den Abgleich problemlos mit dem Oszilloskop durchführen. Einem Eingangspegel von -17 dBm entsprechen 310 mVss, am Ausgang müssen dann 1,097 Vss anstehen. -7 dBm entsprechen am Eingang 979 mVss und 1,228 Vss am Ausgang.

### Nachbrenner für den Insert

Aufbau, Abgleich und Einsatz dieses Begrenzers dürften keine Schwierigkeiten machen, wenn alle Voraussetzungen, wie oben beschrieben, erfüllt sind. Beim Einsatz sollte bedacht werden, daß dieser Begrenzer das Signal invertiert — und vor allem dämpft. An der Insert-Schnittstelle eines professionellen Mischpultes (auch des PM 500) liegt üblicherweise der Studionormalpegel von +6 dB. Um mit diesem Pegel den Begrenzer nicht ständig voll zu überfahren, muß das ausgekoppelte Signal mit P1 auf -17 dB abgeschwächt werden, denn dies ist die Einsatzschwelle (Threshold)

des Begrenzers. Das Limiter-Modul hat selbst schon eine Grundverstärkung vor dem Begrenzungseinsatz von 11 dB, so daß am Ausgang (gleichzeitig Insert-Input des Mischpultes) ein Pegel von -6 dB zur Verfügung steht. Um die zur gewünschten Wiedererlangung des Normalpegels fehlenden 12 dB aufzuholen, ist ein invertierender Verstärker vorgesehen (Bild 3), der auf einer externen Lochrasterplatine aufgebaut wird. Mit dem Poti P1 dieser Zusatzschaltung läßt sich die Limiter-Ausgangsspannung und damit die Durchgangsverstärkung (-dämpfung) einstellen. Gleichzeitig erhält man durch die invertierende Schaltungsauslegung wieder ein gleichphasiges Ein- und

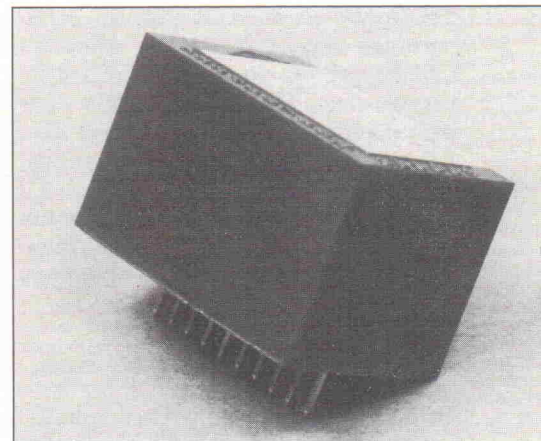
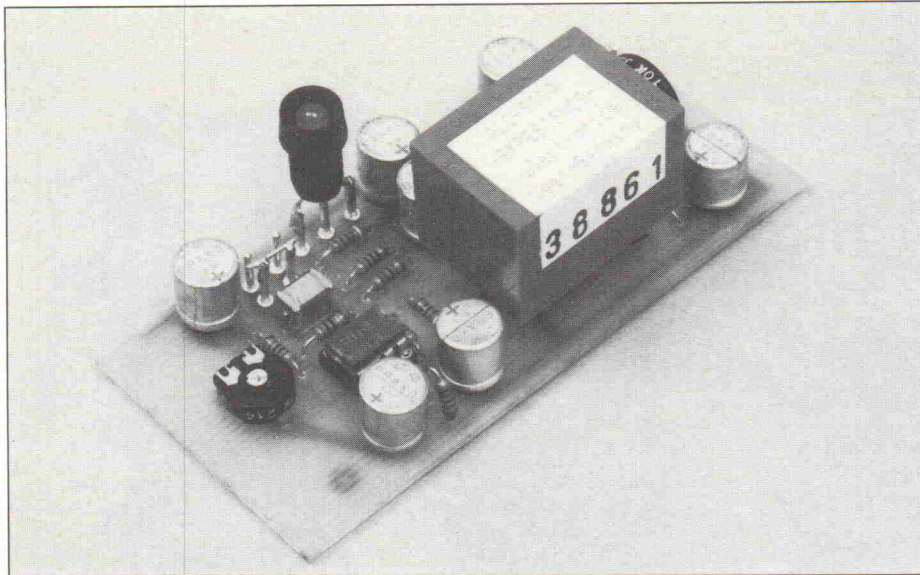


Bild 4. Er wacht über den Pegel: Der monolithische Amplitudenbänder ALC-6000.

#### Technische Daten (ohne Aufholverstärker)

Begrenzungseinsatz	-17 dBm
Ausgangspegel	-6 dBm
Klirrfaktor ohne Begrenzung	≤ 0,01 % (20 Hz...20 kHz)
Klirrfaktor bei Begrenzung	≤ 0,3 % bei ≥ 1 kHz
Frequenzgang ohne Begrenzung	< 25 Hz... > 25 kHz -1 dB
Frequenzgang mit Begrenzung	< 30 Hz... > 30 kHz ± 1 dB (bei Ue +20 dBm)
Steilheit der Ausregelung	Ausgangspegel erhöht sich um 1 dB bei einer Eingangspegelerhöhung um 10 dB
Ansprechzeit und Regelzeit	< 20µs
Fremdspannung	-88 dBm
Eingangswiderstand	~ 8 kΩ
Ausgangswiderstand	≤ 100 Ω
Betriebsspannung	24 V ± 2 V
Stromaufnahme	< 40 mA pro Kanal





Ausgangssignal, wie es für den Betrieb des Begrenzers am PM 500 auch gefordert ist. Wichtig: Der eingesetzte OpAmp NE5534 sollte von der extrem rauscharmen Truppe sein, damit die guten Begrenzerdaten nicht unnötig verschlechtert werden.

### Bauteile nur vom Feinsten kaufen!

Am Ende der Beschreibung und Bauanleitung des Begrenzers darf ein wichtiger Punkt nicht vergessen werden: die Bauteileauswahl. Wer die Werte in Tabelle 1 erreichen will, darf nicht die billigsten Bauteile aus der Sortimentstüte oder dem Sonderangebot verwenden. Für R1 bis R6 sind auf jeden Fall Metallschichtwiderstände mit 1 % Toleranz erforderlich. C1 muß ein guter Folienkondensator, C2 bis C4 müssen hochwertige Elkos sein. Sonderangebotsware aus Fernost o.ä. ist hier fehl am Platze (näheres siehe Stückliste). Für IC1 wird ein rauscharmer OP vom Typ NE 5534 verwendet. Laut Datenblatt werden diese ICs mit gewissen Toleranzen angeliefert, selektiert kann man sie auch zu höheren Preisen bekommen, sie tragen dann die Bezeichnung NE 5534 A. Leider kann man sich auch hier nicht vollständig auf die gewünschte Rauscharmut in allen Frequenzbereichen verlassen, wie sie eigentlich für diesen Anwendungsfall verlangt wird. Meistens ist daher das Selektieren aus Hunderten von ICs notwendig. Wer sich diese aufwendige Arbeit (sowohl Zeit- als auch Meßgeräteaufwand) sparen möchte, kann sowohl selektierte ICs als auch das ferti-

ge Regelmodul ALC-6000 u.a. von den im Anzeigenteil vertretenen Firmen beziehen. Wer serienmäßige NE 5534 einsetzt, kann Glück haben und die niedrigen Fremdspannungswerte erreichen, aber es gibt leider keine Garantie dafür. Wenn man bedenkt, wie preiswert inzwischen Metallschichtwiderstände zu haben sind (ebenfalls gute Elkos und Kondensatoren), der sollte bei dieser Schaltung nicht am falschen Ende sparen. Die hervorragenden technischen Daten danken auf jeden Fall für den etwas erhöhten Aufwand. Die Stückliste gibt ausführlich Auskunft über die erforderlichen Bauteilequalitäten.

Bild 5. Das soll alles sein? Ja, jedenfalls beinahe. Der eventuell benötigte Aufholverstärker kommt auf eine eigene kleine Lochrasterkarte.

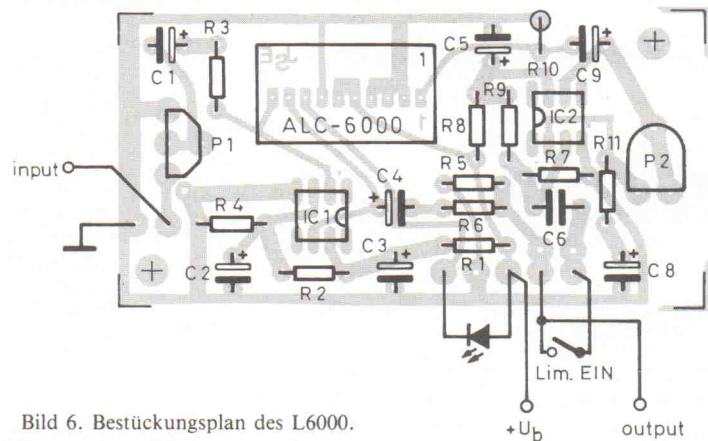


Bild 6. Bestückungsplan des L6000.

### Stückliste

#### — Limiter —

Widerstände (alle 1/4 W, Metallschicht MR 25)

R1,8	470R
R2,4,9,10	100k
R3	56k
R5,7	10k
R6	100R
R11	2k2

P1	Potentiometer 10k, log.
P2	Miniatur-Trimmer 10k, liegend

Kondensatoren	
C1,6	0,22µ/100 V MKH R-M7,5
C2,3,4,5,7,8	47 µ/40 V, Frako RM 5, Serie EP od. EPJ

Halbleiter	
IC1	NE5534, selektiert (siehe Text)
IC2	TL071, TL081 o.ä.
LED, rot	
Regelmodul	ALC-6000

#### Sonstiges

2 IC-Sockel DIL 8 (Goldkontakte)  
Epoxydplatine, einseitig CU

#### — Inverter/Aufholverstärker —

Widerstände (alle Metallschicht, 1/4 W, MR 25)

R1	56k
R2,3	100k
R4	470R
R5	220k
R6	10k
R7	100R

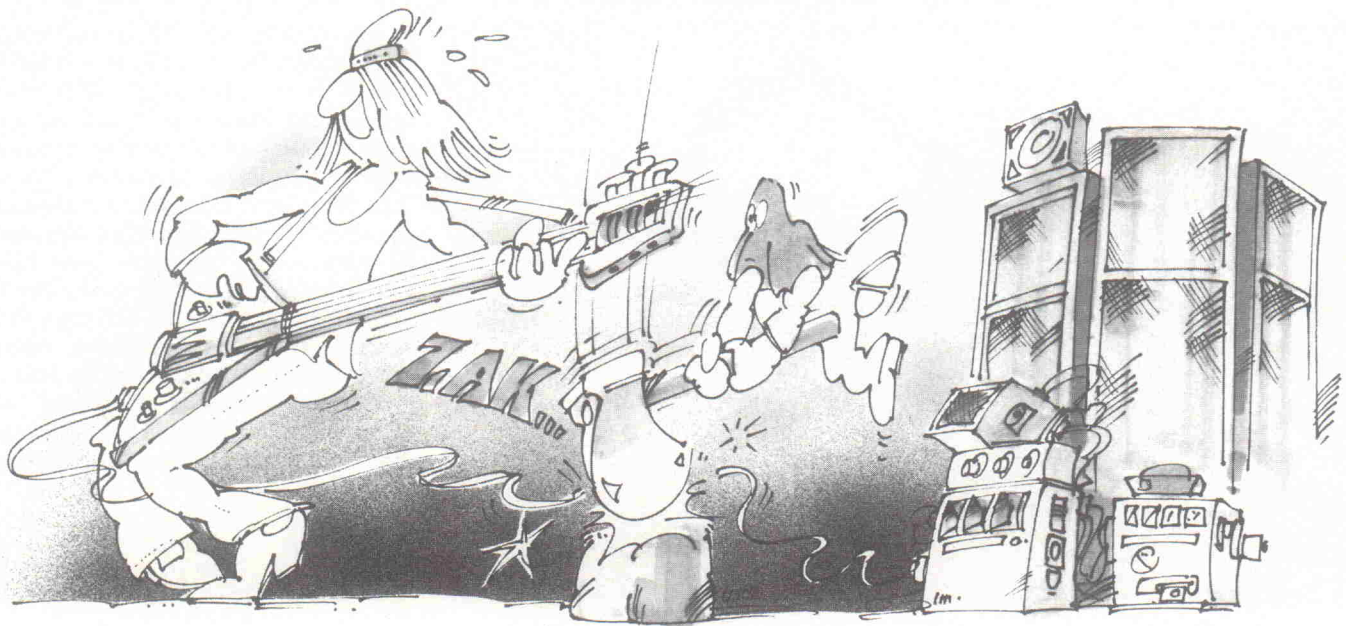
P1	Potentiometer 10k, log.
----	-------------------------

Kondensatoren	
C1	0,22µ/100 V, MKH, RM7,5
C2,3,4	47µ/40 V Frako RM 5, Serie EP od. EPJ

Halbleiter	
NE5534, selektiert (siehe Text)	

Sonstiges  
Dil-8-Sockel (Goldkontakte)  
Lochrasterplatte





## Mehr als nur Lärmschutz

# Gating

**Gregor Zielinsky**

Von Haus aus gehören Noise Gates sicherlich nicht zu den übermäßig intelligenten Studiogeräten. Ein Audiosignal erst oberhalb eines bestimmten Pegels an den Ausgang gelangen zu lassen, ist natürlich keine besondere Kunst.

Trotzdem hat es ein solches Gerätchen schwer in sich — sofern man seine Möglichkeiten voll ausschöpft und es im Einsatz sinnvoll zweckentfremdet.

Tatsächlich kann so ein Noise Gate nämlich viel mehr als das, wofür es ursprünglich einmal entwickelt wurde.

Noise Gates sind vielfältig einsetzbare (Effekt-) Geräte. Ihre Möglichkeiten reichen von der ursprünglichen Anwendung als Geräuscheminator, zum Beispiel als Rauschunterdrückung an der Mehrspurmaschine, bis zur Effektanwendung, speziell für Schlagzeuge.

Am Ende dieses Artikels werden Sie wissen, wie Phil Collins seinen Drumsound macht und wie Sie mit dem in diesem Heft vorgestellten Gerät ähnliche Ergebnisse erzielen können.

Noise Gate heißt, der englischkundige Leser möge die einfache Übersetzung verzeihen, 'Geräuschkor', was natürlich nicht bedeutet, daß dieses Gerät Geräusche durchläßt, sondern im Gegenteil außen vor läßt.

Eines der schon klassischen Modelle der Firma Valley-People heißt denn auch 'Keep Ex'. Dieses Gate ist aufgrund seiner speziellen elektroakustischen Eigenschaften dazu fähig, der Bass Drum einen satten Druck zu verleihen, ohne lediglich einen simplen Einschaltknack zu

produzieren. Ungünstigerweise hat das Gerät einen etwas hohen, wenn auch gut zu merkenden Preis: 1000 D-Mark pro Einheit (ein Kanal); dazu kommt der Preis für Rack und Netzteil. Wenn auch neuere Modelle günstiger im Preis liegen, sind die Kosten für eine Kombination mehrerer Gates (4, 8, 16 oder noch mehr) für den Amateur oder Semi-Profi doch etwas zu hoch angesiedelt.

## Das Noise Gate als Saubermann

Befassen wir uns zunächst mit der ursprünglichen Anwendung des Noise Gates als reiner Störgeräuschkor. Speziell die 'Gitarreros' und Bassisten unter den Lesern dürfen sich jetzt angesprochen fühlen. Ihr Equipment, Gitarre, Verstärker, eventuelle Effektgeräte (Phaser, Verzerrer, Wah-Wah)

und last not least die (unsymmetrische) Verkabelung sind Lärmer ersten Grades. Ein Pick-Up erzeugt nun mal nicht viel Spannung, und diese ist gegenüber Brummeinstrahlungen außerordentlich empfindlich. Verursacher sind z.B. große Lichtanlagen oder Neonröhren, die zum Glück auf Bühnen nicht so oft zu finden sind und auch in ein Studio nicht hineingehören. Das leidige Thema Brummschleifen soll hier nicht behandelt werden: Ihm könnte ein mehrbändiges Lexikon gewidmet sein.

Bild 1 zeigt das typische Ausgangssignal eines Gitarren/Bass-Amps; ein eventuell vorhandenes Line-Ausgangssignal sieht in der Regel genauso aus, wie das Signal, das aus dem Lautsprecher kommt. Die ungeliebten Störgeräusche sind in dem Moment, da die Saiten angeschlagen werden, natürlich

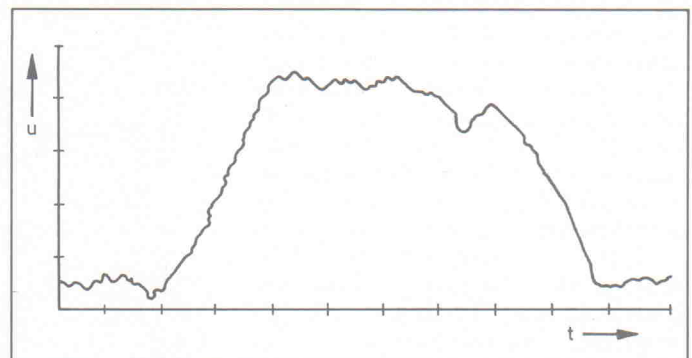


Bild 1. Lautstärkeverlauf eines Gitarrenakkords. Wenn nicht gespielt wird, fällt der Geräuschpegel äußerst störend auf.



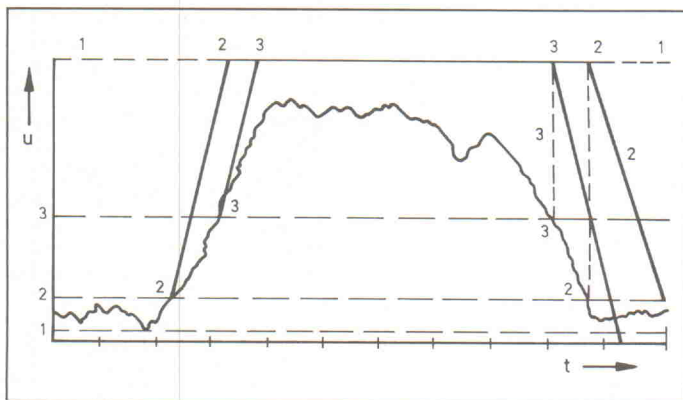


Bild 2. Das gleiche Gitarrensignal — diesmal per Noise Gate gereinigt. Von den drei dargestellten Thresholds stellt die zweite die beste Einstellung dar.

nicht verschwunden, sie werden nur vom Gitarrensound überdeckt, mit anderen Worten: man nimmt sie lediglich nicht mehr wahr! Der Verdeckungseffekt eines Tones durch einen anderen ist natürlich um so größer, je dichter die Frequenzen beieinanderliegen.

Praktisch bedeutet dies: Ein dumpfes Brummen (wenig Obertonanteile) stört eine Baßübertragung nicht so sehr wie die einer Gitarre, immer vorausgesetzt natürlich, daß der Störpegel erkennbar deutlich unter dem des Nutzsignals liegt. Aufgabe des Noise Gates ist es, die Signale, die unterhalb eines bestimmten Pegels liegen, automatisch herunterzuregeln und so unhörbar zu machen.

Wie das geschieht, ist in Bild 2 zu sehen. Die wichtigste Funktion kommt zunächst der Threshold (Schwellenwert) zu. (Auf der senkrechten Achse Nr. 1, 2 und 3). Sie muß so hoch eingestellt sein, daß sie über dem Pegel des Störsignales liegt. In diesem Zustand schließt das Gate, läßt also keine Signale mehr passieren.

Nun soll das Gate natürlich nicht das ganze Instrument eliminieren. Die Threshold muß so eingestellt werden, daß sie eben über dem Störpegel liegt. In dem Moment aber, da das Instrument gespielt wird, öffnet das Gate sofort (Threshold 2).

Den zweiten entscheidenden Wert bildet die Attacktime, besonders unter Synthesizerspieler bestens bekannt. Die Attacktime gibt die Zeit an, in der das Gate vom Sperrzustand auf

vollen Durchlaß kommt. Diese Zeit kann nicht Null sein. Die mit vertretbarem Aufwand erreichbare Flankensteilheit liegt bei einer Millisekunde. Diese Zeit ist bereits so kurz, daß sie einen Einschaltknack hervorruft. Um diesen Effekt zu vermeiden, verlängert man die Zeit minimal, möglichst jedoch, ohne den Einschwingvorgang des gegateten Instrumentes anzuschneiden. Für bestimmte Anwendungen kann die Attacktime auch bewußt bis in den Sekundenbereich verlängert werden.

Während der 'Hold'-Zeit (Sustain) sollte sich das Gate möglichst durch optimale Übertragungseigenschaften auszeichnen. Sollte allerdings das Störsignal so laut sein, daß es auch beim Spielen des Instrumentes deutlich und störend vernehmbar ist, hilft natürlich auch kein Gate mehr. Dann müssen die einzelnen Teile des Equipments gecheckt werden, wobei man meist bei den Kabeln und/oder Masseproblemen fündig wird.

Sollten Sie jedoch jemals die Freude haben, in der Nähe eines Rundfunksendemastes aufzutreten, kleiden Sie den Saal am besten komplett mit Alufolie aus oder verteilen Sie Programmhefte des betreffenden Senders.

Als letztes nun die Releasetime. Sie gibt die Zeit an, die das Gate braucht, um wieder in die Sperrposition zu gelangen. Die Einstellung dieser Zeit ist extrem programm- und instrumentenabhängig. Beim Gaten einer verbrummten Gitarre sollte man Zeiten zwischen 0,1

und 0,4 Sekunden wählen, aber gerade hier müssen der persönliche Geschmack und vor allen Dingen die eigenen Ohren entscheiden. Bei dieser Anwendung soll das Gate ja möglichst unhörbar sein; die Arbeitsphasen Attack- und Releasetime haben sich also möglichst dem Ein- und Ausschwingverhalten des Instrumentes anzupassen.

Sollten Sie das Gate vorzugsweise für solche Zwecke einsetzen, empfiehlt es sich, es in ein kleines stabiles Gehäuse mit Fußschalter für die Bypass-Funktion einzubauen. Die Einfügung des Gates muß dabei zwischen dem letzten Effektgerät und dem Verstärker erfolgen, denn gerade Effektgeräte verursachen Störgeräusche und sind empfindlich gegen Einstrahlungen.

### Preiswerte Rauschunterdrückung

Eine zweite klassische Anwendung des Noise Gates ist die Rauschunterdrückung an den Ausgängen eines Mehrkanalrecorders.

Wenn auch bei den meisten semiprofessionellen Mehrkanalgeräten bereits Rauschunterdrückungssysteme eingebaut sind, stellen doch Gates in weiten Bereichen eine sinnvolle Alternative dazu dar.

Die Nachteile vor allem extrem komprimierender Rauschunterdrückungssysteme sind hinlänglich bekannt: Klang- und Dynamikveränderung, Rauschfahnen und Kompatibilitätsprobleme. Da ein Noise Gate in der Sustainphase den Klang jedoch nicht bzw. nur technisch meßbar verändert, wird es auch heute noch gerade in großen Studios bei schwierigem Klangmaterial als Noise-Reduction eingesetzt. Es gelten bei der Einstellung des Gates natürlich die gleichen, soeben beschriebenen Einsatzregeln.

Einen wichtigen Stellenwert nimmt der Einfügungspunkt des Gates ein, an dem es in das Mischpult eingeschleift wird. Normalerweise liegt es hinter den Filtern und vor den Fadern. Hinter den Filtern deshalb, weil sich das Gate natürlich dem endgültigen Klang entsprechend verhalten muß und durch Höhenanhebung ja so

manches 'deBecken' an Rauschen dazugefiltert wird. Vor den Fadern deshalb, weil sich bei verändertem Eingangspegel am Gate die Threshold nicht mehr konstant halten ließe. Mit anderen Worten: Wenn man den Regler betätigte, würde sich die Reaktion des Gates mit dem Pegel verändern, und dies ist natürlich nicht sinnvoll.

Für Noise-Gate-Anwendungen in der Mehrspurabmischung sind selbstverständlich mehrere Gates (sinnvollerweise so viele wie Spuren) notwendig und zwar am besten nicht auf siebenundzwanzig Einzelgehäuse verteilt, sondern in einem gemeinsamen Rack.

Es ergibt sich dabei oft die Notwendigkeit, zwei oder mehrere Gates miteinander zu koppeln, so daß sie synchron reagieren. Dies geschieht über den externen Triggereingang, bei Noise Gates im allgemeinen 'Key' genannt. Die notwendigen Verbindungen sind dabei im Rack bereits geschaltet, so daß sich durch Betätigen jeweils eines Schalters die gewünschten Gates zusammenschalten lassen.

Ein Anwendungsbeispiel: Sie haben eine Gitarre auf zwei Spuren aufgenommen (falls Sie sich solchen Luxus leisten können). Soll die Gitarre, aus welchem Grund auch immer, gegatet werden, müssen natürlich beide Gates zur gleichen Zeit öffnen; dies wird durch die Keyfunktion ermöglicht. Nebenbei sollten außerdem die Werte für Attack- und Releasetime identisch sein.

### Das Noise Gate bei der Aufnahme

Nach den klassischen und eher simplen Einsatzmöglichkeiten des Noise-Gates geht es nun an die schwierigeren, aber sicherlich reizvollen Anwendungen als musikalisch/klangliches Zusatzgerät. Schlagzeuger spielen bekanntermaßen immer zu laut; egal ob im Studio oder auf der Bühne. Der schönste Schlagzeugsound kann sich jedoch in 'Wohlgehallen' auflösen, wenn beispielsweise ein Gesangsmikro — häufig vor dem Schlagzeug stehend — außer Gesang noch eine ganze Menge 'Müll' von der Schießbude mit rüberbringt. Dies kann sowohl für den PA-Mann als auch für den Toningenieur,



# Noise Gates im Einsatz

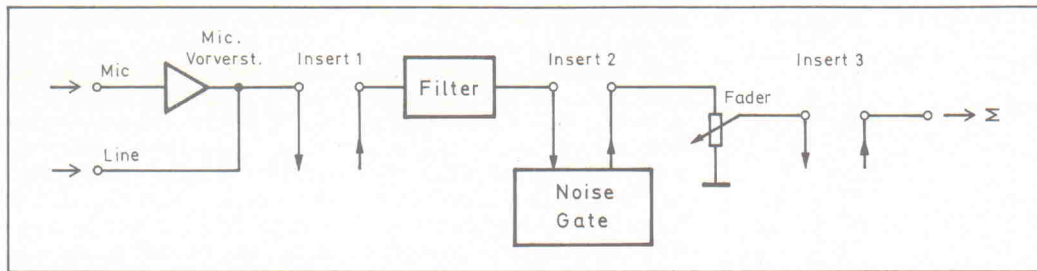


Bild 3. Vereinfachte Darstellung einer Mischpultzeile mit drei Einschleifpunkten. Das Noise Gate liegt grundsätzlich hinter dem Filterblock.

der einen Life-Mitschnitt macht, zum Problem werden, vor allem dann, wenn mehrere Mikros aufgestellt sind, die für Gesang oder relativ leise Blasinstrumente zuständig sind.

Was liegt also näher, als zumindest einige dieser Mikros zu gaten. Die Gates stehen selbstverständlich beim Mixer und werden hinter Mikrofonverstärker oder Filtern eingeschleift, da Noise Gates im Normalfall nicht dafür ausgelegt sind, die relativ schwachen Mikrofonsignale zu verarbeiten.

Aber Vorsicht! Stellen Sie in diesem Falle die Gates eher weich ein; sie sollen lieber zu früh aufgehen als zu spät, denn was bei einer Lifesache nicht mit auf dem Band landet, ist in der Regel verloren.

Trotz aller Vorteile und Einsatzmöglichkeiten, die sich vielleicht schön lesen lassen: Gates sind keine Allheilmittel gegen Soundleiden aller Art. Wenn es starke Übersprechprobleme gibt, sollte man zunächst checken, ob es möglich ist, die Mikrofonpositionen oder vielleicht sogar die Aufstellung der Instrumente zu verändern. Im Studio sollte dies allemal möglich sein. Im übrigen spielt selbstverständlich auch die Mikrofonwahl eine entscheidende Rolle.

## Das Noise Gate als Effektinstrument

Eine der interessantesten und verbreitetsten Anwendungen des Noise Gates als klangformendes Effektgerät ist sicherlich sein Einsatz am Schlagzeug und hier besonders bei Snare und Bass Drum. Dabei ergänzt sich die Möglichkeit der Klangmanipulation mit dem schon bekannten Saubermanneffekt des Noise Gates.

Die Probleme bei der Aufnahme und Wiedergabe einer Bass Drum sind sicherlich jedem bekannt. Obwohl die Bass Drum im Studio ganz gut klingen mag, kommt der Punch nicht so recht über die Lautsprecher - es fehlt einfach der nötige Druck. Oder es wummert indifferenter vor sich hin und will einfach nicht so richtig klingen.

Bevor jetzt aber in einer Erste-Hilfe-Aktion drei bis vier Noise Gates in Reihe geschaltet auf die Bass Drum losgelassen werden, sei darauf hingewiesen, daß es zunächst viele Möglichkeiten gibt, die Bass Drum auch ohne elektronische Hilfsmittel herzurichten (siehe auch den Artikel über Aufnahme-

räume in diesem Heft), mit den richtigen Mikrofonen zu arbeiten und vor allen Dingen die optimale Position des Mikrofon zu ermitteln und nicht nach dem Hauruckverfahren zu arbeiten: Bässe und Höhen rein!

Alles dies braucht natürlich Zeit; Schlagzeugsoundchecks von zwei Tagen sind in der Profi-Szene keine Seltenheit. Diese Zeit haben Sie vielleicht oder sehr wahrscheinlich nicht zur Verfügung, und so kann man mit einem Noise Gate einiges an Zeit sparen und trotzdem gute Ergebnisse erzielen.

Das Bass Drum-Gating geschieht im Mischpult vor oder

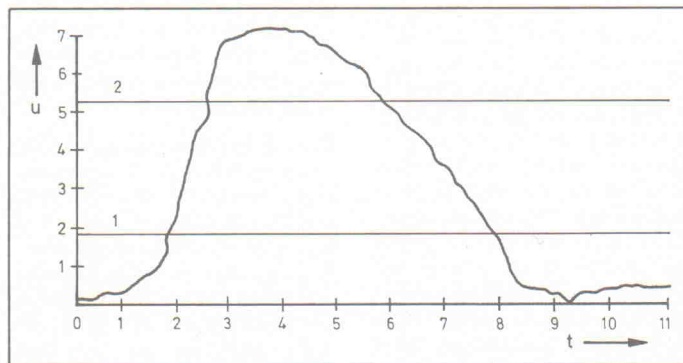


Bild 4. Verschiedene Thresholds beim Gaten einer Bass Drum. Die Einstellung nach Linie 2 ist allerdings nicht empfehlenswert.

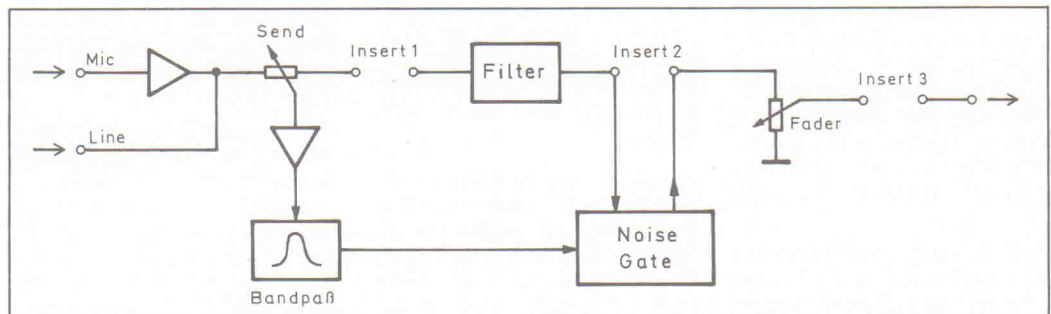


Bild 5. Frequenzabhängiges Gating. Das Triggersignal wird mit einem Equalizer gefiltert, eine Methode, die in erster Linie bei der Schlagzeugaufnahme angewandt wird.

hinter den Filtern, und zwar am besten gleich bei der Aufnahme, um das Gate beim Mixdown für andere Zwecke frei zu haben. Wer jedoch über den Luxus eines getrennten Vormisch- oder Monitorfeldes für die Mehrkanalmaschine verfügt, der sollte das Gate erst beim Mixdown einschleifen und versuchsweise während der Aufnahme bereits in den betreffenden Abhörweg legen, um sich rechtzeitig schon mal ein Bild vom zu erwartenden Endergebnis zu machen und verschiedene Gate-Einstellungen auszuprobieren (Bild 4). Dies gilt für andere Instrumente selbstverständlich ebenso.

Beim Einsatz des Noise Gates an der Bass Drum kommt der Attacktime die klangentscheidende Rolle zu. Vielleicht haben Sie auch schon einmal beim Hören des satten Einschaltknacks eines Verstärkers gedacht: 'So gut müßte mal meine Bass Drum klingen!'

Mit dem Noise Gate können Sie einen ähnlichen Effekt erreichen.

Wie schon erwähnt, erzeugt ein Noise Gate bei genügend kurzer Attacktime einen Einschaltknack. Diesen Impuls könnte man auch als Anschlag des Schlegels auf das Trommelfell 'verkaufen'. Wie in Bild 4 zu sehen, kommt natürlich auch der Threshold wichtige Bedeutung zu, denn ist sie zu hoch, dann nützt uns der ganze schöne Einschaltknack nichts, da sich so der künstliche Einschwinger nicht überzeugend mit dem Originalklang der Bass Drum mischen wird. Voraussetzung für diesen speziellen Einsatz des Noise Gates ist, daß die gegatete Bass Drum von sich aus bereits möglichst tief und trocken klingt.



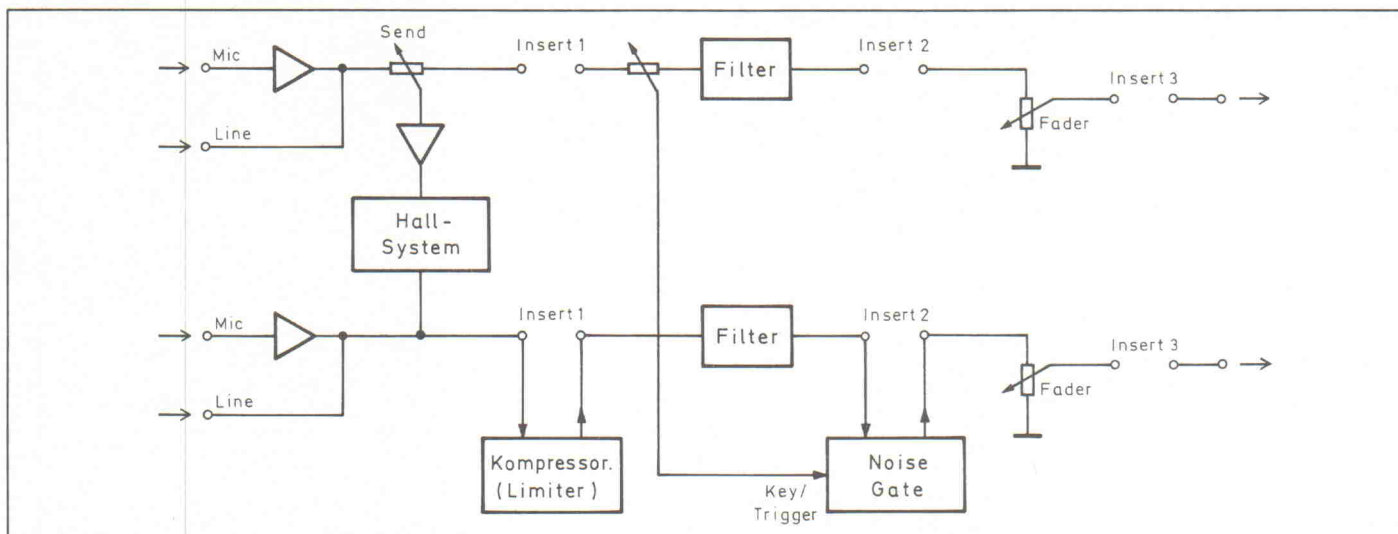


Bild 6. Gated Hall. Um den begehrten Phil-Collins-Schlagzeugsound zu erzeugen, bedarf es neben Noise Gate und Hallgerät zusätzlich eines Kompressors oder Limiters. Besonders vorteilhaft wirkt sich eine einstellbare Gate-Hold-Zeit aus.

Nun ist die Technik eines sehr scharfen Gatepunches in den Siebziger und Anfang der achtziger Jahre so extrem häufig benutzt worden (der Leser möge seine Plattensammlung daraufhin einmal untersuchen), daß man sich zum Glück etwas Neues hat einfallen lassen. Neben dem Bestreben nach immer räumlicheren Schlagzeugsounds verlängert man heutzutage die Attacktime, so daß die Bass Drum einen weichen Einschwinger erhält, der aber immer noch genügend Druck abgibt und allein durch Filterung so nicht zu erreichen ist. Dies liegt an der Obertonstruktur der Gate-Einschaltflanke.

Eine weitere interessante Anwendung zweier Noise Gates besteht darin, das Bass Drum Signal 'aufzupeitschen', beide Signale durch jeweils ein Gate zu schicken und verschiedene Attacktimes bzw. Thresholds einzustellen (Bild 6). Die dadurch erreichte Verzögerung führt zu einem Verdopplungseffekt, der der Bass Drum sehr viel Punch verleiht, auch ohne daß der leicht überstrapazierte Einschaltknacker verwendet wird. Alle diese Möglichkeiten gelten natürlich für die Snare ebenso; jedoch sollte man hier nicht die kürzeste Attacktime verwenden, da ein Einschaltknack auf der Snare nicht unbedingt wünschenswert ist.

Bei der Schlagzeugaufnahme besteht jedoch eine weitere Möglichkeit, unter Umständen sogar eine Notwendigkeit:

Häufig taucht nämlich das Problem auf, daß das Hihat-Signal

### Frequenzabhängiges Gaten

das Gate der Snare öffnet. Dies passiert um so häufiger dann, wenn die Snare in den Höhen kräftig angehoben wird.

Hier kommt der externe Triggereingang (key) zu Hilfe: Wenn man über einen Auskopplweg am Mischpult ein extrem gefiltertes Signal der Snare als Trigger für das Snare-Gate benutzt, ist auch dieses Problem in den Griff zu bekommen. Wohlgermerkt: Durch den Signalweg des Gates läuft weiterhin das normale Snaresignal, während man sich mit dem Equalizer einen Frequenzbereich sucht, in dem zwar die Snare, jedoch nicht die Hihat prägnant vertreten ist (Bild 7). Dies kann z.B. ein Bereich zwischen 80 Hz...200 Hz, eventuell sogar 1 kHz sein, wobei der letztgenannte Bereich schon gefährlich nahe an die Hihat kommt. Läßt sich im unteren Bereich keine Exklusivfrequenz finden, so sollte man die Snarestimmung, das Mikrofon oder dessen Position kontrollieren.

Eine ähnliche Notwendigkeit kann sich beim Gaten von sowohl Snare als auch Bass Drum ergeben, speziell dann, wenn die Bass Drum doppelt, d.h. zusätzlich auf der Seite der Fußmaschine abgenommen wird, um einen natürlichen, kräftigen Punch zu erhalten.

Hierbei wird es bereits schwieriger, Bass Drum und Snare frequenzmäßig auseinander zu bekommen. Schließlich sollen sich beide Instrumente ja noch klanglich voneinander unterscheiden und nicht beide nach undifferenzierter 'Baßwumme' klingen.

Der Vollständigkeit halber sei noch auf folgende Möglichkeit hingewiesen. Wenn trotz perfekten Gatens Bass Drum und vor allen Dingen die Snare so stark in die restlichen Mikrofone übersprechen, daß man überhaupt nichts vom Gateeffekt hört, besteht die Möglichkeit, z.B. die Tommikrophone als (Stereo-) Gruppe zu gaten. Man bildet also aus den betreffenden Mikros einen Stereomix für zwei Spuren und behandelt diese Stereosumme gemeinsam mit zwei Gates. Ganz wichtig ist dabei die Kopplung der Gates über die Keyfunktion, da andernfalls die Gates nicht gemeinsam öffnen und schließen oder ein Gate unter Umständen ganz geschlossen bleibt.

Beim gleichzeitigen Einsatz mehrerer Gates sollte man jedoch vorsichtig verfahren, da die Gefahr wächst, daß Gates zu spät oder gar nicht öffnen. Es sollten solche Kombinationen nur verwendet werden, wenn gewährleistet ist, daß der Drummer lautstärkemäßig extrem konstant spielt. Dies ist beispielsweise im Jazz überhaupt nicht möglich. Außerdem kann es sein, daß das Schlagzeug allzu steril klingt

und den Charme eines preiswerten Drum-Computers versprüht.

Wie aber Noise Gates einen sehr räumlichen und lebendigen Klang erzeugen können, zeigt das folgende und zugleich letzte Anwendungsbeispiel.

### Gated Hall

Die Zeiten, da das Schlagzeug in einer Schlagzeugkabine eingesperrt wurde, sind endgültig vorbei. Möchte man zumindest meinen. Sollte es Ihnen als Schlagzeuger einmal passieren, daß man Sie trotzdem in ein Kabäuschen verfrachten will, melden Sie ohne mit der Wimper zu zucken, Protest an, und erzählen Sie dem Tonkutscher nach Beendigung der Lektüre dieses Artikels und vielleicht desjenigen über Aufnahmeräume (in diesem Heft), was er richtigerweise zu tun hat.

Zur Erzeugung von Effekten wie die Phil Collins-Schlagzeugintros von 'Sussudio' oder 'Only you know and I know', (beide von der LP 'No Jacket required'), benötigt man zusätzlich zu den Gates einen Kompressor und ein Hallgerät bzw. alternativ einen guten, halligen Raum.

Die Länge des Halls sollte so kurz wie möglich eingestellt werden, eine Sekunde jedoch nicht unterschreiten. Dieser Hall wird in einen Kompressor gegeben, wobei der Kompressor im Normalfall auf extremster Kompression (wie im Limiter) zu stellen ist. Das komprimierte Signal gelangt dann in



## Noise Gates im Einsatz

das (bzw. bei Stereohall in die) Noise Gate(s), wobei die Gates der Instrumente, die mit dem 'Gated Hall' bearbeitet werden sollen, über 'Key' getriggert werden (siehe Bild 8).

Den Begriff 'Gated Hall' haben Sie im Zusammenhang mit neueren Hallgeräten vielleicht schon einmal gehört. In der Tat ist diese Technik in vielen neuen, auch erschwinglichen Digital-Reverberation-Systemen enthalten, wirkt jedoch nicht so spektakulär wie in unserer Anordnung.

'Wunderbar, wie einfach', mag sich jetzt mancher denken. Jedoch, das ganze System ist extrem pegelabhängig und funktioniert nur bei genauer Einstellung.

Hierfür sei kurz eine Art Abgleichanweisung gegeben:

- Die Hallzeit auf etwa 1 s einstellen.
- Der Hall muß kräftig bis fast zur Sättigung (Klirren) ausgesteuert werden.
- Die größte Kompressionsrate wählen.
- Sollten Sie einen Limiter benutzen, steuern Sie ihn möglichst hoch an. Wenn ein Meßgerät am Limiter vorhanden ist, sorgen Sie dafür, daß in der Zeit, in der der Hall hörbar sein soll, der Limiter im Ausregelbereich arbeitet.
- Die Attacktime am Gate kurz einstellen; es darf jedoch kein Einschaltknack zu hören sein.
- Die Releasetime kurz einstellen.
- Die Threshold tendenziell eher zu hoch als zu tief einstellen, damit die Gates wirklich nur beim Spielen der betreffenden Instrumente öffnen.

### Debugging

Es können eigentlich nur zwei Fehler auftauchen: Der Effekt kommt nicht richtig, oder der Hall bleibt zu lange stehen. Im ersten Falle ist die Hallzeit zu kurz oder die Kompression zu niedrig. Also muß der Kompressor (Limiter) oder das Hallgerät eventuell mit mehr Pegel angefahren werden.

Im zweiten Fall (Hall bleibt zu lange stehen) kann man sich

mit einer höheren Threshold am Noise Gate behelfen oder auch gegebenenfalls die Hallzeit verkürzen bzw. das Hallgerät mit weniger Pegel anfahren, da die Hallzeit auch vom Eingangspegel abhängig ist.

Spielen Sie ruhig ein bißchen an den Reglern herum. Sie können nichts zerstören; und wenn gar nichts mehr klappen will (außer der Tür), machen Sie am nächsten Tag weiter. Die Reihenfolge der Effektgeräte ist im Normalfall: Hallgerät, Kompressor, Noise Gate. Es mag jedoch bei bestimmten Gerätetypen auch sinnvoll sein, Noise Gate und Kompressor gegeneinander auszutauschen. Die Erklärung dafür wird man in den Arbeitskurven der betreffenden Geräte finden; generell soll jedoch gelten: Experimentieren Sie ruhig und finden Sie das für Sie beste Ergebnis!

Der Effekt wird übrigens besonders interessant, wenn nicht alle Instrumente des Drum Sets mit Hall versehen werden, und etwa nur die Toms oder die Snare den Hall öffnen.

Wenn Sie einen gut klingenden halligen Raum zur Verfügung haben, können Sie auch diesen anstatt des Hallgerätes benutzen. Hierbei kann es auch reizvoll sein, den Hall nicht zu komprimieren (findet sich oft bei Aufnahmen von Electric Light Orchestra). Im übrigen kann auch ein Gitarren- oder Synthesizer-Solo auf diese Weise aufgepeppt werden.

Weitergehende Möglichkeiten ergeben sich durch Vorschalten eines Verzögerungsgerätes (Delta-Delay — auch in diesem Heft). Durch Verwendung dieses Effektes erreichen Sie einen sehr räumlichen Klang, ohne den Gesamtsound zu breiig oder hallig werden zu lassen.

Wie sich gezeigt hat, kann man mit kleinen, unscheinbaren Geräten wie dem Noise Gate eine Menge anfangen — auch eine Menge Unsinn. Lassen Sie sich deshalb nicht von einer anfänglichen Begeisterung über irgendwelche Effekte blenden, sondern versuchen Sie, das Noise Gate als klanglich/musikalisches Hilfsmittel einzusetzen. Im Laufe der Arbeit mit den Noise Gates werden Ihnen sicherlich weitere Anwendungen einfallen.

## MUSIK MACHEN IST STARK.

### DAS MAGAZIN FÜR MUSIKMACHER



**Fordern Sie doch mal ein Probeexemplar an, falls Sie musik spezial noch nicht kennen. Gegen 3,— DM in Briefmarken senden wir Ihnen gerne die neue Ausgabe zum Kennenlernen zu.**

**Auf bald!**

musik spezial  
Postfach 130362 E · 4150 KREFELD



# AUDIO STAX



**audio electronic  
präsentiert  
Kopfhörer der  
absoluten  
Spitzenklasse**

**neu im Herbst  
STAX  
SR-Gamma pro**

Die folgende Aufstellung zeigt alle Fabrikate und alle Modelle der absoluten Spitzenklasse in 'Rang und Namen', Stereoplay 10/86:

Gerät	Preis	Ausgabe
STAX SR-Gamma Professional+		
SRD-7 MK 2 Prof	1000	9/86
oder + SRD-X Prof.	1150	9/86
STAX SR-Lambda Professional+		
SRM-1 MK 2 Prof.	2000	3/86
STAX SR-5 Gold + SRD-6 SB	650	12/85

Fordern Sie Sonderdrucke gegen DM 3,— in Briefmarken an von

**AUDIO ELECTRONIC**  
Postfach 1401 · 4000 Düsseldorf 1

## Das Lautsprecher Jahrbuch '86/87

Das unentbehrliche Nachschlagewerk für den Lautsprecher-Prof:

Großer Sonderteil von BERNDT STARK (stereoplay)



512 Seiten stark

- Neuheiten-Report
- Datensammlung (nur Eigenmessungen)
- Einführung in die Frequenzweichenentwicklung
- 30 Bauanleitungen
- Aktiv-Programm Subwoofer, Satelliten
- ... und viele wichtige Tips und Tricks für die Praxis

Gegen 20,— DM-Schein oder Überweisung auf das Postgirokonto 162217-461 Dortmund, Preisliste 86 kostenlos.

**hifisound  
lautsprecher  
vertrieb**

4400 Münster · Jüdefelderstr. 35 u. 52 · Tel. 0251/47828

## HIFI nur in Hamburg Open Air



PSL 320/400 mit Beschichtung nur DM 389,00  
Dolomit II Pyramide kompl. Bausatz incl. Gehäuse 42 cm hoch, DM 235,—  
Bass 17 cm Ø und Audax HD100

**BEWÄHRTE  
LAUTSPRECHERSYSTEME**  
in 2000 Hamburg 13 · Rentzelstr. 34  
Tel.: 040/44 58 10  
Bitte Katalog anfordern DM 5,—. Sofortversand auch ins Ausland.  
Garantie auf alle Artikel.

**elrad EXTRA 4**

**HifiBoxen**  
jetzt gemacht

**Jetzt am Kiosk.**

## elrad-studio 1 Gehäuse ★ Platinen ★ Bauteile

STUDIO-MISCHPULT PM 500	
Eingangskassette Platine durchkontaktiert, verzinkt	DM 99,—
Stereosumme Platinensatz verzinkt	DM 99,—
Monitoring, Talkback etc. Platine, verzinkt	DM 65,—
DELTA-DELAY	
Platinensatz	DM 49,50
19er Gehäuse für Mono bedruckt und gebohrt	DM 99,—
19er Gehäuse für Stereo bedruckt und gebohrt	DM 125,—

Die zu den Bauanleitungen passenden Platinen sind geätzt, gebohrt und mit einem Bestückungsdruck sowie Lötstopplack (oder hochwertiger Glanzverzinnung) versehen!!!

NOISE GATE	
Platinensatz	DM 19,90
Gehäuse gebohrt und bedruckt	DM 45,—
KORRELATIONSGRADMESSE	
Platine	DM 6,90
Frontplatte (passend für 19er Einschubgehäuse) gebohrt und bedruckt	DM 9,90
Gehäuse bedruckt und gebohrt	DM 29,90
LIMITER L 6000	
Platine	DM 19,90
Gehäuse bedruckt und gebohrt	DM 49,90
STUDIO-PEAKMETER	
Platine	DM 29,90
Gehäuse bedruckt und gebohrt	DM 89,90

**PASSEND  
BAUSÄTZE  
+  
BAUTEILE**  
ZU DEN IM HEFT  
ERSCHENENEN  
BAUANLEITUNGEN  
FINDEN SIE IN UNSERER  
KOSTENLOSEN  
SONDERLISTE  
„elrad-studio 1“  
Rufen Sie uns an oder  
schreiben Sie uns!!!

**PLATINENHERSTELLUNG**  
vom Spezialisten  
ein- und doppelseitig durchkontaktiert, Heißluftverzinnt, Lötstopplackdruck, Bestückungsdruck, Schaltungsentflechtung, Reparoarbeiten, Layoutentwurf.  
Null-, Muster-, Klein-, Mittel- und Groß-Serien.  
Fordern Sie unser kostenloses Platinen-Info an!  
AMEX-Leiterplatten-Medinger-KG  
Königswinterer Str. 116, 5300 Bonn 3

Lieferung per Nachnahme (+ DM 5,90) Versandkosten oder gegen Vorkasse Scheck/Überweisung (+ DM 3,—) Versandkosten. Auslandsversandkosten DM 10,—. Irrtum und Preisänderungen vorbehalten.

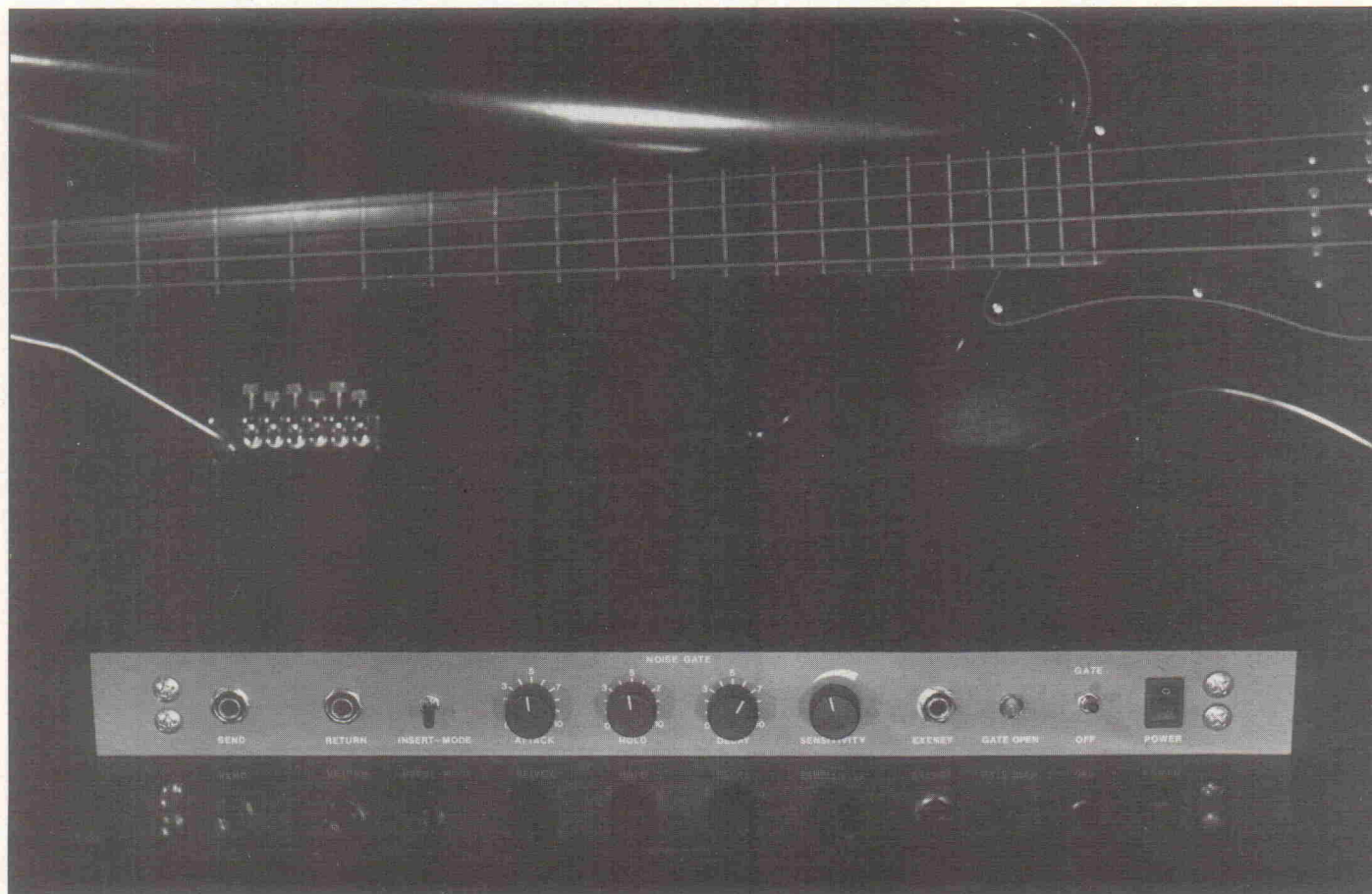
**AME, KÖNIGSWINTERER STR. 116, 5300 BONN 3, TEL. 02 28/46 91 36**

Original-elrad-Bausätze	Bauelemente	Aktuell
500 PA MOS-FET ..... DM 388,10 300 PA bipolar ..... DM 165,80 150 PA MOS-FET ..... DM 155,80 100 W MOS-FET HIFI ..... DM 124,90 20 W Class A ..... DM 148,60 60 W NDFL ..... DM 68,50 140 W Röhrenverstärker ..... DM 598,00 Kompressor/Begrenzer ..... DM 58,60 Ak. Lautsprecherschutz ..... DM 28,50 Einschaltstrombegrenzer ..... DM 26,50 Korrelationsradmesser ..... DM 35,00 Param.-Equalizer 12/85 ..... DM 189,90 19" Geh. Param.-Equal. 12/85 ..... DM 85,00 Noise Gate ..... DM 79,70 19" Geh. Noise Gate (st.) ..... DM 85,00 Combo I ..... DM 47,83 Combo II ..... DM 59,90 Digital Hall ..... DM 598,00 Digital Hall-Erweiterung ..... DM 254,00 Digitales Schlagzeug, Plane ..... DM 178,00 Digitales Schlagzeug, Voice einschl. Sound Eprom ..... DM 258,50	2 SK 134 hitac ..... DM 17,90 2 SK 135 hitac ..... DM 17,90 2 SJ 49 hitac ..... DM 17,90 2 SJ 50 hitac ..... DM 17,90 Elko-Becher 10 000 µF/80 V ..... DM 25,80 SK 85/100 se 0,48 IC*/W Kühlkörper ..... DM 32,80 SK 53/200 al Kühlkörper f. 550 PA ..... DM 32,50 Stromversorgung ohne Gehäuse/Platine ..... DM 428,81 Multiboard 1 Kanal, ohne Gehäuse/Platine ..... DM 226,00 CD-Kompressor, ohne Gehäuse/Platine ..... DM 54,20 High-Com-Modul ..... DM 66,00 Inter-Com-Station ohne Gehäuse/Platine ..... DM 60,90 Lineares C-Meter, Grundgerät ohne Platine ..... DM 72,10 Lineares C-Meter, Quarzbasis ohne Platine ..... DM 18,20 Parametrischer Equalizer ohne Netzteil/Platine ..... DM 46,20 Ringkern-Transformatoren incl. Befestigungsmaterial ..... 80 VA 2x12, 2x15, 2x20, 2x24, 2x30, 2x36 ..... DM 54,00 120 VA 2x12, 2x15, 2x20, 2x24, 2x30, 2x36 ..... DM 58,20 170 VA 2x12, 2x15, 2x20, 2x24, 2x30, 2x36 ..... DM 64,80 250 VA 2x15, 2x18, 2x24, 2x30/36/45/48/54 ..... DM 74,60 340 VA 2x18, 2x24, 2x30, 2x36/48/54/60/72 ..... DM 81,20 500 VA 2x30, 2x36, 2x47, 2x50 ..... DM 123,00 700 VA 2x30, 2x36, 2x47, 2x50 ..... DM 143,80	19"-Voll-Einschub-Gehäuse ..... DIN 41494 für Verstärker/Equalizer usw. Frontplatte 4 mm natur oder schwarz, stabile Konstruktion, geschlossene Ausführung, Belüftungsbleche gegen Aufpreis. Tiefe 255 mm, 1,3 mm Stahlblech. Höhe: 1 HE 44 mm ..... DM 52,00 Höhe: 2 HE 88 mm ..... DM 61,00 Höhe: 3 HE 132,5 mm ..... DM 74,80 Höhe: 4 HE 177 mm ..... DM 85,50 Höhe: 5 HE 221,5 mm ..... DM 94,80 Höhe: 6 HE 266 mm ..... DM 99,10 9 1/2" Gehäuse 1HE ..... DM 42,60 Eingangszug ..... DM 123,00 Supsummenzug ..... DM 128,00 Spezialbauteile-Sonderliste ..... DM 1,80 Gehäuse f. 1/3 Oktav-Equalizer ..... DM 238,60 Gehäuse f. 1/3 Oktav-Equalizer ..... DM 150,90 RÖH 2 inkl. Gehäuse ..... DM 966,00 Ausgangsübertrager ..... DM 117,00 Netztrafo ..... DM 79,00 Versand per NN. Beachten Sie bitte auch unsere vorherigen Anzeigen.

Modularer Vorverstärker / Illu-Mix ELMIX/REMI/ Bauteilelisten gegen Rückporto

**KARL-HEINZ MÜLLER · ELEKTROTECHNISCHE ANLAGEN**  
Wehden 294 · Telefon 0 57 73/16 63 · 4995 Stenwede 3





**Gegen Brummen, Knacken, Knistern  
und Rauschen**

# Rausch-EX

**Entlärmer und Effektgerät in Einem**

Dieses kleine Gerät ist in der Lage, all die Effekte zu zaubern, von denen im vorangegangenen Beitrag die Rede ist. Ach ja... natürlich bewältigt es nebenbei auch noch die ihm ursprünglich zugeordnete Aufgabe: Unliebsame Nebengeräusche bei der Aufnahme ausschalten, wobei es weniger um meckernde Nachbarn und nöhlende Ehepartner geht, als vielmehr um das, was sich an rein elektrischen Störungen aufs Band schummeln will.

Jeder Musiker kennt die Probleme, die von Brummeinstreuungen in langen Anschlußkabeln und Effektgeräten herrühren: Auch wenn gerade kein Signal übertragen werden soll, sind immer noch irgendwelche Geräusche hörbar, der Gitarrenverstärker brummt, oder nicht benutzte Ausgänge der Mehrspurmaschine rauschen sinnlos vor sich hin.

Die Lösung derartiger Probleme liefert ein Noise Gate (Störaustaster), das der elektronische Ersatz für jemanden ist, der immer dann, wenn die Musik aufhört, alle Audiostecker abzieht. Wenn man will, macht das korrekt eingestell-

te Noise Gate dies so unaufdringlich, daß man meinen möchte, es sei gar nicht vorhanden.

Zunächst zu den wichtigsten Parametern eines solchen Gerätes:

### **Schwellenwert (Threshold)**

Er gibt den Eingangssignalpegel an, der benötigt wird, um den Austaster zu aktivieren. Die Threshold ist in der im Schaltbild angegebenen Dimensionierung von etwa -35 dBm bis hinunter zu -65 dB einstellbar. Für den Einsatz des Gates als Effektgerät, speziell beim 'Gated Hall', ist eventuell eine wesent-



lich geringere Empfindlichkeit vonnöten und R20 nach Bedarf zu verkleinern.

Im normalen Betrieb als Störgeräuschunterdrückung wird das Noise Gate so eingestellt, daß die Threshold gerade etwas über dem vorhandenen Grundgeräuschpegel liegt. Mit dem Anstieg des Nutzsignals wird der Austaster dann aktiviert.

### **Ansprechzeit (Delay)**

Dies ist die Zeit, die der Austaster benötigt, um aktiv zu werden, d.h. zu öffnen, wenn der Schwellenwert überschritten wird. Im Idealfall sollte dies sofort geschehen, im praktischen Betrieb kann die Ansprechzeit unter einer Millisekunde liegen und braucht nicht einstellbar zu sein.

### **Einschwingzeit (Attack)**

Diese Zeit benötigt das Noise Gate, um vom vollständig gesperrten Zustand (Eingangssignal wird nicht durchgeschaltet) auf völligen Durchlaß (Eingangssignal passiert ungedämpft) zu kommen. Viele Austaster öffnen sofort. Falls das erwünscht ist, kann unser Gerät dies auch, es läßt sich jedoch auch auf eine Attackzeit von bis zu 100 ms einstellen.

### **Haltezeit (Hold)**

Das ist die Zeit, während der das Gate nach der letzten Nutzsignalfanke ohne weiteres Triggersignal noch geöffnet bleibt. Sie läßt sich von 100 ms bis zu 2 s einstellen.

### **Ausschwingzeit (Decay)**

Dies ist die Zeit, die vergeht, bis der Austaster nach Ablauf der Haltezeit in den vollständig gesperrten Zustand zurückschaltet. Man kann sie in der Schaltplandimensionierung von 100 ms bis zu 2 s einstellen. Für spezielle Effektanwendungen kann es erforderlich sein, daß das Gate schlagartig sperren muß, etwa wenn ein Hallsignal 'abreißen' soll (vgl. Pete Townshends 'Face to Face', hier besonders den letzten Ton).

Unser Störaustaster läßt sich nicht nur über den normalen Eingang triggern, sondern auch von einem an der Buchse EXT KEY eingespeisten Signal oder durch einen logischen Pegel am Anschluß REM aktivieren. Die eingestell-

ten Gate-Parameter bleiben von der Wahl des Triggereingangs unberührt. Da sich die Einschwing-, Halte- und Ausschwingzeiten nahezu beliebig einstellen lassen und das Noise Gate über diverse Steuereingänge verfügt, ist es — zweckentfremdet — auch als Hüllkurvenformer verwendbar.

### **Wenig geheimnisvoll: Das Schaltbild**

Das Herz des Noise Gates bildet der eigentliche Austaster in Form von IC2, einem Transkonduktanzverstärker (Steilheitsverstärker, OTA), dessen Verstärkung vom Steuerstrom an Pin 5 bestimmt wird. Die beiden Operationsverstärker IC1 sind als Impedanzwandler mit der Verstärkung  $V = 1$  geschaltet, wobei der eine vor und der andere hinter dem OTA liegt. Die Verstärkung wird mit dem Trimpoti PR1 auf 0 dB eingestellt, so daß die Durchgangsverstärkung des NF-Signals 1 beträgt, wenn der Austaster öffnet.

Der Schwellenwertdetektor besteht aus IC3d und IC4. Das Eingangssignal wird entweder dem NF-Zweig hinter der Impedanzwandlerstufe IC1a oder dem EXT KEY-Anschluß entnommen. R15 und C9 bilden ein Tiefpaßfilter, das hochfrequente Störungen fernhält. Danach gelangt das Signal auf die Verstärkerstufe IC4a, deren Verstärkung mit RV 3 (Threshold) eingestellt wird. Darauf folgt die Verstärkerstufe IC4b mit fester Verstärkung, die dafür sorgt, daß ein ausreichender Pegel am Komparatoreingang zur Verfügung steht.

### **Kettenreaktion**

IC3d bildet einen Fensterkomparator. Die Schaltung ist etwas ungewöhnlich,

da sie nur aus einem Operationsverstärker besteht. Wenn das Ausgangssignal von IC4b eine genügend hohe Amplitude aufweist, wird Pin 2 von IC3d positiver als Pin 3 (über die Diode D5), oder umgekehrt (dann ist die Diode D4 zuständig. Vorausgesetzt, das Noise Gate arbeitet nicht im überbrückten Zustand, liegt Pin 5 des NAND-Schmitt-Triggers IC5a auf log. 1, und die Kette von Low-Impulsen am Ausgang von IC3d erzeugt eine Reihe von High-Signalen an Pin 4 des Schmitt-Triggers.

Solange diese Impulse anstehen, sind die Dioden D6 und D7 leitend und halten die beiden Kondensatorpole auf gleichem Potential, wodurch eine Aufladung verhindert wird. IC5b und d liegen jeweils mit einem Eingang an der positiven Versorgungsspannung und arbeiten als Schmitt-Inverter. Anschluß 1 von IC5b liegt über R30 auf High-Pegel, dadurch ergibt sich am Ausgang ein Low-Signal und somit an Pin 11 von IC5d wieder eine log. 1.

Liegt kein für das Gate mehr erkennbares Nutzsignal mehr an Input oder EXT KEY an, reißt die Impulskette am Ausgang von IC5a ab, die Dioden leiten nicht mehr, und Kondensator C16 beginnt, sich über Diode D8 auf High-Pegel aufzuladen (Pin 11 von IC5d hatte ja eine log. 1). Die Geschwindigkeit, mit der die Aufladung stattfindet, wird von der Einstellung des Potis RV4 bestimmt. Während die Spannung am Kondensator steigt, fällt die Spannung an R29 und RV4, und Pin 1 von IC5b wird über R30 auf Low-Potential gezogen. An einer bestimmten Schwelle, die von der Arbeitsweise des Schmitt-Triggers abhängt, ändert IC5b seinen logischen Zustand, und sein Ausgang geht auf High-Pegel. Damit kippt auch

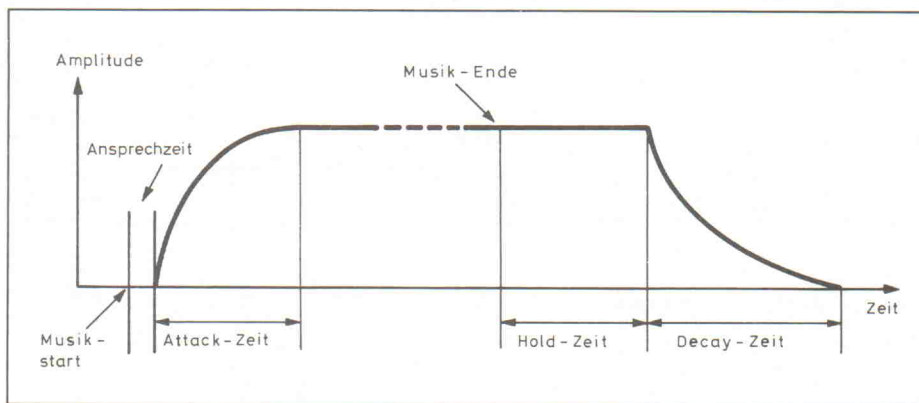
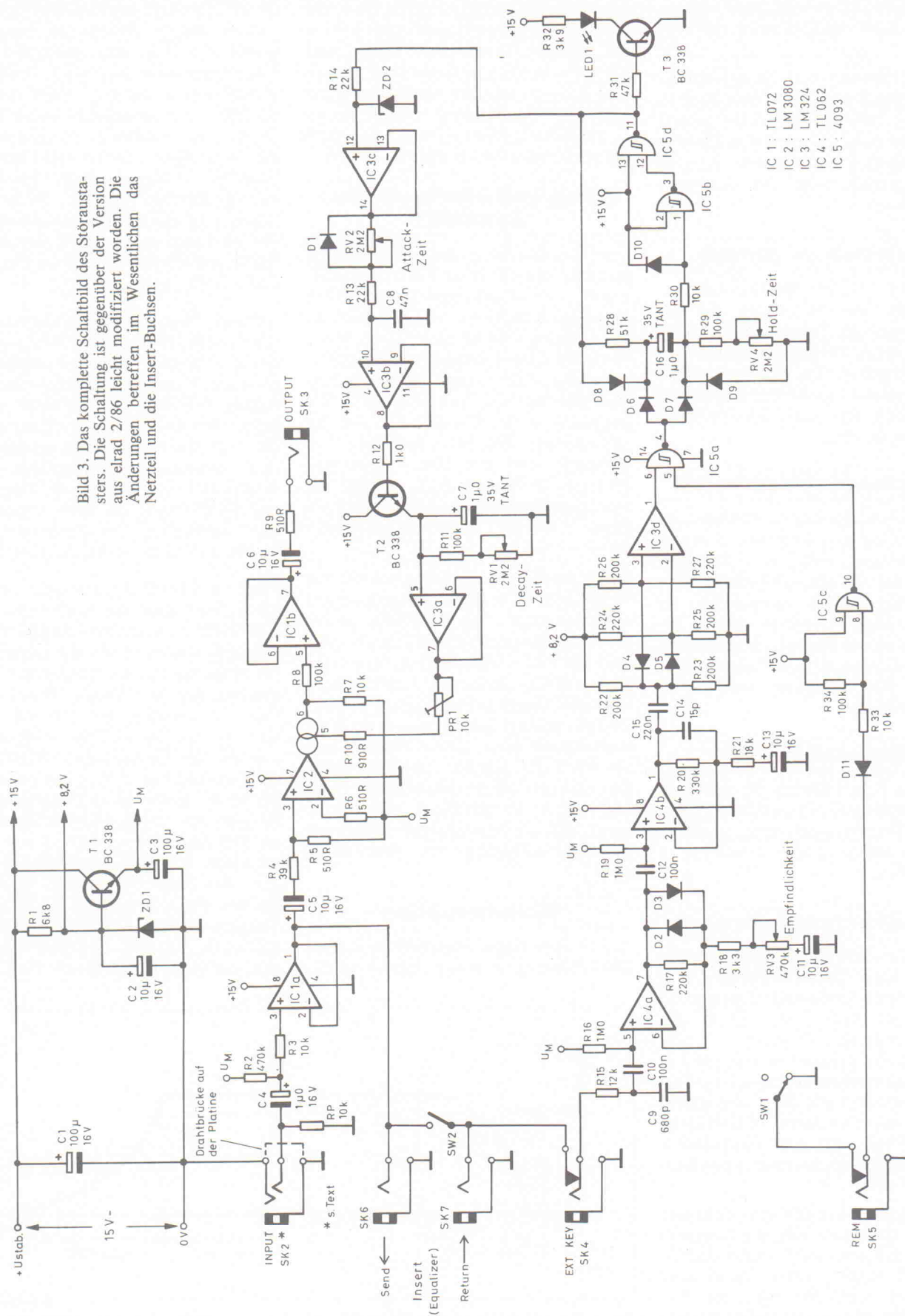


Bild 1. Bis auf die Ansprechzeit sind alle Hüllkurvenparameter des Noise Gates einstellbar.



## Noise Gate

Bild 3. Das komplette Schaltbild des Störaustauschers. Die Schaltung ist gegenüber der Version aus derad 2/86 leicht modifiziert worden. Die Änderungen betreffen im Wesentlichen das Netzteil und die Insert-Buchsen.



IC 1: TL072  
IC 2: LM3080  
IC 3: LM324  
IC 4: TL062  
IC 5: 4093



IC5d auf Low. Da es die Ausgangsspannung dieses Gatters war, die den Kondensator aufgeladen hatte, kann eine weitere Aufladung nun nicht mehr stattfinden, und die Schaltung verweilt in diesem Zustand, bis eine weitere Impulskette von IC3d und IC5a empfangen wird.

Wird SW1 betätigt oder an Buchse SK5 eine log. 0 eingespeist und damit der Austaster im überbrückten Zustand betrieben, so wird Anschluß 5 von IC 5a durch den Schmitt-Inverter IC5c auf Low-Pegel gehalten. Das hat zur Folge, daß Pin 4 von IC5a auf High-Pegel bleibt und die Dioden D6 und D7 leitend sind. Anschluß 1 von IC5b wird über R30 auf High-Pegel gehalten, was verursacht, daß Pin 3 auf Low geht. Das daraus resultierende Low an Pin 12 von IC5d bewirkt, daß Anschluß 11 auf High-Pegel bleibt und zwar solange, wie das Gerät im überbrückten Zustand bleibt...pffffff, diese Digitalschaltungen!..am besten, Sie lesen's nochmal.

Weiter: Besagter High-Zustand steuert die GATE-OPEN-LED über R31,32 und liefert ebenfalls eine Spannung an Pin 12 von IC3c, die von ZD2 auf 4,3 V begrenzt wird.

IC3 ist eine Impedanzwandlerstufe, die bei vorhandener Eingangsspannung den Kondensator C8 über RV2 und R13 auflädt. Die hierfür benötigte Zeit ist die Attack-Zeit; sie läßt sich mit RV2 einstellen. Die Spannung an C8 wird mit IC3b gepuffert und lädt, auf solche Art gestärkt, über T2 Kondensator C7 auf. Die Ausschwing (Decay-) Zeit hängt von der Entladegeschwindigkeit dieses Kondensators ab, die mit RV1 eingestellt wird.

IC3a ist ebenfalls ein Impedanzwandler, der die zusammengesetzte Hüllkurvenspannung in den verstärkungssteuernden Anschluß des Transkonduktanzverstärkers einspeist. Mit dem Trimmer PR1 kann die Gesamtverstärkung des NF-Zweiges auf 0 dB eingestellt werden.

Vor dem Einlöten der Bauteile sollte man überprüfen, ob die Platine unter dem Trimpoti PR1 eine Bohrung hat. Ist dies nicht der Fall, so muß dort ein Loch von 7 mm Durchmesser ge-

### Aufbau

bohrt werden. Diese Maßnahme ermöglicht es, den Abgleich von der Unterseite der Platine auch dann noch vorzunehmen, wenn sie bereits im Gehäuse eingebaut ist.

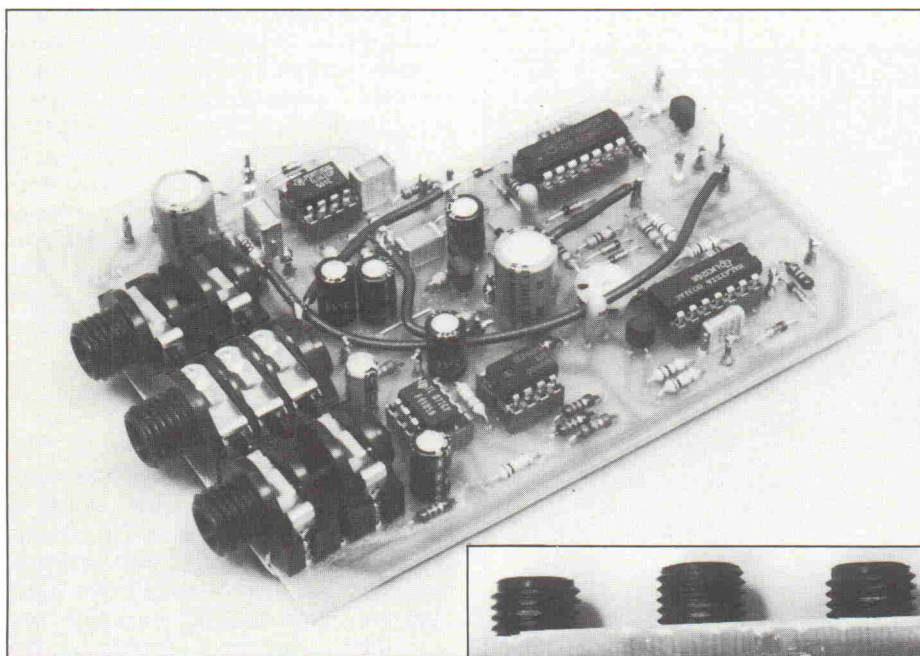
Man beginnt am besten mit dem Einlöten der Verbindungsdrähte (einige 'gewagte' Brücken waren im Layout leider nicht zu vermeiden), der Anschlußbuchsen und der Sockel für IC3 und IC5. Bei den Anschlußbuchsen sollte man nur die angegebenen Typen verwenden, damit sichergestellt ist, daß diese auch in die vorgesehenen Bohrungen auf der Platine passen.

Als nächstes lötet man die Widerstände und Kondensatoren ein. Dabei ist darauf zu achten, daß die Kondensatoren in der Nähe der Anschlußbuchsen äligend eingelötet werden, damit für die Potentiometer noch genügend Platz frei ist, wenn die Platine ins Gehäuse eingebaut wird. Die restliche Bestückung erfolgt in gewohnter Weise.

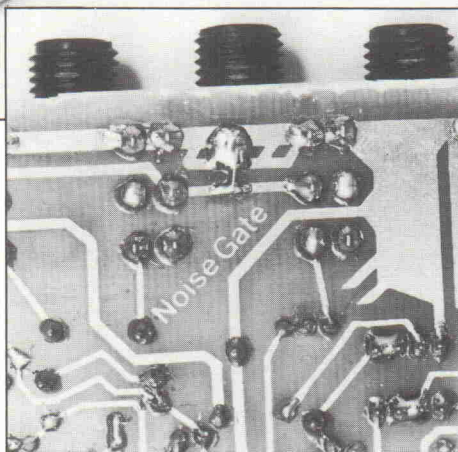
### Bist Du's oder bist Du's nicht?

Sie ist's. Dem ständigen elrad-Leser wird sicher schon längst aufgefallen sein, daß es sich bei der gezeigten Schaltung um das in Heft 2/86 vorgestellte Noise Gate handelt. Und das war eigentlich als reiner Zusatz für die von brummigen Effektgeräten verfremdete Elektrogitarre gedacht. Um das Gate 'mischpultfähig' zu machen, sind einige Veränderungen notwendig. Diese betreffen in erster Linie die Stromversorgung. Wer will sich ständig über leere 9-V-Batterien ärgern, nur weil er vergessen hat, am Vortag, nach Beendigung einer Aufnahme den Eingangs-Klinkenstecker abzuziehen, um damit den (teuren) Stromfluß zu unterbinden? Einrichtungen, die für ein Gitarren-Insertgerät sinnvoll sind, werden im Mixereinsatz zur untragbaren Zumutung.

Selbstverständlich muß das Noise Gate in dieser Anwendung über ein Netzteil versorgt werden. Um die NF-Aussteuerbarkeit zu erhöhen, wurde die (externe) Stromversorgung auf 15 V erhöht.



Bilder 4 und 5. Die Bestückung der Noise-Gate Platine. Im Bild rechts ist eine wichtige Modifikation zu beachten: Der Schaltkontakt von SK2 wird mit einem kurzen Draht überbrückt (oderhalb des Wortes 'Gate').





# Noise Gate

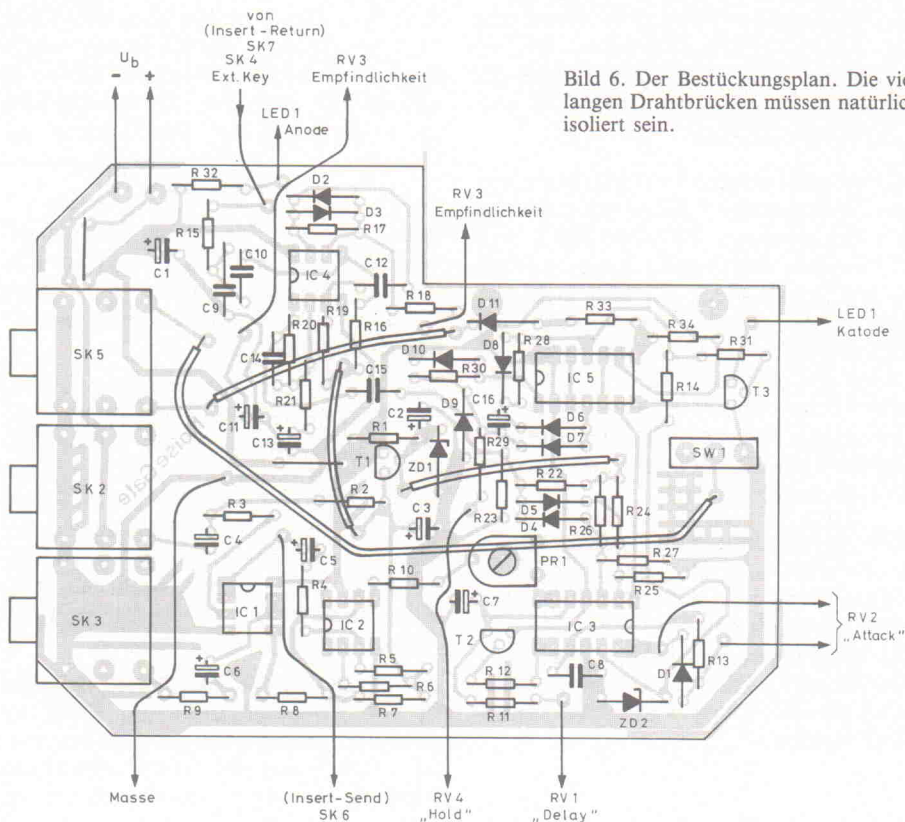


Bild 6. Der Bestückungsplan. Die vier langen Drahtbrücken müssen natürlich isoliert sein.

Sie ist auf einer kleinen Extra-Platine untergebracht und wird auf der einen Seite mit dem Netz und auf der anderen Seite mit den entsprechenden Anschlüssen auf der Platine verbunden. Um weiterhin die symmetrische Versorgung der Operationsverstärker zu erhalten, wurde der Wert der Zenerdiode ZD1 auf 8,2 V erhöht.

Jetzt ist es natürlich auch egal, ob der Betriebsstrom auch dann fließt, wenn das Gerät nicht beschaltet ist. Am besten überbrückt man daher den Schaltkontakt an der Buchse SK2 auf der Platinenunterseite und schafft sich damit gleichzeitig eine mögliche Störquelle (Übergangswiderstand der Steckerkontakte) vom Hals. Buchse SK1 braucht dabei natürlich nicht bestückt zu werden.

Die Eingangsimpedanz entspricht praktisch dem Wert von R2, also rund 470 k. Solche hohen Werte sind im Mischpult-Insertbetrieb nicht nur unnötig sondern auch unvorteilhaft. Man löte daher vor C4 einen 10-k-Widerstand gegen Masse.

Apropos Insert: Der so bezeichnete Anschluß ist für das Einschleifen eines parametrischen Equalizers vorgesehen, um eine Trennung zwischen gleichzeitig gegateten Instrumenten zu erleichtern (siehe dazu den Beitrag 'Gating' in diesem Heft). Zu diesem Zweck werden zwei auf der Platine nicht vorgesehene Buchsen zwischen die beiden Anschlüsse 'SK4 EXT KEY' gelegt. Soll das Noise Gate ohne Equalizer-Insert betrieben werden, überbrückt man den Einschleifweg mit SW2.

## Wie gate's

Darauf, wie man ein Noise Gate verschiedenartig einsetzen kann, wurde in diesem Heft ja schon ausführlich eingegangen. Darum bleibt nur noch am Schluß dieser Beschreibung ein Wort zum korrekten Abgleich zu sagen, der eigentlich kaum der Rede wert ist. Da das geöffnete Noise Gate weder eine Durchgangsdämpfung noch eine Verstärkung bewirken soll, müssen Ein- und Ausgangssignal den gleichen Pegel aufweisen. Man gleicht das Gerät am besten mit einem Eingangspegel von 0 dBm (ca. 2 Vss) ab und justiert PR1 so, daß auch am Ausgang wieder 0 dBm erscheinen. Fertig. Die vorgenommene Einstellung sollte im praktischen Betrieb nicht mehr verändert werden.

## Stückliste

Widerstände (alle 1/4 W, 5 %, wenn nicht anders angegeben)

R1	6k8
R2	470k
R3,7,30,33	10k
R4	39k
R5,6,9	510R
R8,11,29,34	100k
R10	910R
R12	1k
R13,14	22k
R15	12k
R16,19	1M
R17,24,27	220k, 1 %
R18	3k3, 1 %
R20	330k
R21	18k
R22,23,25,26	200k, 1 %
R28	51k
R31	47k
R32	3k9
RV1,2,4	2M2, log.
RV3	470k, log.
PR1	10k, Trimmer, liegend

### Kondensatoren

C1,3	100µ/16 V Elko
C2,5,6,11,13	10µ/16 V Elko
C4	1µ/16 V Elko
C7,16	1µ/35 V Tantal
C8	47n MKT
C9	680p Styroflex
C10,12	100n MKT
C14	15p Styroflex
C15	220n MKT

### Halbleiter

IC1	NE5534
IC2	LM3080
IC3	LM324
IC4	TL062
IC5	4093
T1...T3	BC338
D1...D11	1N4148
ZD1	Z-Diode 8,2 V/400 mW
ZD2	dto. 4,3 V/400 mW
LED1	LED, rot, 5 mm

### Sonstiges

SK2	Printbuchse 6,3 mm, stereo, mit Schalter dto., mono, ohne Schalter
SK3	Einbaubuchse 6,3 mm, mit Schalter
SK4	Einbaubuchse 6,3 mm, mit Schalter
SK5	Printbuchse 6,3 mm, mono, mit Schalter
SK6,7	Einbaubuchse 6,3 mm
SW1,2	Schalter 1 x EIN

Platine, Gehäuse (1/2-19", 1 HE), 4 Drehknöpfe, 2 Fassungen DIL-14, 3 Fassungen DIL-8

### Netzteil

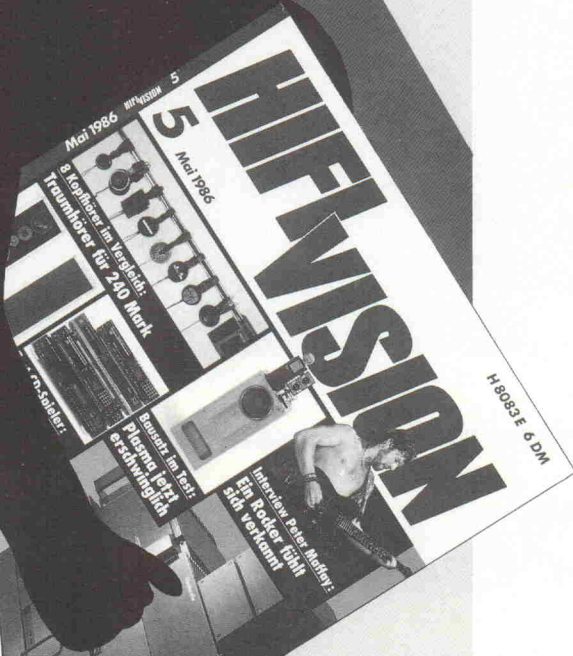
C1	470µ/25 V
C2	100n MKT
D1...D4	1N4001
IC1	78L15

Platine, Printtrafo 18 V/125 mA, Netzschalter, Schmelzsicherung 0,15 A ((5 x 20) mit Halterung für Gehäusemontage



Jeden Monat mit  
aufwendigen  
Vergleichstests neuester  
HiFi-Geräte, Autoradios  
und Lautsprecherbausätze  
aus Hörstudio  
und supermodernem  
Meßlabor, mit umfangreichem  
Technikteil und seinen  
völlig neuartigen  
grafischen Darstellungsformen,  
mit flotten Reports,  
fundierten Hintergrundberichten,  
informativen Interviews und  
Nachrichten aus der Szene und  
mit weit über 100 CD- und  
Plattenrezensionen aus  
Pop, Rock, Jazz und Klassik.  
Das ganze hübsch bunt  
für nur 6 Mark am Kiosk.  
Drum: Wer Ohren hat, liest HIFI VISION.  
Monatlich.

## Klang und Kraft im Überfluß



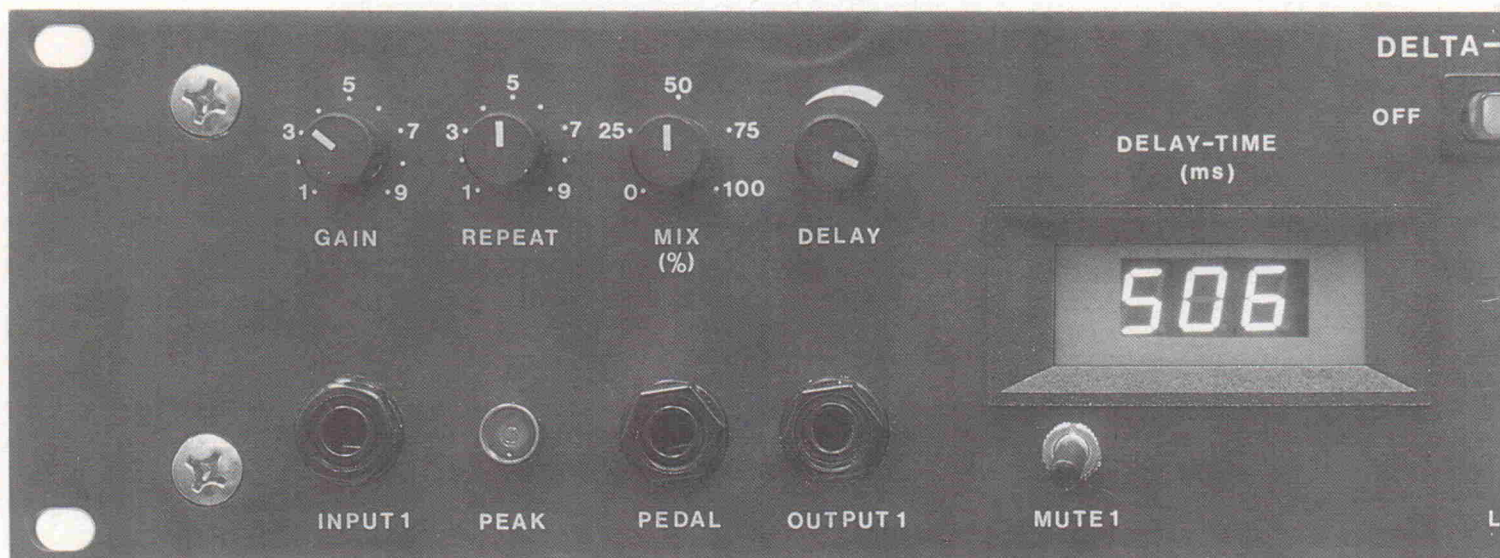
HIFI VISION testet  
Deutschlands Händler  
Erste Folge:  
Nürnberg

H 8083 E 6 DM





## Digitale Verzögerung



**Echos in Königssee-Qualität**

# Delta-Delay

**Hans Jochen Heckert**

Sobald sich Audiotechnik mit dem Attribut 'digital' verziert, steigen die Kangerwartungen ins Grenzenlose. Und das völlig zu Recht, soweit es die teuren professionellen Studiogeräte betrifft. In den erschwinglichen Preisklassen ist allerdings längst nicht alles Gold, was mit dem werbewirksamen Zusatz 'digital' glänzt. Zum Selbstbau eines digitalen Verzögerungsgerätes, das hinsichtlich der Einsatzmöglichkeiten und Klangqualität keine Wünsche mehr offenläßt, verhilft mit dem Deltamodulator ein A/D-Wandlungsverfahren, das ursprünglich für die Fernsprechübertragung entwickelt wurde. Aber keine Angst: In diesem Gerät schafft es weit mehr als Telefonqualität!

Der akustische Eindruck von der Größe eines Raumes wird nicht allein von der Abklingzeit des Halls vermittelt. Ein kleiner, jedoch knallhart gekachelter Raum kann grundsätzlich die gleiche 'Halligkeit' aufweisen wie ein großes Auditorium. Wichtig für das Hörempfinden ist hierbei der Abstand zwischen Klangereignis und erster am Ohr eintreffender Reflexion. Zur Verzögerung eines künstlichen Hallsignals sind die Bandmaschinen der Gründerzeit längst smarten 19"-Geräten gewichen, die in den unteren Preisklassen jedoch häufig mit sehr unbefriedigenden Klangeigenschaften glänzen.

Angesichts der Übertragungsperfektion anderer digitaler Audiosysteme (CD-Player) fragt man sich natürlich, warum das eigentlich bei einem vergleichsweise simplen Konzept wie dem Digitaldelay nicht erreichbar sein soll.

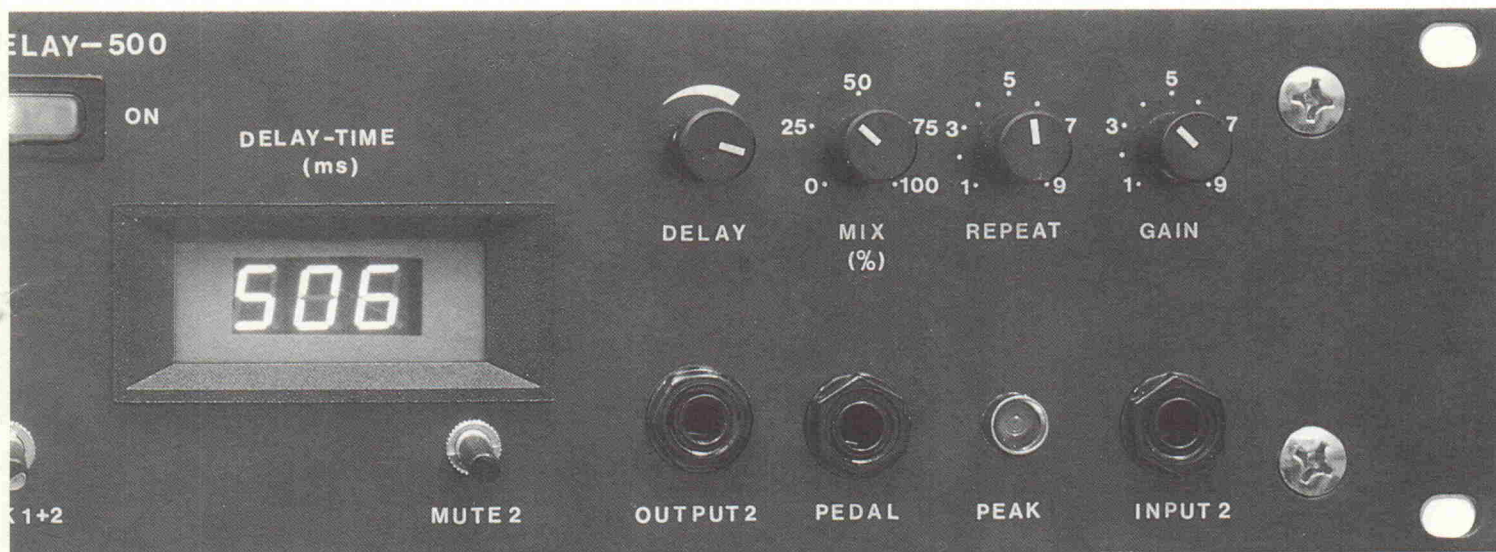
Qualitätsentscheidend ist neben der Signalabtastfrequenz in erster Linie die Auflösung und damit die Genauigkeit der eingesetzten Datenwandler. Während Compactdisc-Systeme als Vertreter der High-End-Technologie mit 16-Bit-Wandlern bei einer Abtastrate von 44 kHz arbeiten, begnügt man sich

bei vielen handelsüblichen Digitaldelays mit einer 8-Bit-Auflösung, Abtastfrequenzen von weniger als 20 kHz und verschlechtert damit die erreichbare Dynamik von 98 dB (16 Bit) auf 50 dB (8 Bit). Die obere Grenzfrequenz des zu übertragenden Audiosignals verringert sich dabei auf rund 6 kHz. Der völlig unzureichende Störabstand wird dann mit Hilfe eines Analogkompanzers verschlimmbessert. Ergebnis: Die Prospektangaben lassen einem die Augen übergehen und die tatsächlichen Klangeigenschaften die Ohren abfallen. 'Digital' allein ist offensichtlich noch keine Garantie für Qualität.

### Universeller Einsatz

Bei der Entwicklung des Delta-Delays wurde auf hohe Klangqualität und einen kompakten Aufbau mit handelsüblichen Bauteilen Wert gelegt. Neben dem Einsatz als vorgeschaltetes Effektgerät ist die Möglichkeit des Einschleifens vorgesehen. Auf eine Modulationsmöglichkeit wurde bewußt verzichtet (hierfür gibt es Flanger/Chorusgeräte), andererseits aber eine ungewöhnlich komfortable Zeiteinstellung verwirklicht: Mit einem einzigen Po-





tentiometer läßt sich der Verzögerungsbereich von 6...506 ms überstreichen; die exakte Reproduktion einer bestimmten Einstellung wird mit einer 3-stelligen LED-Anzeige ermöglicht. Die Klangqualität ist bei allen Verzögerungszeiten gleichbleibend und genügt professionellen Ansprüchen. Damit ist das Delay uneingeschränkt sowohl beim Abmischen im Studio wie auch für den Laufzeitausgleich von Beschallungsanlagen einsetzbar. Ferner gibt es die Möglichkeit, den Effekt per Pedal zu steuern, die Verzögerungszeit also mit dem Fuß zu variieren, wobei noch eine praxiserprobte Besonderheit eingebracht worden ist: Im Zeitbereich von 6...90 ms (Kurzecho, auch 'Slapback' genannt) ist das Mischungsverhältnis von Originalsignal und Echo auf 1:1 bei einer Wiederholung festgelegt. Bei längeren Verzögerungszeiten werden die entsprechenden Potentiometer aktiviert, und man kann Anzahl und Lautstärke der Echos in gewohnter Weise dosieren. Dieses Verfahren hat sich als Kompromißlösung gegenüber der vollständigen Programmierbarkeit gut bewährt.

### Im Prinzip nichts Neues...

Im Blockschaltbild unterscheidet sich das Deltadelay kaum von anderen vergleichbaren Geräten. Das Tonsignal durchläuft zunächst diverse analoge Stufen, wird mit dem A/D-Konverter in ein digitales Format umgesetzt, digital verzögert, wieder in ein Analogsignal zurückgewandelt und auf den Ausgang geführt.

Remix

Die digitale Sektion umfaßt neben dem RAM-Speicher die erforderliche quartz stabile Steuerelektronik, den Verzögerungszeit-Controller, die 3-stellige Anzeigeeinheit sowie eine automatische Stummschaltung.

Um den Rahmen dieser Bauanleitung in vertretbaren Grenzen zu halten, fällt die nun folgende Beschreibung der Schaltungsdetails — gemessen an der Menge der vermittelten Informationen — dem einen oder anderen vielleicht zu knapp aus. Das Thema 'Adaptive Deltamodulation' wurde ja bereits im Grundlagenartikel in elrad 6 ausführlich behandelt. Wer es noch genauer wissen will, findet eine gute, zusammenfassende Darstellung im 'Analog Data Book', Vol.12, der Firma Harris.

### ...aber im Detail!

Das Tonsignal gelangt über den Eingang ('Input') auf den Vorverstärker IC1a. Mit P1 ('Gain') ist die Verstärkung von 0...34 dB einstellbar, so daß normalerweise alle Signalquellen vom Mikrofon bis hin zum Hochpegelausgang eines Mischpultes korrekt gesteuert werden können. Übersteuerungen werden von der 'Peak'-LED angezeigt. IC6a mischt das Direkt- und Effektsignal; das Mischungsverhältnis kann mit P4 eingestellt werden. Die Stellung von P3 'Feedback' legt den Anteil des zurückgeführten Signals und damit die Häufigkeit der zu erzeugenden Echos fest. Über das HF-Filter R9, C12 gelangt diese Mixtur auf den A/D-Wandler.

Den Digitalverzögerungsteil überspringen wir zunächst und wenden uns dem rückgewandelten, verzögerten Analogsignal zu. Es gelangt vom Ausgang des A/D-Konverters (Pin 12 von IC3a) auf den Pufferverstärker (IC4a) und steht an dessen Ausgang als niederohmiges Effektsignal zur Verfügung.

Wie schon erwähnt, läßt sich die Verzögerungszeit auch über ein externes Pedal steuern, wobei im Kurzzeitbereich eine fest programmierte Mischung aus Original- und Effektsignal wirksam ist. Die elektronische Umschaltung übernimmt der 3-fach-Analogmultiplexer IC29. Ohne Pedal stehen die Schalter S1...S3 in der Normalstellung, wie sie auch im Gesamtschaltbild eingezeichnet ist. Bei geschlossenem Pedal sinkt die Kontrollspannung von ca. 5 V auf weniger als 2,5 V ab, S2 kippt, und der Eingang des Verzögerungszeit-Controllers (Pin 6 von IC7b) wird vom Delay-Poti getrennt und auf das Pedal gelegt. Dieses wird über R56 so angepaßt, daß sich beim Durchtreten ein Spannungsbereich von 0V...2,5 V einstellt. IC7a sorgt dafür, daß bei Einstellungen unterhalb von 90 ms zusätzlich S1 und S3 umschalten. In diesem Fall unterbricht S3 die Rückkopplung, und S1 legt über R1 und R3 ein konstantes Signalgemisch fest, in dem das erfolgende Einzelecho genauso laut ist wie das Direkt-signal.

Ohne daß wir an dieser Stelle noch einmal auf die Theorie des Deltaverfahrens ausführlich eingehen wollen, bringen wir zum besseren Verständnis der konkreten Wandler-schaltung hier



# Digitale Verzögerung

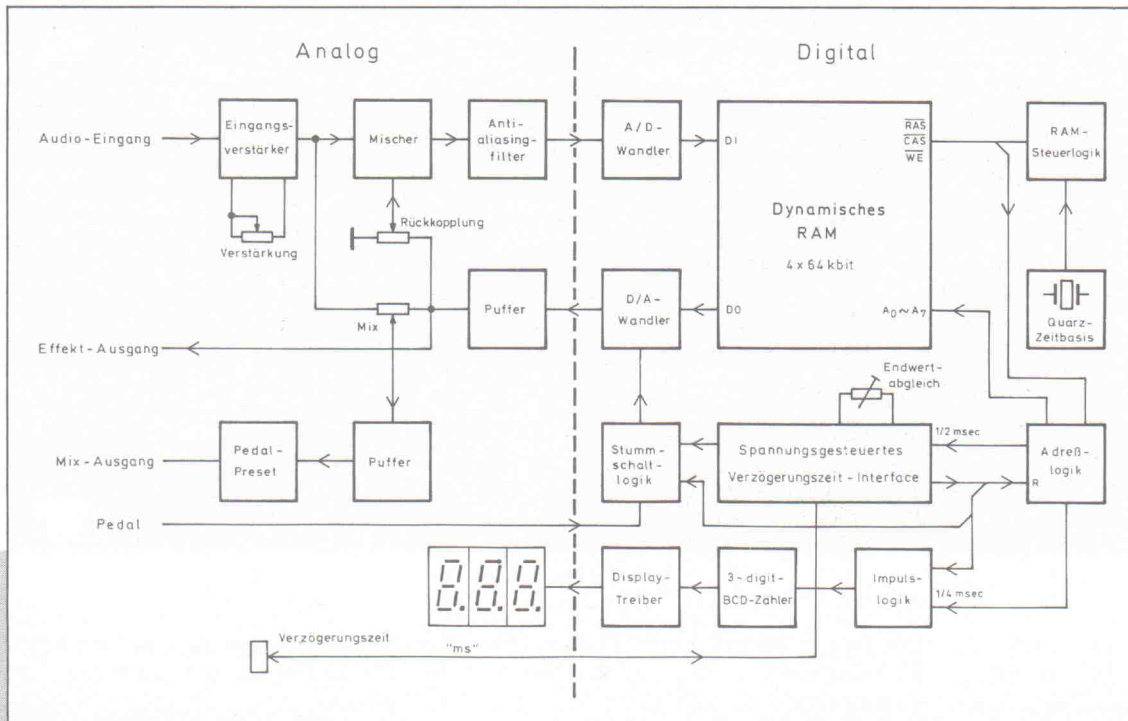


Bild 1. Die Blockschaltung des Delta-Delays. Das dynamische RAM ermöglicht Verzögerungszeiten bis zu 506 ms. Die Einstellung erfolgt über Potentiometer oder ein angeschlossenes Fußpedal.

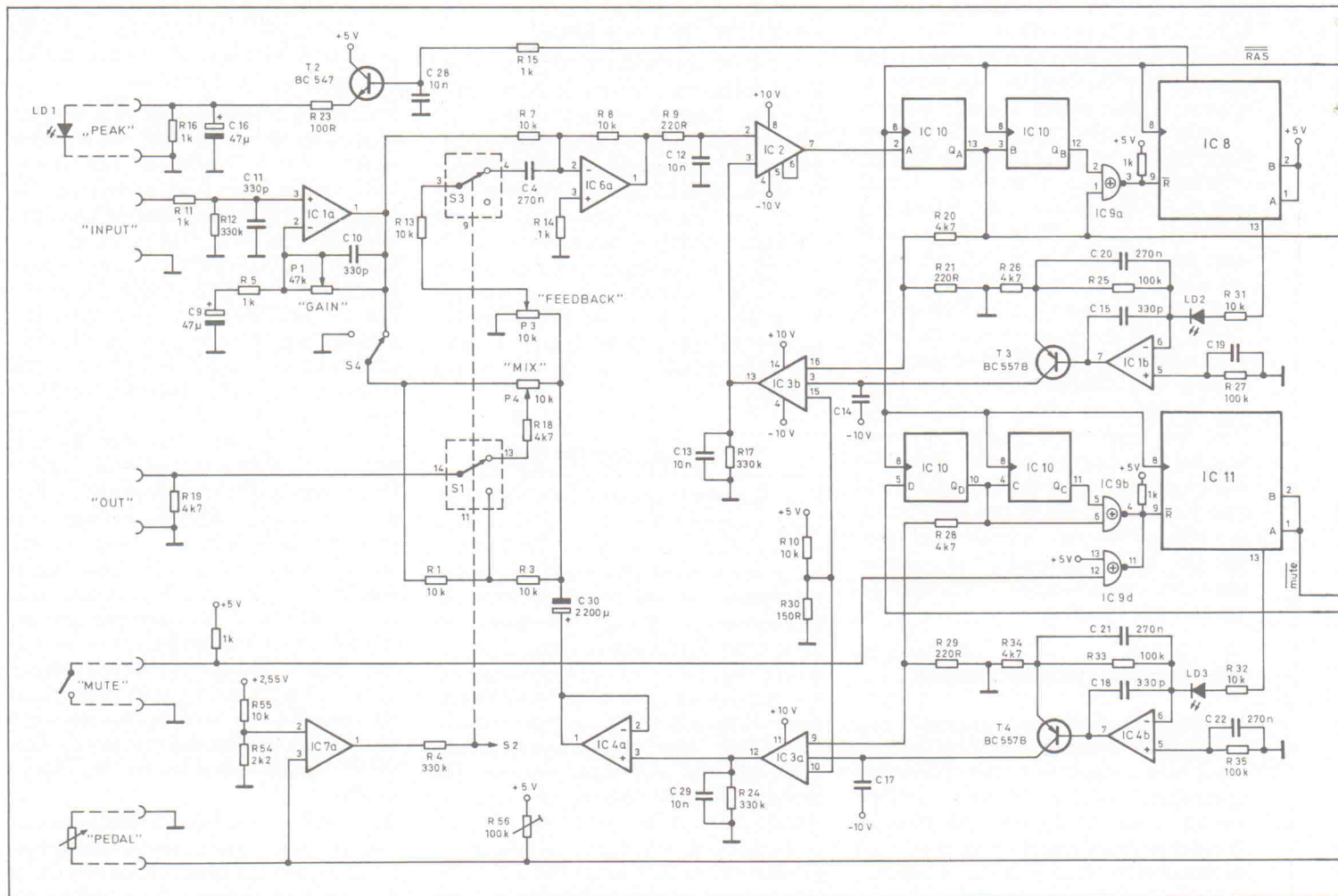


Bild 2. Das Gesamtschaltbild. Der CVSD arbeitet mit einem 8-Bit-Algorithmus und schafft eine ausgezeichnete Klangqualität bei allen Verzögerungszeiten.



### **In Kurzfassung: Die adaptive Deltamodulation**

Um die Quantisierungsverzerrungen — hörbar als Klirrfaktor oder Modulationsrauschen — möglichst klein zu

halten, sollte die Abtastfrequenz so hoch wie möglich gehalten werden und der Integrator eine hohe Zeitkonstante aufweisen. Letzteres geht allerdings nur auf Kosten einer entsprechend niedrigen Anstiegsgeschwindigkeit ('slewrate').

### 1-Bit-Datenwandlung

Der Ausgang des Komparators (IC2) liegt am Eingang des Datenlatches (IC10a), an dessen Ausgang das digitalisierte Tonsignal anliegt und dem Speichereingang zugeführt wird. Der digitale Pegeldetektor arbeitet mit einem 8-Bit-Algorithmus, d.h., es müssen wenigstens acht gleiche Bits aufeinanderfolgen, damit der Integrator weiter aufgesteuert wird. Die übliche Realisation, bestehend aus einem 8-fach-Schieberegister und 8 EXOR-Gattern, wurde hier mit einem Trick vereinfacht: Das EXOR-Gatter (IC9a) löscht das 8-Bit-Schieberegister immer dann,

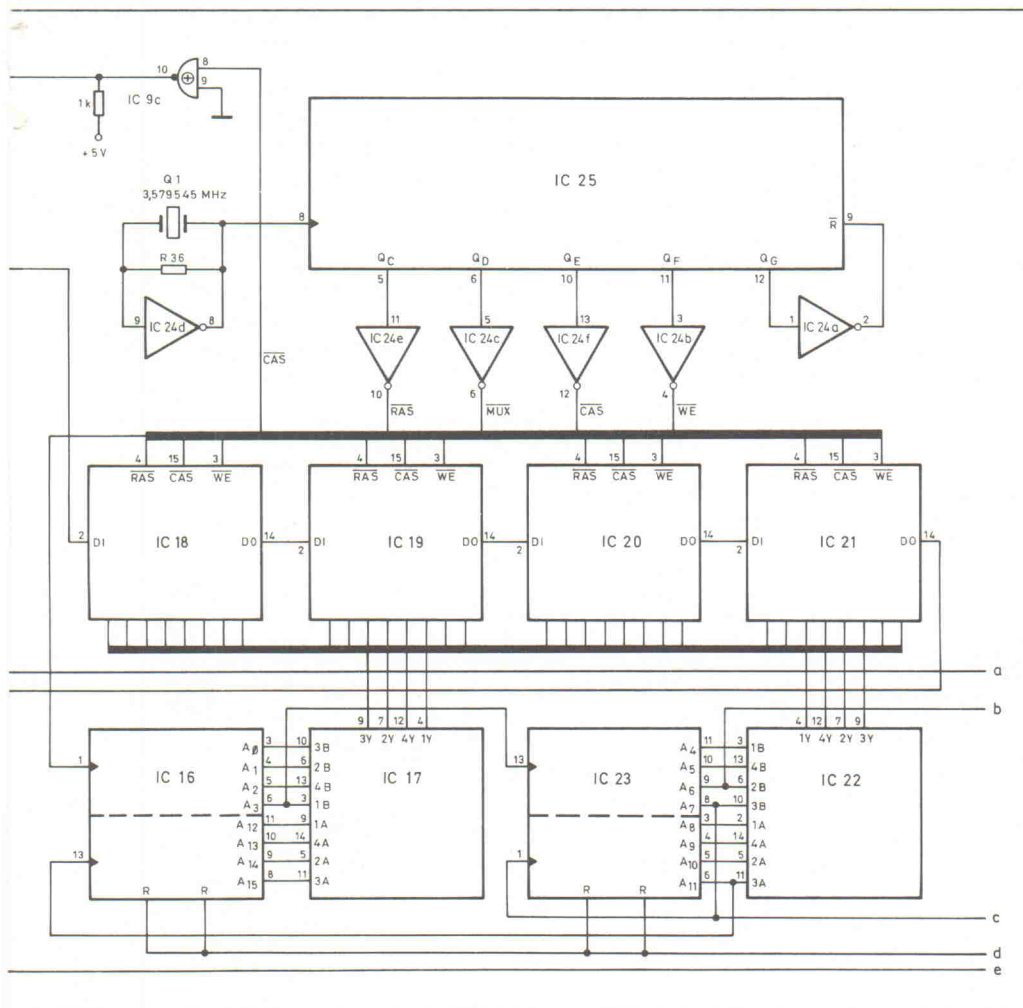
Dieser Pegelinformation entsprechend wird der Integrator über R31 mehr oder weniger aufgesteuert. Seine Ansprechzeit ('attack') ist durch R31 und C20, die Abklingzeit ('decay') durch R25 und C20 festgelegt. Q3 prägt einen proportionalen Strom in den Steuerungseingang des OTAs ein. Ein weiterer linearer Regelbereich und damit auch die erreichbare Dynamik sind in erster Linie von Konzeption und Dimensionierung dieses Schaltungsteils abhängig.

Der Integrationskondensator C13 liegt am Ausgang des OTAs (Pin 13), der zugleich den D/A-Wandler-Ausgang darstellt. Er ist mit dem Komparator-eingang verbunden; damit ist die Wandlerschleife geschlossen. Um einen guten Gleichlauf von A/D- und D/A-Wandlung zu gewährleisten, wird hier anstelle zweier Einzel-OTAs (CA3080) die Dual-Version CA3280 verwendet.

## Die digitale Verzögerungsstrecke

Wie kommt nun die digitale Verzögerung zustande? Bei analogen Verzögerungsleitungen mit Eimerketten ist die Sache klar: Die gesampelten Signalproben werden entsprechend der Abtastrate von einem Speicherplatz zum nächsten umgeladen und gelangen je nach Anzahl der Speicherplätze und der Abtastfrequenz verzögert an den Ausgang.

Die Realisierung eines digitalen Schieberegisters (hier mit rund 250.000 Speicherzellen) ist etwas komplizierter: Im Gegensatz zum Analogkonzept entfällt das automatische 'Weiterreichen' der Information; jede einzelne Speicherzelle muß direkt beschrieben und ausgelesen werden. Mit Hilfe der Adreßzähler (IC16 und IC23) werden immer wieder sämtliche Speicherzellen der Reihe nach herausgegriffen ('adressiert'), und zwar jeweils eine pro Abtastzyklus. In dieser Zeit wird zunächst der Speicherinhalt ausgelesen und dem D/A-Wandler übermittelt, anschließend wird dieser Speicherplatz mit





# Digitale Verzögerung

dem am A/D-Wandler anstehenden Bit überschrieben.

Das ausgelesene Bit ist allerdings keineswegs mehr 'aktuell'. Es könnte vor 250.000 Zyklen eingeschrieben worden sein und ist damit im Moment des Auslesens  $250.000 \times 2 \mu s = 0,5 s$  alt. Genau dies ist der Verzögerungsmechanismus!

Variable Verzögerungszeiten werden durch Speicherraumverkleinerung erreicht. Das geschieht einfach durch das vorzeitige Rücksetzen des Adreßzählers (Steuerleitung 'MR-AI'); so daß in diesem Fall nur ein Teilbereich der RAM-Kapazität genutzt wird.

## 4 DRAMs für 506 ms

Die erforderliche Speichergröße errechnet sich aus dem Produkt aus maximaler Verzögerungszeit und Taktfrequenz. Für optimale Klangübertragung ist die Taktfrequenz auf etwa 500 kHz festgelegt, so daß bei 0,5 s Maximalverzögerung ein Speichervolumen von 250.000 Bit erforderlich ist. Beim Delta-Delay besteht der Speicher aus vier in Reihe geschalteten dynamischen RAM-Chips (DRAM IC18...21) mit jeweils 64 kBit Kapazität. Gegenüber statischen RAM-Bausteinen bieten DRAMs bei geringstem Raumbedarf den größten Speicherumfang. Für die 1-Bit-Deltamodulation sind sie aufgrund ihrer Organisation geradezu prädestiniert. Auf 256-kBit-Chips wurde deshalb verzichtet, weil

die hierfür erforderlichen 9-Bit-Adreßzähler und 9-Bit-Multiplexer bislang immer noch nicht in Sicht sind.

Im Gegensatz zu statischen Speicherchips sind DRAMs leider etwas aufwendiger in der Ansteuerung: Die 16 Bit breiten Adressen werden in zwei Blöcken zu 8 Bit übertragen (Adreßmultiplexer IC17 und IC22), es sind zusätzliche Steuersignale (RAS, CAS, MUX) nötig, und außerdem erfordern die dynamischen Speicherzellen ständige Auffrischung des Dateninhalts ('Refresh'). Dadurch, daß die 'schnellen' Adressen A0...A7 der Adreßinkrementierer als Zeilenadressen ausgegeben werden, erledigt sich der letztgenannte Punkt von selbst; ein gesonderter 'Refresh' entfällt.

Die erforderlichen Steuersignale liefert der quarzstabile Systemtaktgenerator, bestehend aus einem 8-Bit-Schieberegister (IC25) und einem 6-fach-Inverter (IC24). Ein Taktzyklus besteht aus 7 Intervallen von je  $1 : (3,579545 \times 7 \text{ MHz}) = 279 \text{ ns}$  und dauert daher insgesamt  $1,96 \mu s$ , was einer Abtastfrequenz von 511 kHz entspricht. Dieses 'Timing' ist derart unkritisch, daß praktisch jeder beliebige 64-k-Speicherchip bedenkenlos eingesetzt werden kann.

Ein vollständiges Zeitdiagramm der an den DRAMs anliegenden Signale zeigt Bild 3. Es wurde mit dem in c't (Heft 5/84) beschriebenen Scopextender aufgenommen. Der Verzögerungszeit-Controller, aufgebaut mit IC5, 7,

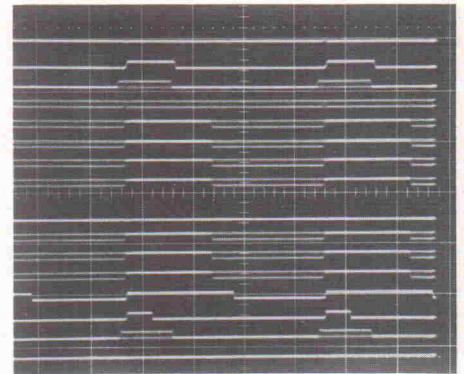
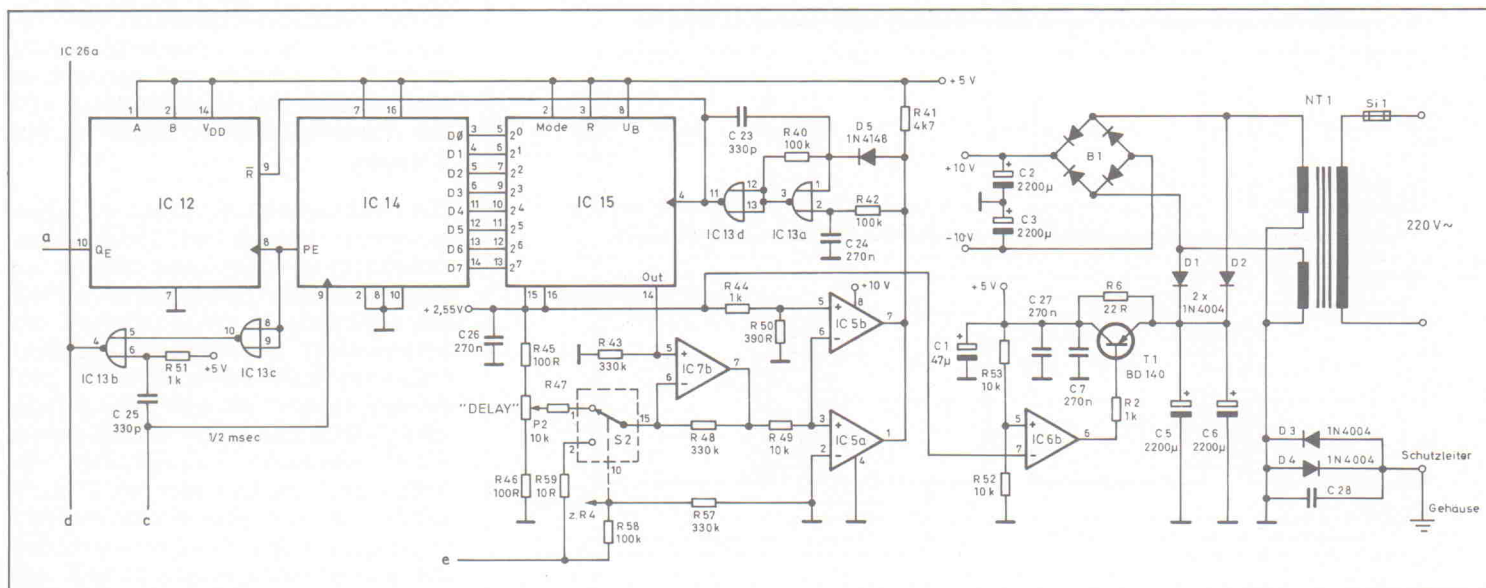


Bild 3. Bildschirmfoto der RAM-Steuersignale.

12...15, liefert die Rückstellimpulse MR-AI (Master Reset Address Incrementer). Je nach Stellung des Potentiometers 'Delay' erfolgen diese in einem Abstand von 1,5 ms...126,5 ms, so daß sich bei 4 in Reihe geschalteten Speicherchips ein Verzögerungsbereich von 6 ms...506 ms ergibt.

Einfache RC-Zeitgeberschaltungen kommen hierfür nicht in Frage, weil sie Störgeräusche im Takt des Resetimpulses produzieren. Dies liegt an der unzureichenden Wiederholgenauigkeit und führt zu entsprechenden Amplitudensprüngen des rückgewandelten Audiosignals. Es muß folglich sichergestellt werden, daß bei einer einmal eingestellten Verzögerungszeit eine exakt





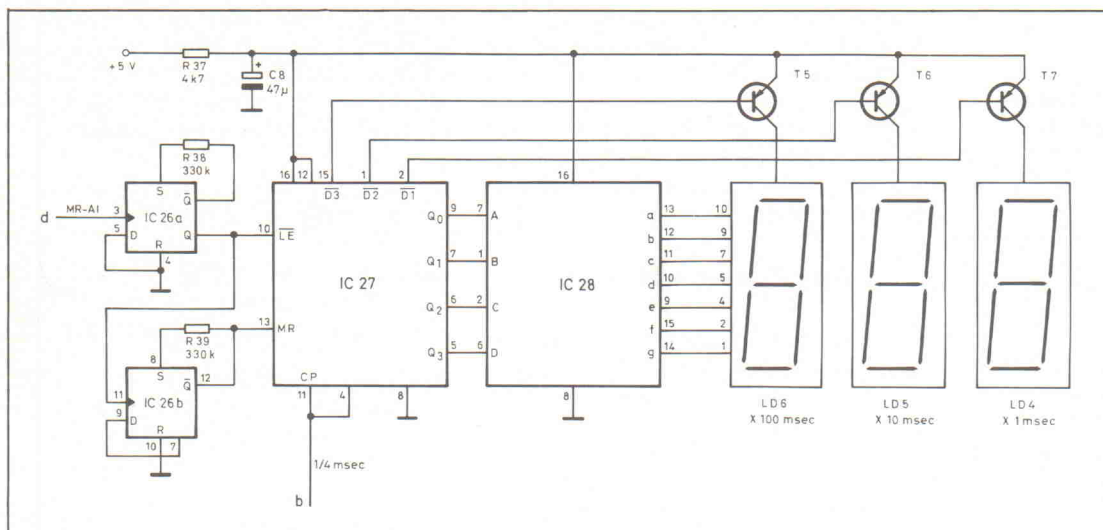


Bild 4. Um die Abmessungen der Display-Platine so klein wie möglich zu halten, müssen die Anzeigen im Multiplex-Betrieb arbeiten. Die Steuerlogik ist auf dem Modul mit untergebracht.

konstante Anzahl von Speicherplätzen durchlaufen wird.

Die erforderliche Genauigkeit wird hier durch einen synchron zum Systemtakt laufenden programmierbaren Teiler als Zeitgeber erreicht (IC14). Dieser zählt die 0,5-ms-Impulse (Adresse 7) und löst je nach Programmierung an den Dateneingängen D0...D7 nach jeweils 1..256 Zählzyklen über den Impulsgeber IC 13b,c einen kurzen Rückstellimpuls MR-AI aus. Hieraus ergibt sich ein zeitlicher Abstand von 0...128 ms für zwei aufeinanderfolgende MR-AI-Impulse und damit die 4-fache Gesamtverzögerungszeit von 512 ms. Dies läßt darüber hinaus erkennen, daß die analog einstellbare Verzögerungszeit intern auf  $4 \times 0,5 \text{ ms} = 2 \text{ ms}$  Einstellgenauigkeit aufgerastert wird.

Die Programmierung des Teilers übernimmt der 8-Bit-A/D-Wandler IC15. Der dazugehörige Taktgenerator besteht aus IC13a und b. Eine Wandlung findet nur dann statt, wenn das Potentiometer 'Delay' verstellt wird, andernfalls schaltet der Fensterkomparator (IC5) den Taktgenerator ab, und das Ausgangsregister des A/D-Wandlers liefert ein festes Bitmuster an die Dateneingänge des Teilers.

Um eine Bereichsüberschreitung des Wandlers mit Sicherheit zu unterbinden, wird mit R45 und R46 die analoge Steuerspannung für einen Verzögerungsbereich von 6 ms...506 ms eingegrenzt.

Beim Verstellen der Verzögerungszeit wird der A/D-Wandler aktiv und liefert für kurze Zeit eine Serie rasch wechselnder Bitmuster an den pro-

grammierbaren Teiler (IC14). Damit sind erhebliche Tonstörungen verbunden, die in allen 4 Speicherchips auf-

### Stummschaltautomatik

treten und mit einer Stummschaltautomatik ('muting') ausgeblendet werden. Die Dauer der Ausblendung muß mindestens der neu eingestellten Verzögerungszeit entsprechen, so daß sich beispielsweise beim Übergang auf 200 ms eine gleich lange Tonaussetzzeit ergibt.

Der erforderliche Zeitgeber wird vom Schieberegister IC12 gebildet. Für die Dauer einer A/D-Wandlung wird über den Rückstelleingang des Schieberegisters (Pin 9) das Ausgangssignal gelöscht. Danach müssen erst 4 weitere MR-AI-Impulse abgewartet werden, bis wieder eine log. '1' bis zum Ausgang Q<sub>D</sub> und damit an die beiden Dateneingänge des Schieberegisters IC11 innerhalb des Audio-D/A-Wandlers gelangt. Die log. '0' während der Stummschaltphase schaltet den Steuerstromgenerator (IC4b, Q4) ab und sperrt damit den Ausgangs-OTA (IC3).

Die 'Mute'-Automatik hat übrigens noch einen ganz praktischen Nebeneffekt: Um mal eben schnell die Speicher zu löschen, braucht man nur die Verzögerungszeit etwas zu verstellen, und schon sind die Speicher leer.

### Anzeige in Millisekunden

Der Entwurfsspielraum der Anzeigeplatine war von vornherein durch die vorgegebenen Abmessungen von ca. 38 mm x 100 mm zur Montage im 19"-Gehäuse mit 1HE stark einge-

schränkt. Ein derart gedrängter Aufbau ist nur mit Multiplexsteuerung der Displays möglich, wobei sich die gesamte Ansteuerlektronik auf dieser Platine befinden sollte. Einerseits wird hierdurch die von der Multiplexfrequenz ausgehende Störstrahlung minimiert, andererseits benötigt ein in solcher Weise geschlossener Funktionsblock neben den beiden Stromversorgungsleitungen lediglich 2 Steuerleitungen zur Verbindung mit der Hauptplatine.

Die Schaltung besteht aus einem 3-stelligen Dezimalzähler und Multiplexscanner (IC27), einem BCD-in-7-Segment-Dekodierer mit Stromquellenausgängen (IC28), den Digitreibern (Q5...Q7), 3 LED-Displays sowie dem Steuerimpulsgeber (IC26).

Mit jedem Rückstellimpuls MR-AI wird der aktuelle Zählstand des Dezimalzählers über den Steuereingang 'latch enable' in das interne Anzeigeregister übernommen und bleibt daher bis zum nächsten Rückstellimpuls unverändert. Unmittelbar danach wird der Zähler auf Null gesetzt (Eingang MR, Pin 13), und die nächste Messung kann beginnen. Gezählt werden die auf Adresse 6 liegenden Impulse mit 0,25 ms Periodendauer.

Bei einem zeitlichen Abstand der Rückstellimpulse von 1,5 ms...126,5 ms werden daher pro Messung 6...506 Impulse aufsummiert, und auf diese Weise wird die tatsächliche Verzögerungszeit (in ms) zur Anzeige gebracht.

Über Pin 4 von IC27 wird der Multiplexscanner mit den 0,25-ms-Impulsen synchronisiert; die Leuchtdauer einer Anzeigestelle beträgt also jeweils



## Digitale Verzögerung

0,25 ms, entsprechend 4 kHz Multiplexfrequenz.

### Die Stromversorgung — Transistor statt IC

Das Netzteil ist komplett mit Trafo auf der Hauptplatine untergebracht und stellt für die analogen Schaltungsteile eine unstabilierte Spannung von  $\pm 9$  V und für den Digitalteil eine stabilisierte Spannung von +5 V bereit.

Um die Verlustleistung möglichst niedrig zu halten, sollte der Längsregler in der +5-V-Versorgung mit einem geringen Spannungsabfall zwischen Ein- und Ausgang auskommen. Deshalb wurde anstelle der üblichen 'Dreibein'-Regler ein PNP-Transistor (Q1) verwendet, der vom OpAmp IC6b angesteuert wird. Als Bezugspotential dient die ohnehin vorhandene 2,55-V-Referenzspannung des A/D-Wandlers (Pin 15 + 16 von IC15). Der zu Q1 parallelgeschaltete Widerstand R6 ist sowohl eine 'Starthilfe' beim Einschalten als auch eine leistungsmäßige Entlastung für Q1.

### Brummen kontra Sicherheit?

Da in der Praxis Effektgeräte wie dieses Digitaldelay immer in Verbindung mit anderen Audio-Komponenten betrieben werden, lohnt es sich, die Problematik der Erdung etwas näher zu beleuchten.

Aus Sicherheitsgründen sollte einerseits das Metallgehäuse jedes einzelnen Gerätes über den Netzschutzleiter geerdet werden, andererseits ist vom ton-technischen Gesichtspunkt wegen der Gefahr von Brummschleifen eine einzige, zentrale Erdung anzustreben.

Ein Ausweg aus diesem Dilemma besteht einfach darin, zunächst die Elektronik — insbesondere sämtliche Klinkenbuchsen — vom Gehäuse elektrisch zu isolieren. Das Gehäuse kann dann direkt und die Elektronik über D3, D4 und C28 'weich' schutzgeerdet werden.

Während der Kondensator für die HF-Abblockung sorgt, dienen die beiden Dioden ausschließlich zur Ableitung von Überspannungen und damit dem Berührungsschutz. Die drei genannten Bauteile befinden sich übrigens nicht auf der Platine und müssen frei verdrahtet werden.

### Der Zusammenbau

Hier geht man in bewährter Weise vor: Erst die Drahtbrücken, Widerstände und IC-Fassungen, dann Kondensatoren, LEDs und Transistoren, Potis, Sicherungshalter und am Schluß den Netztrafo. Nur die 3 ICs auf der Anzeigeplatine werden aus Platzgründen ungesockelt direkt eingelötet.

Auch hier gilt: Was einem am Ende ein gutes Gerät beschert, das ist schon einen sorgfältigen Aufbau wert. Geschwindigkeitsrekorde bei der Bestückung werden in der Regel durch anschließende mühselige Fehlersuche zunichte gemacht. Beim Einkauf der ICs sollte man sich strikt an die Stückliste halten. Vor allem können die aufgeführten 74LS.-Typen nicht einfach durch Standard- oder HCT-Ausführungen ersetzt werden.

Die Anzeigeplatine wird über eine 4-polige Litze mit der Hauptplatine verbunden. Die entsprechenden Anschlüsse finden sich in gleicher Reihenfolge auf der Hauptplatine (in Quarznähe) und bei IC26 auf dem Display-Modul.

Je nach Verwendungszweck sollte man sich vor dem Gehäusekauf überlegen, ob vielleicht von vornherein der Aufbau eines Stereo-Delays etwa als Laufzeitausgleich bei zweikanaliger Tonübertragung oder als Vorverzögerungsgerät für ein Stereohallsystem sinnvoll ist. Einen solchen zweikanaligen Aufbau zeigt das Titelfoto zu dieser Bauanleitung. Die Einstelelemente sitzen bei diesem Gerät aus mechanischen Gründen nicht auf der Platine, sondern sind an der Frontplatte frei verdrahtet.

Ob Mono oder Stereo: Vor dem endgültigen Einbau in ein Gehäuse muß auch der Schalter S4 für die Direkttonabschaltung verdrahtet oder ggf. durch eine Drahtbrücke ersetzt werden.

### testing . . . one-two . . .

Voraussetzung für den Test ist natürlich die vollständig bestückte Platine mit angeschlossenem Display-Modul.

Zunächst überprüft man das Netzteil. Die unstabilierten Spannungen liegen bei +8 V und -10 V, die TTL-Versorgung bei 5,1 V. Der Regeltransistor Q1 sowie R6 werden etwas warm. Auch eine deutliche Erwärmung des Netztrafos nach einiger Betriebszeit ist völlig normal. Sämtliche ICs außer IC15 und IC28 dürfen sich kaum fühlbar erwärmen. Die Anzeige muß je nach Stellung von P2 eine Zahl zwischen 006 und 506 anzeigen und sich mit P2 in 2-ms-Schritten auf jeden Zwischenwert einstellen lassen (ohne angeschlossenes Fußpedal!). Eine ständig wechselnde Anzeige ist ein Indiz dafür, daß die Verzögerungssteuerung nicht einwandfrei arbeitet. In diesem Fall bleibt auch infolge der Stummschaltautomatik der Echosignalweg abgeschaltet.

Ist bis hier aber alles in bester Ordnung, legt man ein 1-kHz-Sinussignal auf den Eingang (P1 im Linksanschlag) und schaut sich auf dem Oszillographen das Signal an Pin 3 von IC2 an. Wenn hier dasselbe Signal wie am Eingang auftritt, arbeitet der A/D-Wandler vorschriftsmäßig. Wenn an Pin 1 von IC4 ebenfalls ein identisches Signal erscheint ('Repeat'-Poti im Linksanschlag), funktioniert auch die digitale Verzögerung inklusive D/A-Wandlung.

Nachdem dieser Vortest ohne Beanstandungen verlaufen ist, kann man darangehen, das Gerät im Praxiseinsatz zu erproben oder auch die technischen Daten im einzelnen zu überprüfen.



Bild 5. So könnte eine Mono-Version des Delta-Delays aussehen.



## Stückliste

### — Hauptplatine —

Widerstände (1/4 W, 5 %)

R1,3,7,8,10,  
13,31,32,47,  
49,52,53,  
55,59 10k  
R2,5,11,14,  
15,16,44,51 1k  
R4,12,17,24,  
43,48,57 330k  
R6 22R  
R18,19,20,  
26,28,34,41 4k7  
R23,45,46 100R  
R25,27,33,  
35,40,52,58 100k  
R30 150R  
R36 1M  
R37 4R7  
R54 2k2  
R50 390R  
R56 100k, 10-Gang-Spindel-  
trimmer

P1 Potentiometer 47k

P2,3,4 Potentiometer 10k

Zusätzlich 4 Pull-up-Widerstände 1k an den  
Ausgängen von IC9 sowie am Eingang Pin 12  
(auf der Platineunterseite einzulöten)

### Kondensatoren

C1,9,16 47 $\mu$ /6,3 V, RM 2,5  
C2,3,5,6,30 2200 $\mu$ /16 V, RM 7,5  
C4,7,14,17,  
19,20,21,22,  
24,26,27 270n RM7,5  
C10,11,15,  
18,23,25 330p RM 5 (Kerko)  
C12,13,28,29 10n RM 7,5

### Halbleiter

D1,2,3,4 1N4004  
D5 1N4148  
LD1 LED 5 mm, rot (mit  
Fassung)  
LD2,3 LED 5 mm, grün  
T1 BD140  
T2 BC547B  
T3,4 BC557B  
IC1,4 NE5532 (LM833)  
IC2 LM311  
IC3 CA3280  
IC5 LM393  
IC6,7 RC4558  
IC8,11,  
12,25 74LS164  
IC9 74LS266  
IC10 74LS95  
IC13 CD4001  
IC14 4569  
IC15 ZN425E-8  
IC16,23 74LS393  
IC17,22 74LS157  
IC18,19,  
20,21 4164 (64-K-DRAM)  
IC24 4069 (40106)  
IC29 4053

### Sonstiges

X1 Quarz 3,579545 MHz  
Netztrafo 2 x 6 V/15VA  
(Ismet)

### Netzschalter

2 Klinkenbuchsen (mono) mit Schaltkontakt  
Platine, einseitig CU 233 mm x 160 mm

Widerstände 0,125 W/5 %  
R38,39 330k

### Kondensator

C8 47 $\mu$ /6,3 V

### Halbleiter

LD4,5,6 HA 1105 (orange) oder  
D 201 PA

### — Displayplatine —

Q5,6,7 BC 557 B  
IC26 CD 4013  
IC27 MC 14553  
IC28 CA 3161 E

Sonstiges  
Platine, einseitig beschichtet  
100 mm x 35 mm

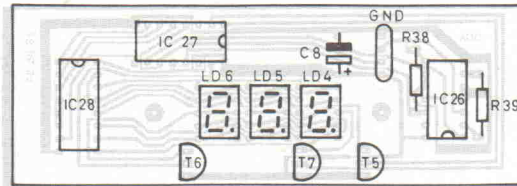
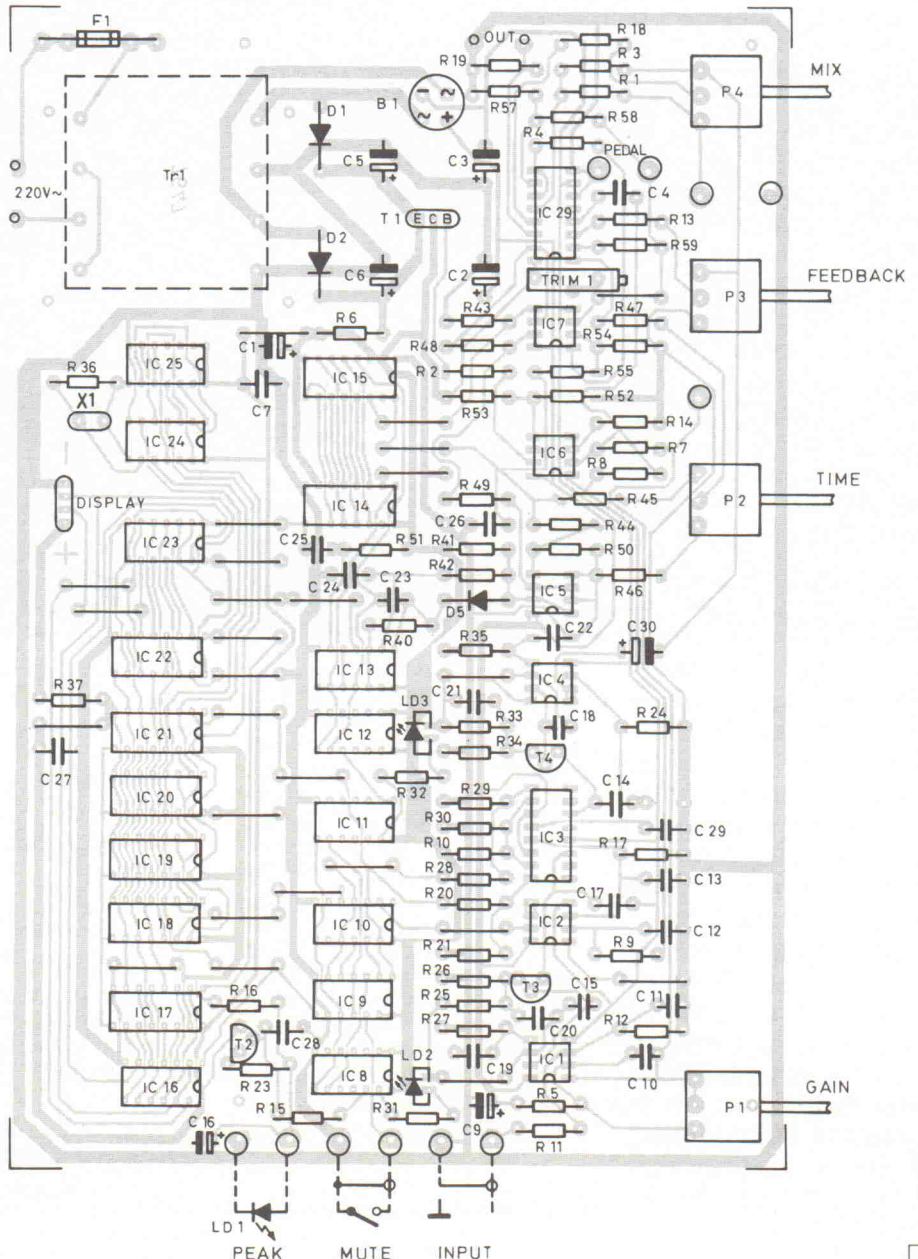


Bild 6. Die Bestückungspläne von Haupt- und Display-Platine.





Recorded and remixed at . . . home

# Gebändigte Reflexionen

Gregor Zielinsky

Der Begriff 'Homerecording' sagt es ja eigentlich schon: Die komplette Studioanlage muß irgendwie ins traute Heim integriert werden. Das bedeutet: Wer schon über separate, ausbaufähige Übungsräume verfügt, kann sich gratulieren. Er wird auch trotz seines Hobbys nicht im schalltoten Wohnzimmer fernsehen, im Regieraum frühstücken, in der Schlagzeugkabine schlafen und im Hallraum baden müssen.

Auch die Betreiber von mikrofonlosen Synthesie/MIDI-Studios sollten dem Thema dieses Beitrags ihre Aufmerksamkeit widmen, denn ein akustisch korrekt eingerichteter Regieraum (Abhörraum) ist gerade bei der Arbeit mit Synthesizern wichtig, weil immer die Gefahr besteht, die Produktion mit allen möglichen Klängen zu überladen. Das klingt vielleicht noch auf dem eigenen Abhörsystem gut - leider jedoch nur da. Nimmt man die akustische Kontrolle einer Produktion ausschließlich über Kopfhörer vor, wird die Klangbeurteilung noch schwieriger.

Vier Fragen sind es, die man sich vor dem Aufbau des Heimstudios beantworten sollte:

- Wie viele Räume habe ich zur Verfügung?
- Wie sind jene beschaffen (Größe, Grundriß, Fußboden)?
- Wieweit kann ich (will ich, darf ich) die Räume baulich verändern?
- Wohne ich zur Miete, wenn ja, welches Verhältnis habe ich zu meinen Nachbarn?

Betrachten wir jedoch zunächst die akustischen Verhältnisse, die in Aufnahme- und Regieraum letztlich angestrebt werden.

### **Etwas Theorie muß sein**

Grundlage jeder akustischen Betrachtung des Schallverhal-

tens im Raum ist die Reflexion der Schallwelle. Hierbei gilt die Regel: Einfallswinkel gleich Ausfallswinkel. Insbesondere das Schallverhalten in den Ecken eines Raumes führt oft zu unerwarteten Ergebnissen (Bilder 1a und b).

In Bild 1c erkennt man, daß es in (annähernd) runden Räumen kaum möglich ist, eine brauchbare Reflexion zu bekommen. Das gleiche gilt für gewölbte Flächen. Sie sind zwar zur Schallbündelung hervorragend geeignet, können jedoch auch einzelne Instrumente zu stark fokussieren oder eine Gruppe von Instrumenten akustisch auseinanderdividieren. Natürlich ist Reflexion auch abhängig von der Wellenlänge der abgestrahlten Frequenz. Für die

Remix





Wellenlänge gilt folgende Beziehung: Wellenlänge = Schallgeschwindigkeit/Frequenz.

Daraus läßt sich schließen, daß man für tiefe Frequenzen größere Flächen zur Reflexion benötigt als für hohe. Die akustische Abschattung eines Baßverstärkers oder auch eines Kontrabasses gegen die Mikrophone anderer Instrumente ist somit in einem kleinen Raum kaum möglich, es sei denn, man trifft entsprechende bauliche Vorkehrungen. Dieses Thema wird später noch behandelt.

### Harte und weiche Wände

Wände und sonstige Flächen reflektieren Schall nie vollständig. Abhängig von Ihrer Be-

schaffenheit absorbieren sie einen bestimmten Frequenzbereich des Schalls, d.h. bestimmte Frequenzbereiche werden nicht reflektiert, sondern 'geschluckt' und somit dem Gesamtklangbild entzogen. Man unterscheidet allgemein zwischen Höhen-, Mitten- und Tiefenabsorbieren.

Alle porösen Materialien sind Höhenabsorber. Dies gilt sowohl für entsprechende Wandaufstriche wie auch für Stoffe (Vorhänge, Polstermöbel, Schaumstoff). Speziell das Arbeiten mit Vorhängen bietet sehr vielfältige Möglichkeiten zur Klangbeeinflussung. Der Frequenzbereich der Absorption liegt dabei um so höher, je dünner die Schicht bzw. der Stoff und je feiner dessen Struktur ist.

Baßabsorber: Diese Art der Absorption erreicht man beispielsweise durch Holzplatten, die vor einem Hohlraum schwingen. Die Frequenz der Absorption ist abhängig vom Abstand der Platten zur Wand. Bei einer Holzvertäfelung, die zusätzlich lackiert ist, erreicht man zudem eine starke Reflexion der hohen Frequenzen, so daß der Effekt des Tiefenschluckers besonders ausgeprägt erscheint.

Verkleinert man den Abstand der Platte zur Wand und verwendet dünneres Material, so erhält man einen Mittenabsorber. Dieser Effekt wird durch kleine, regelmäßige über die Plattenfläche verteilte Öffnungen verstärkt. Konstruktionen dieser Art sind regelmäßig in Lehr- und Konferenzräumen anzutreffen.

Materialien, die nicht oder kaum absorbieren, sind sogenannte schallharte Materialien wie Marmor, Beton oder (mit Einschränkungen) Kacheln. Solche harten Absorptionsflächen werden z.B. in Hallräumen benötigt, in denen man einen möglichst langen Nachhall bei größtmöglicher Frequenzneutralität erzeugen will. Da die Nachhallzeit in natürlichen Räumen jedoch zu den oberen Frequenzen hin abnimmt, sind auch hier entsprechende Vorkehrungen (Installation von Höhenabsorbieren) zu treffen.

Soweit ein kleiner Einblick in die Grundlagen der Raumakustik. Es handelt sich dabei übri-

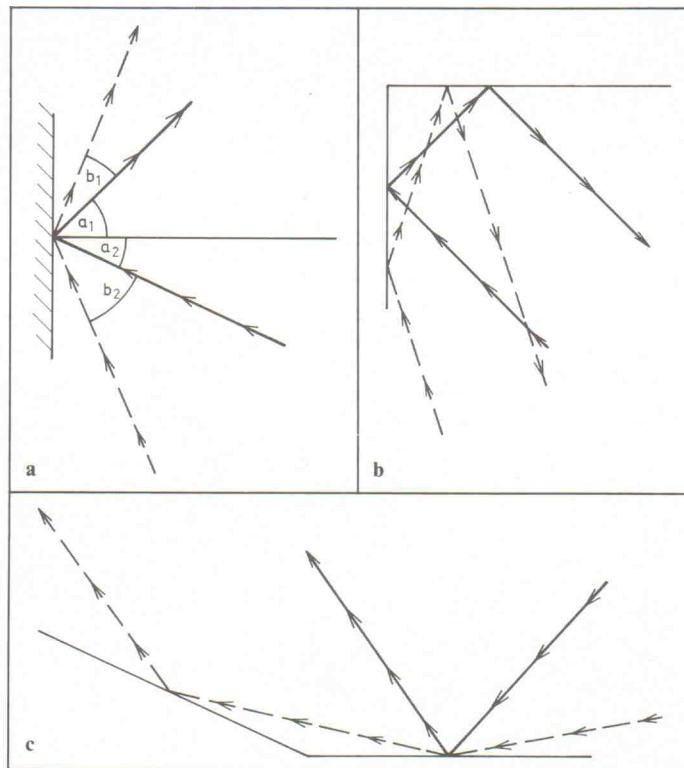


Bild 1. Reflexionen an einer ebenen Fläche (a), in Raumecken (b) und in annähernd runden Räumen (c).

gens um ein außerordentlich umfangreiches Gebiet. Energiedichte, Hallradius, Direktschall und statisches Feld würden den Rahmen dieses Artikels sprengen, können aber vom Leser anhand der Literaturhinweise (am Ende dieses Beitrags) recherchiert werden.

### Raum ist in der kleinsten Hütte

Wer die Waschküche der Oma zum Hallraum, das Wohnzimmer zum Regieraum und die Garage zum Aufnahmerraum machen will, sollte zunächst das Produzentenjäckchen ausziehen und erstmal zum Blauermann greifen. Wo Sie die benötigten Räumlichkeiten hernehmen, haben Sie bestimmt schon geklärt. Wer nicht gerade eine 20-Zimmer-Villa sein eigen nennt, in der einige Zimmer unbenutzt sind, bei dem wird sich die Raumfrage zwangsweise lösen (oder auch nicht). Es soll zunächst der Aufbau eines möglichen Aufnahmerraumes beschrieben werden. Sicherlich sind nicht alle Forderungen und baulichen Maßnahmen realisierbar.

Ein Raum von mindestens 25-30 m<sup>2</sup> Größe sollte vorhan-

den sein, um die Rhythmusgruppe einer Band (Gitarre, Baß, Schlagzeug, evt. Keyboards) gleichzeitig aufnehmen zu können. Und auch dann wird es bereits eng; räumlich, wie klanglich. Letzteres betrifft vor allem das Übersprechen zwischen den Mikrophenen, die an verschiedenen Instrumenten aufgestellt werden. In der Grundausstattung sollte der Raum ziemlich kahl sein. Teppiche werden nur für spezielle Anwendungen gelegt; ein schöner Holzfußboden ist in jedem Falle eine gut klingende Grundlage. Notfalls kann man sich auch mit einer Plane behelfen, um einen zu dicken und damit höhenschluckenden Teppich zu überdecken. Fensternischen sollten nach Möglichkeit mit Holzplatten geschlossen und mit Dämmmaterialien ausgefüllt werden, um den Tiefenschluckereffekt zu verhindern. Daß der Raum frei von Schränken, Regalen und ähnlichem Mobiliar sein muß, versteht sich von selbst. Wenn in der Verbindung zwischen Aufnahme- und Regieraum das Sichtfenster ein unlösbares bautechnisches Problem darstellen sollte, läßt sich der gegenseitige optische Kontakt auch über eine Videoanlage



## Akustik des Regieraumes



Bild 2. Mit dem Flair einer Turnhalle: Das Londoner 'Abbey-Road'-Studio, berühmt geworden durch die Beatles-Produktionen.

realisieren. Die Möglichkeit der visuellen Kommunikation sollte jedoch in jedem Falle vorhanden sein, da sie wesentlich zum reibungslosen Ablauf einer Aufnahme beiträgt.

Betrachtet man den Aufnahme-raum in Bild 3, so stellt man fest, daß er mit den bereits erwähnten Reflektoren und Absorbern ausgestattet ist. Zunächst zu den Reflektoren. Es stehen zwei Arten von Reflektoren zu Verfügung: bewegliche und feste.

### Ein Platz fürs Schlagzeug

Der einzige feste Reflektor besteht in der schallharten Wand, die in Bild 3 oben und rechts erkennbar ist. Dieser Reflektor kann in einer eventuell vorhandene Klinker- oder Betonwand bestehen. Ebenso ist es möglich, eine Wand zu kacheln und so ein hohes Maß an Reflexion zu erhalten. Dies läßt sich durch spezielle, harte Lacke noch verstärken. Es ist übrigens nicht nötig, die Wände bis unter die Decke zu kacheln. Eine Höhe von 2 m...2,20 m ge-

nügt. Der schallharte Bereich des Aufnahmerraumes ist ideal für die Schlagzeugaufstellung. Über dem Schlagzeug, das auf einem Podest stehen sollte, befindet sich ein in seiner waagerechten Achse drehbarer Reflektor (siehe auch Bild 4). Dieser Reflektor schafft die Möglichkeit, den Klang und die Lautstärke des Schlagzeuges im Raum zu verändern. Bei Schlagzeugsoloaufnahmen läßt sich mit Reflektor über und schallharter Wand hinter den Drums ein außerordentlich lebendiger und explosiver Sound erreichen, da sehr viel Energie des Drumsets an den Raum weitergegeben werden kann. Das Schlagzeug sitzt quasi in einer Art Exponentialhorn (Vorsicht, wird laut). Die Auswirkungen auf den Klang bestehen jedoch nicht nur in einer bloßen Erhöhung der Lautstärke, sondern es verändert sich tatsächlich der Sound.

Die Konstruktion des Reflektors kann aus einer einfachen Holzplatte bestehen, über die eventuell ein im oberen Frequenzbereich absorbierender Stoff (Filz) gezogen wird. Dies sollte aber erst nach Messungen oder Versuchen geschehen, etwa wenn die Becken 'überzogen' klingen sollten. Der Reflektor kann an einer stabilen (Alu-)Konstruktion an der Decke befestigt werden. Hier sind der Kreativität des Lesers freie Wege gelassen. Nur herunterfallen sollte das Ganze nicht. Gute Schlagzeuger sind selten. Auf der gegenüberliegenden Seite befinden sich zwei weitere Decken-Reflektoren. Im einfachsten Falle sind sie fest montiert; ihre Aufgabe besteht im wesentlichen darin, Flatter- (Shatter-) Echos zu verhindern. Derartige Erscheinungen entstehen zwischen parallelen Wänden, sofern es keine entsprechenden Reflexions- oder Absorptionsflächen gibt, die den Schall aus seiner 'Gefangennahme' zwischen zwei Wänden befreien. Sollen diese Flächen fest montiert werden, ist es sinnvoll, ihnen leicht un-

terschiedliche horizontale und vertikale Winkel zu geben, um damit die erwünschte Unsymmetrie des Raumes zu unterstützen. Die Existenz von Flatterechos spürt man am einfachsten durch Händeklatschen auf. Ein derartiges Echo äußert sich durch mehrfache, deutlich zu vernehmende Reflexionen.

Eine weitere Möglichkeit, die beiden Reflektoren zu befestigen, besteht darin, sie wie den Schlagzeugreflektor zu montieren. Die dritte, eleganteste und flexibelste Methode ist jedoch, sie auf fahrbare, höhenverstellbare Ständer zu montieren. Diese Konstruktionen erweitern die klanglichen Möglichkeiten des Raumes erheblich, speziell bei der Aufnahme von akustischen Instrumenten und Gesang.

Die Frage der Bedämpfung läßt sich auch hier nicht in Form einer verbindlichen Vorschrift beantworten. Bei fester Montage empfiehlt es sich in jedem Fall, eine Mitten- und Höhenbedämpfung vorzunehmen, etwa durch poröse Matten mit vorstehenden Zacken. Wählen



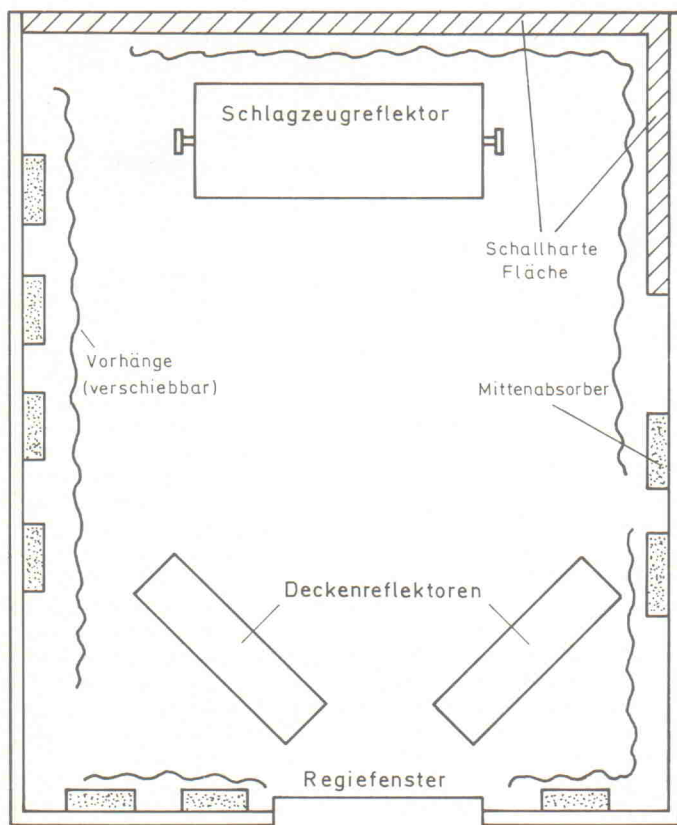


Bild 3. Aufnahmerraum für Musikproduktionen. Mit Vorhängen, Mittenabsorbern und Reflektoren wird die erwünschte Akustik hergestellt. Die beiden Deckenreflektoren verhindern Shatter-Echos.

Sie die flexible Methode, sollte auch die Bedämpfung variierbar sein und der (die) Reflektor(en) über Vorrichtungen zur Aufbringung verschiedenartiger Absorber verfügen.

Diese Reflektoren lassen sich hervorragend in Aufnahmen verwenden, bei denen man mehrere Instrumente simultan aufnehmen muß. Speziell bei Mischungen aus lauten Instrumenten (Drums) und leiseren (akustische Gitarren) lassen sich die Konstruktionen sowohl als Absorber gegen das lautere Instrument wie auch als Reflektor für das leisere Instrument verwenden (Bild 5).

Als weitere Konstruktionen dieser Art eignen sich auch Stellwände, die auf der einen Seite reflektieren, auf der anderen Seite jedoch absorbieren. Solche Stellwände können aus zwei Holzplatten mit einem Abstand zwischen 5 und 10 cm gebaut werden, wobei der Hohlraum mit Dämmmaterial gefüllt wird.

### Vorhänge

Um den Schall im Raum in ge-  
Remix

ordnete Bahnen zu lenken, benötigt man an den Wänden Absorber in Form von Vorhängen. Sie sollen selbstverständlich verschiebbar angebracht sein, so daß das Maß der durch sie erzeugten Absorption in weiten Bereichen veränderbar ist. Auch der Frequenzbereich, in dem sie absorbieren sollen, ist damit 'einstellbar'. Vorhänge sind von Natur aus Höhenabsorber. Der absorbierte Frequenzbereich läßt sich jedoch durch den Abstand der Vorhänge von der Wand verändern. Es wird damit eine ab einer bestimmten Frequenz linear einsetzende Dämpfung erreicht, wobei der Abstand des Vorhanges zur Wand  $1/4$  der Wellenlänge der unteren Grenzfrequenz beträgt. Will man also von 1000 Hz an dämpfen, muß der Abstand des Vorhanges zur Wand  $34/4$  cm, d.h. ungefähr 8 cm betragen. Der Vorhang sollte dabei in Falten hängen und nicht zu dünn sein!

Die Vorhänge hinter den Drums haben die Aufgabe, das Schlagzeug bei der gleichzeitigen Aufnahme mit anderen In-

strumenten zu dämpfen. Der Reflektor zeigt dabei in Richtung der Rückwand, um möglichst viel Energie des Schlagzeuges abzufangen und dahinter zu absorbieren.

Wie man im einzelnen mit den Vorhängen umzugehen hat, zeigt sich natürlich erst im ganz konkreten Anwendungsfall. Die Anwendung ist stark raumgrößen- und konstruktionsabhängig und erfordert viel Zeit und Erfahrung. Prinzipiell läßt sich sagen: Je lauter die aufzunehmenden Instrumente sind, desto mehr sollte im Normalfalle bedämpft, sprich absorbiert werden.

den soll eine einfache Möglichkeit der akustischen Raumvermessung beschrieben werden. Hierbei geht es nicht ganz ohne Materialaufwand vonstatten. Wer jedoch ein eigenes Heimstudio plant, kann mit Sicherheit die ihm eventuell fehlenden Teile leihen.

Es werden benötigt:

- Meßmikrofon (im einfachsten Fall eines mit Kugelcharakteristik)
- Terzbandanalysator mit rosa Rauschen (siehe auch Korrelationsgradmessung)
- (möglichst) neutraler Lautsprecher

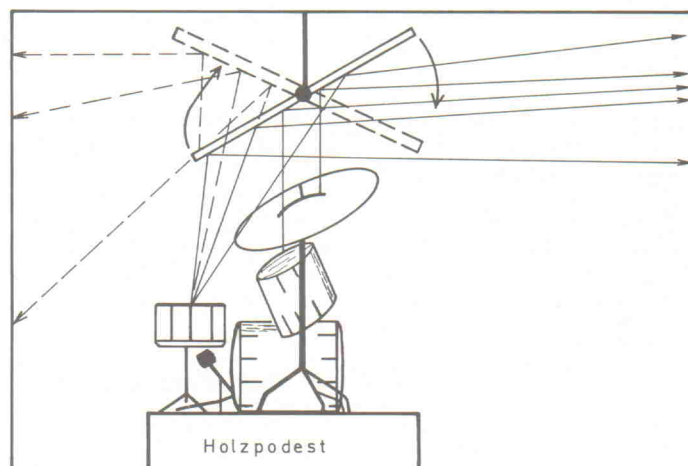


Bild 4. Der drehbare Deckenreflektor dient nicht nur zur Verstärkung der vom Schlagzeug ausgehenden Schallenergie. Das Set verändert sich auch klanglich — es wird lebendiger und 'explosiver'.

Nun zu den Mittenabsorbern. Sie wurden bereits im einleitenden theoretischen Grundlagenteil in ihrer akustischen Funktion und ihrer Konstruktion beschrieben. Die Größe der Platten sollte ungefähr 40 cm im Quadrat betragen, der Abstand zur Wand ungefähr 3...7 cm, wobei der absorbierte Frequenzbereich um so höher liegt, je geringer der Abstand zur Wand wird. Die Platten, die aus dünnem Holz oder fester Pappe bestehen, werden mit Öffnungen im Abstand von 4-5 cm zueinander versehen. Solche Mittenabsorber sind in jedem Baumarkt zu erhalten, jedoch auch in Eigenleistung herstellbar. Sie werden diagonal an den Wänden verteilt; eine Möglichkeit zeigt Bild 6.

Die Art und Menge ihres Einsatzes ist selbstverständlich abhängig vom Schallverhalten des Aufnahmerraumes. Im folgen-

- neutraler Verstärker

Geben Sie das Rauschsignal direkt (ohne Umwege über Verstärker, Lautsprecher und Mikro) in den Analyzer und schauen Sie sich an, wie er das Rauschen ohne elektroakustische Beeinflussung anzeigt. Dann messen Sie das Rauschen vor dem Lautsprecher, wobei das Mikrofon direkt (ca. 5 cm) vor dem Lautsprecher aufzustellen ist. Sie schalten dadurch die Raumeinflüsse weitestgehend aus und können erkennen, welche meßtechnischen Veränderungen sich allein durch die Übertragungskette ergeben. Nun folgt die eigentliche Messung des Raumes. Lassen Sie den Lautsprecher von verschiedenen Positionen in verschiedene Richtungen des Raumes strahlen. Das Mikrofon sollte zum Messen dabei jeweils einen Abstand von 3-4 Metern zum Lautsprecher ha-



# Akustik des Regieraumes

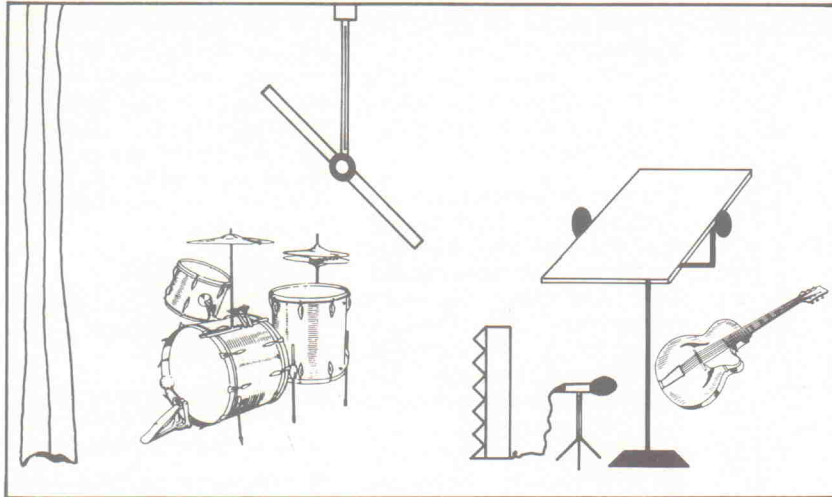


Bild 5. Gleichzeitige Aufnahme von lautem (Schlagzeug) und leisem (akustische Gitarre) Instrument. Trennwand, Deckenreflektor und Vorhang dienen zur akustischen Trennung. Der zusätzliche Reflektor verleiht der Gitarre eine eigene 'Räumlichkeit'.

ben. Sie werden nun einen gewissen Höhenabfall bemerken. Dies ist vollkommen normal. Sollten sich Resonanzen im mittleren Frequenzbereich ergeben (1-4 kHz), kann dies der Lebendigkeit des Raumklanges nur förderlich sein, sofern die Anhebungen nicht stärker als 3-4 dB sind. Wenn sich jedoch Resonanzen im Bereich 300-500 Hz ergeben, sollte man ihnen unbedingt mit Mittenabsorbern zu Leibe rücken. In diesem Fall muß der Abstand der Absorber-Platten zur Wand ungefähr 6 cm betragen. Die 'Feinabstimmung' kann hinterher noch durch die Größe und Anzahl der Öffnungen vorgenommen werden. Benutzen Sie für alle Messungen unter allen Umständen ein Mikrofon mit Kugelcharakteristik, möglichst ein echtes Meßmikro, da Mikrophone mit Nierencharakteristik prinzipbedingt frequenzmäßige Unlinearitäten in Abhängigkeit vom Abstand zur Schallquelle haben.

Ist es möglich, den Aufnahmerraum in beschriebener Art und Weise aufzubauen, erhält man in jedem Fall einen äußerst flexiblen Raum mit gebändigten Resonanzerscheinungen im mittleren Frequenzbereich und kontrolliertem Höhenabfall sowie variabler Nachhallzeit, die ihn zu Aufnahmen mit normalen Bandbesetzungen geeignet machen. Sollten Sie zwischen Aufnahme- und Regieraum ein Fenster einsetzen, so muß dies

in jedem Falle eine Doppelverglasung sein, wobei der Abstand der beiden Scheiben möglichst 7 cm nicht unterschreiten sollte. Benutzen Sie beim Einbau genügend Dämmmaterial, um das Übersprechen zwischen den beiden Räumen so gering wie möglich zu halten.

## Der Regieraum

Um es vorwegzunehmen: Die Aufgabe des Regieraumes ist es nicht, einen wie auch immer gearteten 'Supersound' zu suggerieren, der sich auf keiner anderen Anlage reproduzieren läßt. Vielmehr soll der Regieraum ein möglichst neutrales Abbild der Abmischung erzeugen. Der wichtigste Punkt bei der Einrichtung des Regieraumes sind die Positionen 'linker Lautsprecher' - 'rechter Lautsprecher' - 'Abhörposition des Toningenieurs'. Hierbei gelten die gleichen Grundsätze wie beim Aufbau einer Stereoanlage. Die drei genannten Positio-

nen sollten im Idealfall ein gleichseitiges Dreieck bilden, zumindest aber ein gleichschenkliges, d.h. der Abstand des Toningenieurs zu jedem der beiden Lautsprecher muß unbedingt gleich sein. Nach Möglichkeit soll weiterhin der Abstand der beiden Lautsprecher zueinander identisch mit ihrem Abstand zur Hörposition sein (Bild 7).

Die Forderung nach der Gleichschenkligkeit des Dreiecks ist unabdingbar, da andernfalls die Balance des Klangbildes verrutschen würde. Da für die Ortung des Schalls nicht nur sein absoluter Pegel innerhalb der Stereobalance, sondern ebenso der Zeitpunkt seines Eintreffens am Ohr eine Rolle spielen (Haas-Effekt), läßt sich eine falsche Hörposition auch nicht durch gleichen Pegel von linkem und rechtem Kanal berichtigen. Der Schallweg von den Lautsprechern zum Ohr muß selbstverständlich frei

sein. Die Lautsprecher, speziell die Hochtöner, müssen genau auf die Hörposition ausgerichtet sein, es sei denn, der Lautsprecherfabrikant 'verordnet' es anders (Tannoy). Es gibt zwei grundsätzliche Möglichkeiten der Lautsprecheraufstellung. Die Lautsprecher können beispielsweise direkt in der Wand montiert werden. Dieses Prinzip wird in den 'Komplett-Regieräumen' der Firma Eastlake-Acoustics angewandt. Die Lautsprecher befinden sich dabei in einer ebenen, akustisch harten Oberfläche, in die auch das Regiefenster eingelassen ist. Die Lautsprecher können dabei fest in das Mauerwerk integriert werden, um jegliche ungewollte Resonanzen zu vermeiden, oder auch hinter der Wand über bestimmte Wege akustisch miteinander verbunden sein, um eine bessere akustische Anpassung und einen ausgewogeneren Frequenzgang zu erzielen. Durch die durchgehende Front nähert man sich dem Prinzip der 'unendlichen Schallwand'. Diese erwirkt durch die theoretisch nicht vorhandenen Rückwirkungen des Lautsprechers auf sich selbst ebenfalls einen ausgeglicheneren Abstrahlung.

Die zweite Möglichkeit der Aufstellung ist, die Lautsprecher frei im Raum zu positionieren. Dies ist ohne weiteres möglich und in vielen Rundfunk- und Schallplattenstudios üblich. Wichtig hierbei sind allerdings einige Grundsätze: Die Lautsprecher dürfen nicht zu nah an der Wand stehen; hierdurch können — bedingt durch Reflexionen und Auslöschungen — deutliche Frequenzgangveränderungen auftreten. Die Lautsprecher dürfen unter keinen Umständen in Raumecken oder gar in Winkeln direkt unter der Decke gehängt werden. Hierdurch entstehen außerordentlich starke Reflexionen im Bassbereich, die zu einem immensen Boost und damit einem absolut falschen Klangeindruck führen.

Der Lautsprecher sollte auch nicht zu nahe an der Hörposition stehen; der durch das sogenannte Nahfeld erzeugte 'Druck' (nicht physikalisch zu verstehen) läßt das Klangbild meist besser erscheinen, als es in Wirklichkeit ist. Der Mindestabstand zum Toningenieur

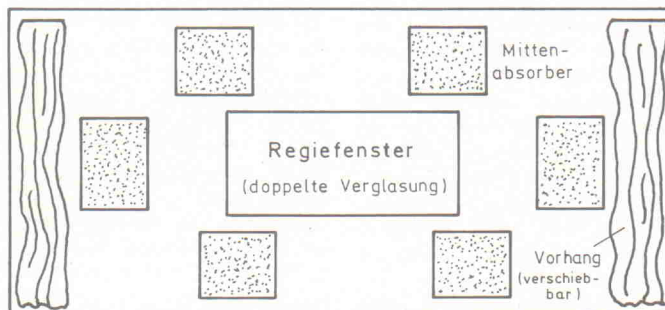


Bild 6. Die Stirnwand des Aufnahmerraums mit diagonal angeordneten Mittenabsorbern.







## Akustik des Regieraumes

bereits beschriebenen Mittenabsorbieren. Die Tiefenabsorption übernimmt die doppelte Wand des Regieraumes. Diese muß, wie man im Bild auch erkennt, unsymmetrisch sein. Der eigentliche (innere) Kontrollraum hingegen ist symmetrisch. Hinter dem Toningenieur bildet das 'Live End' den akustisch harten Teil des Regieraumes. Der Abstand der Rückwand zur Hörposition darf dabei nicht mehr als 3 m betragen. Hierbei spielt ein wichtiger psychoakustischer Effekt eine Rolle: Reflexionen, die in einem Abstand von 10-20 ms nach Erklängen der Originalschallquelle auftreten, werden vom Gehirn nicht als ortbares Schallereignis wahrgenommen, sofern ihr Pegel nicht der Ursprungsschallquelle annähernd gleichkommt oder sie gar übersteigt. Dann ist die Energie des reflektierten Schalls als Pegel zwar vorhanden, eine Ortung ist jedoch nicht möglich. Es entsteht der Effekt, als sei der Regieraum nach hinten hin unendlich groß und es existiere ausschließlich der Klang der Lautsprecher an der Hörposition. Die sichtbare Rückwandkonstruktion erzeugt durch ihre verschiedenen Reflexionswinkel ein äußerst diffuses Schallfeld, so daß am Ohr des Toningenieurs ein möglichst originalgetreues Klangbild entsteht. Reflexionszeiten von mehr als 20 ms sind unter allen Umständen zu vermeiden, da diese zu hörbaren Einzelreflexionen (Shatter-Echos) führen.

Die Konstruktion eines solchen Raumes erfordert viel Zeit sowie Kenntnis der Materie, so daß vor Baubeginn ein Blick in die am Ende des Beitrages angegebene Literatur empfehlenswert ist. Der Ausschluß jeglicher Raumbeeinflussung auf den Klang verstärkt noch den ohnehin hohen Stellenwert der Abhörlautsprecher. Insbesondere sollte man auf eine Phasen- (Laufzeit-)Korrektur der verwendeten Systeme achten. Dies ist speziell für die Genauigkeit der räumlichen Abbildung unabdingbar.

### Hallräume

Bei Badezimmer, Garage oder Swimmingpool handelt es sich um Räume, die aufgrund ihrer

akustisch harten Flächen eine im Verhältnis zu ihrer Größe lange Nachhallzeit haben. Man kann sie benutzen, um einem Instrument oder auch einer Instrumentengruppe einen Nachhall oder auch nur einen wie auch immer gearteten Raumeindruck beizumischen. Hierzu können Sie im übrigen auch Ihren Aufnahmerraum benutzen, vorausgesetzt, es kann eine genügend lange Nachhallzeit erzeugt werden. Zur Belebung von Drum-Computern reicht bereits eine kurze Nachhallzeit aus.

Benötigt werden hierbei ein oder mehrere Lautsprecher und ein oder zwei Mikrofone. Wenn Sie eine Kirche als Hallraum benutzen können, sind auch mehrere Mikrofone erlaubt. Der hier erzeugte wahrnehmbare Nachhall ist natürlich vom Pegel des generierenden Lautsprechers abhängig. Er darf nicht zu gering sein, da der Raum sonst nicht genügend angeregt wird. Der Pegel darf andererseits auch nicht zu hoch sein, da der Raum sonst 'dicht' und der Direktschall vom Lautsprecher zu dominant wird.

Das Signal wird also in den Raum 'eingespielt', über die Mikrofone abgenommen und der Mischung als Zusatz- oder auch als eigenständiges Signal zugefügt. Weitere Beschreibungen dieser Technik finden Sie in dem Artikel über die Noise Gates.

### Conclusio

Der Aufbau eines Heimstudios kostet viel Arbeit, Zeit und auch Geld. Nicht alles muß unbedingt von heute auf morgen gebaut sein, und man sollte sich vor einem gravierenden Eingriff in seine Wohnverhältnisse weitergehende Literatur beschaffen und sich ebenfalls in verschiedenen anderen Studios ruhig einmal umschauen. Auch die Beleuchtung spielt übrigens für die richtige, kreative Atmosphäre eine wichtige Rolle.

Der Arbeitsplatz des Toningenieurs soll nicht in erster Linie toll aussehen, sondern möglichst rationell gestaltet sein. Man muß auf alle Geräte zugreifen können, ohne sich aus seiner Hörposition bewegen zu müssen. Ein gut konstruiertes Steckfeld erleichtert dabei die Arbeit erheblich. □

HEISE

Josef Tenbusch

## Akustik-Werkbuch

### Boxenbau-Theorie und Praxis für Einsteiger und Fortgeschrittene

DM 29,80  
152 Seiten, Broschur  
Format 16,8 x 24 cm

ISBN 3-922 705-30-8



HEISE

Geld sparen, Freizeit sinnvoll gestalten, Dinge in die eigene Hand nehmen, kreativ sein! All diese Möglichkeiten erschließt dieses Buch.

Die 27 Bauanleitungen mit Klangkriterien reichen von der einfachen Kompakt-Box bis hin zum aufwendigen Exponential-Lautsprecher.

Aus dem Inhalt: Grundlagen der Akustik, Chassis mit Kenn-daten-Merkmalen, Frequenzweichen mit Formelanhang, Boxentypen, Dämmung und Dämpfung, Raumakustik, Schutzschaltungen, Bautips, Baubeispiel, Bauanleitungen mit Klangkriterien.

Lieferbar über Ihren Elektronik- und Buchhändler oder den Verlag.

Verlag **HEISE** Postf. 61 04 07 · 3000 Hannover 61

HEISE

R. M. Marston

## 110 Funktions-generator-Schaltungen

für den Hobby-Elektroniker

DM 16,80  
152 Seiten, Broschur  
Format 14,8 x 21 cm

ISBN 3-922 705-03-0



HEISE

Dieses Buch gibt dem Leser in 110 Beispielen einen Einblick in die Schaltungstechnik von Funktionsgeneratoren. Der Hobby-Elektroniker findet auch anspruchsvolle, "gelaufene" Schaltungen, die mit handelsüblichen Bauelementen aufgebaut werden können. Alle Schaltungen sind knapp, präzise und anschaulich dargestellt.

Aus dem Inhalt: Sinusgenerator-Grundsaltungen, Rechteckspannungs- und Pulsgeneratoren, Dreieck-, Rampen- und Sägezahngeneratoren, Generatoren für mehrere Kurvenformen, Modulatoren, Halbleiterdetails, Nomogramme, Stichwortverzeichnis.

Lieferbar über Ihren Elektronik- und Buchhändler oder den Verlag.

Verlag **HEISE** Postf. 61 04 07 · 3000 Hannover 61

Remix





Stabile Stahlblechausführung, Farbton schwarz, Frontplatte 4 mm Alu Natur, Deckel + Boden abnehmbar. Auf Wunsch mit Chassis oder Lüftungsdeckel.

1 HE/44 mm	Tiefe 250 mm	Typ ST012	49,— DM
2 HE/88 mm	Tiefe 250 mm	Typ ST022	57,— DM
2 HE/88 mm	Tiefe 350 mm	Typ ST023	69,— DM
3 HE/132 mm	Tiefe 250 mm	Typ ST032	69,— DM
3 HE/132 mm	Tiefe 350 mm	Typ ST033	82,— DM
4 HE/176 mm	Tiefe 250 mm	Typ ST042	77,— DM
4 HE/176 mm	Tiefe 350 mm	Typ ST043	89,— DM
5 HE/220 mm	Tiefe 250 mm	Typ ST052	89,— DM
6 HE/264 mm	Tiefe 250 mm	Typ ST062	96,— DM
Chassisblech	Tiefe 250 mm	Typ CA025	12,— DM
Chassisblech	Tiefe 350 mm	Typ CA035	15,— DM

Weiteres Zubehör lieferbar. Kostenloses 19" Info anfordern.

## 19"-Gehäuse

GEHÄUSE FÜR ELRAD MODULAR VORVERSTÄRKER, komplett mit allen Ausbrüchen, Material Stahlblech mit Alu-Front 99,— DM

GEHÄUSE FÜR NDFL VERSTÄRKER, komplett bedruckt und gebohrt 79,— DM

19"-Gehäuse für Parametrischen EQ (Heft 12), bedruckt + gebohrt 79,— DM

Alle Frontplatten auch einzeln lieferbar.

Gesamtkatalog mit Lautsprecherboxen und Zubehör für den Profi-Bedarf gegen 3,— DM in Briefmarken.

Gehäuse- und Frontplattenfertigung nach Kundenwunsch sind unsere Spezialität. Wir garantieren schnellste Bearbeitung zum interessanten Preis. Warenversand per NN, Händleranfragen erwünscht.

**A/S-Beschallungstechnik, 5840 Schwerte**  
**Gewerbegebiet Schwerte Ost, Hasencleverweg 15**  
**Ruf: 0 23 04/4 43 73, Tlx 8227629 as d**

### Information + Wissen

**ct** magazin für computer technik

**HIFI VISION**

**elrad** DAS ELEKTRONISCHE MAGAZIN

**INPUT 64** Infos - News - Programme - Unterhaltung - Tips

Verlag  
 Heinz Heise GmbH  
 Bissendorfer Str. 8  
 3000 Hannover 61



## Sonderangebote

AKG D 224* Supermikro, 2-weg	650,—DM
AKG 451 E + CK1* Kondensator	728,—DM
*= neu, aber mit Gebrauchsspuren	
Tascam 244, 4-Kanal Recorder	
3 Motoren	1.980,—DM
Tascam B 88, 8 Kanal Rec.	8.757,—DM
M 35 8 in 4 4 Band param.	2.890,—DM
M 312 12/4	5.322,—DM
M 320 20/4	6.588,—DM

## Musik Produktiv

Gildestraße 60  
 D-4530 Ibbenbüren  
 Tel.: 05451 / 5001-0

## COMPUTERMISCHPULT „CMX“

- ... voll computergesteuertes VCA-Mischpult, keine Bedienungselemente, die gesamte Mischpulteinstellung erfolgt im Bildschirmdialog (Atari oder C64)
- ... pro Eingang 4—24 computergesteuerte VCAs (je nach Summenanzahl)
- ... 3-facher voll parametrischer computergesteuerter Equalizer (Frequenz, Bandbreite, Anhebung/Absenkung) als Option
- ... 4—24 gleichberechtigte Busse, die als Master, Effektweg, Monitor, Subgruppe etc. geschaltet werden können
- ... VU-Meter und Kopfhörerverstärker als Option
- ... ausgezeichnete technische Daten
- ... verschiedene Ausbaustufen von 8-in-4 bis 64-in-24
- ... MIDI-kompatibel (Mix-Umschaltung z. B. über Programm-Change)
- ... Software für Atari-ST und C64 verfügbar
- ... günstiger Preis

Bausatz ab 998,— DM, Fertiggerät ab 1398,— DM  
 Info-Material gegen 1,— DM in Briefmarken

**DOEPFER-MUSIKELEKTRONIK**  
 Lochhamer Str. 63 ★ D-8032 Gräfelfing b. München ★ Tel. (0 89) 85 55 78

It's time  
 for new ideas!



**VOLT**

Studioloudspeaker  
 by

**ART & ALDIO**

Lautsprechersysteme  
 Grindelhof 35  
 2000 Hamburg 13  
 Tel. 040 / 45 95 91

# Oehlbach-Alpha-Optofer

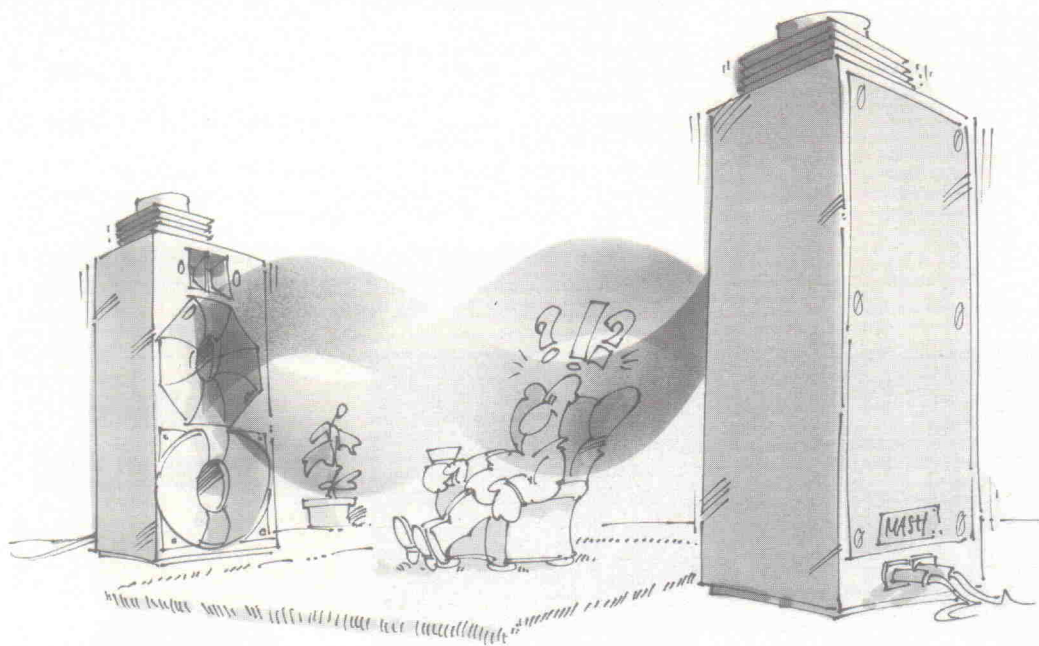
## Lichtleiter-Kabelsysteme

## Glasklare Sache

Supertest  
 Audio  
 11/86

Nancystr. 3a, 7500 Karlsruhe 21, Tel. 0721 / 75 53 36





## Signale auf Kollisionskurs

# Korrelation

**Gregor Zielinsky**

Bei der Korrelationsgradmessung handelt es sich um ein für den Home-Recorder oder Semiprofi immer wichtiger werdendes Verfahren, denn häufig sind Phasenprobleme schuld an einer 'irgendwie merkwürdig' klingenden Aufnahme.

Während sich viele Homerecording-Freaks noch damit begnügen, den Signalpegel zu messen, setzt sich mehr und mehr auch die Anwendung von Korrelationsgradmessern durch, die im übrigen in der Industrie und beim Rundfunk seit den Kinder Tagen der Stereophonie nicht mehr wegzudenken sind.

Wie man an der Bauleitung in diesem Heft erkennen kann, ist der Aufbau eines solchen Gerätes nicht sonderlich schwierig und relativ preiswert.

Der Vollständigkeit halber sei gesagt, daß Korrelationsgradmessung auch mit einem Oszilloskop möglich ist; die abschließliche Beurteilung der Phasenlage nur mit diesem Gerät erfordert jedoch ein sicheres Auge und ein erhebliches Maß an Erfahrung, so daß man in vielen größeren Pulten eine kombinierte Anzeige aus Oszilloskopbild und Wertigkeitsanzeige (-1...+1) findet.

### Worum geht's eigentlich?

Genug der Vorreden. Kommen wir zu der Frage: Was ist Korrelationsgrad eigentlich? Antwort: Ganz einfach. Der Korrelationsgrad beschreibt die statistische Verwandtheit zweier Signale!

Was wollen uns diese Worte sagen? Um diese kurze Erklärung

zu verstehen, wollen wir uns zunächst über die Begriffe 'Phase' und 'Phasenlage' klar werden. Da jedes Geräusch, jeder Klang bzw. jede Musik aus der Summe einer theoretisch unendlichen Anzahl von Sinus-

schwingungen besteht (der interessierte Leser möge sich mit der Literatur zum Thema Fourieranalyse befassen), werden wir im folgenden zur optischen Demonstration nur mit Sinusschwingungen arbeiten. Zur akustischen Darstellung sollten Sie zu Hause, in Ihrem Studio oder an der PA jedoch mit rosa oder weißem Rauschen arbeiten, das Sie entweder aus entsprechenden Oszillatoren erhalten, aus einem Synthesizer oder auch aus einem Radio (Auto-Mute-off). Bei dem nun folgenden Versuch würden Sinusschwingungen mit Sicherheit aufgrund raumspezifischer Reflexionen zu absolut falschen Hörergebnissen führen. Lediglich zur graphischen Darstellung bleibt es weiterhin beim Sinus.

Bild 1 zeigt zwei Sinusschwingungen a und b. Sie haben den gleichen Pegel, die gleiche Frequenz und gleiche Phasenlage, d.h. sie beginnen im gleichen Moment ( $t=0$ ), erreichen im gleichen Moment ihre Maxima ( $t=1$ ) und Minima ( $t=3$ ) und haben im selben Moment ihre Nulldurchgänge ( $t=2$ ,  $t=4$ ).

Gibt man nun zunächst einen Sinus (Rauschen) über einen (Mischpult-) Kanal auf einen Lautsprecher und schaltet dann den zweiten Sinus (Rauschen) dazu, verdoppelt sich die Ausgangsspannung um 6 dB, das

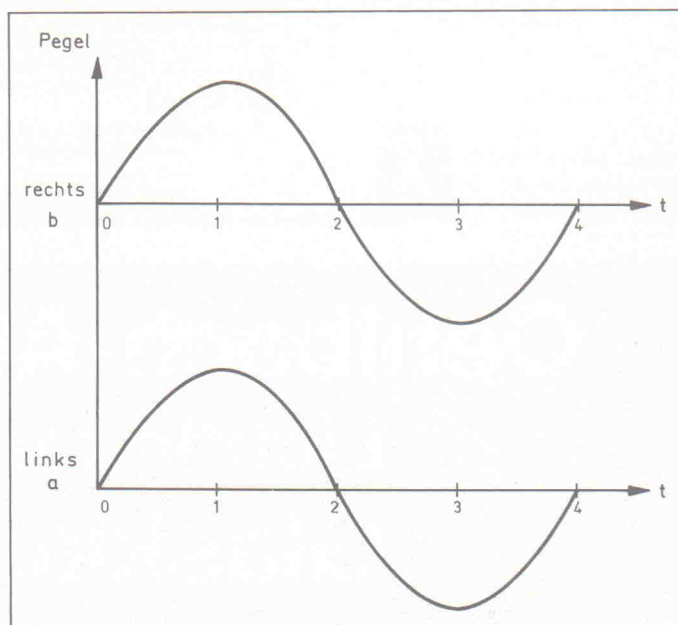


Bild 1. Mischt man zwei gleichphasige, gleich große Signale in einer Summe zusammen, so erhält man einen um 6 dB höheren Gesamtpegel. Als Stereo-Signal ergibt sich ein Korrelationsgrad von 1.



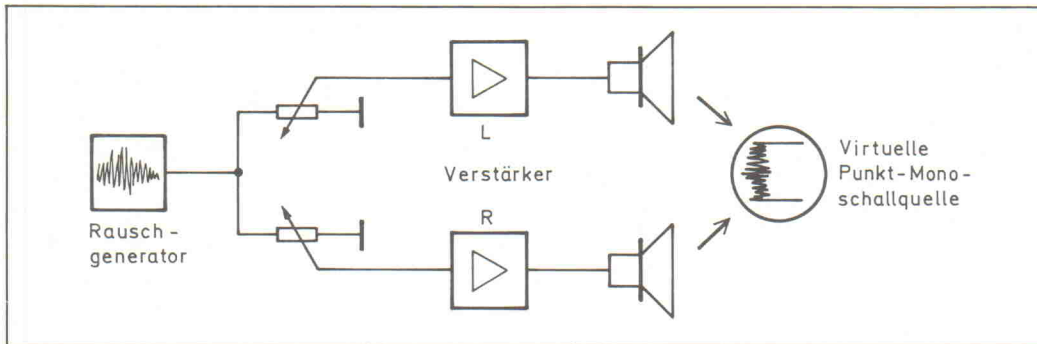


Bild 2. Ein auf zwei Kanäle verteiltes Monosignal erscheint für den Zuhörer als punktförmige Schallquelle in der Mitte zwischen den Lautsprechern.

Signal wird also ganz einfach lauter. Machen Sie ruhig diesen Versuch. Sie werden feststellen, daß das Signal Ihren Ohren gar nicht doppelt so laut erscheint. Dies hängt damit zusammen, daß sich unser Ohr nicht wie ein Meßgerät verhält und doppelten Pegel nicht auch als doppelte Lautstärke wahrnimmt. In Verbindung mit der Lautstärkeempfindung des Ohres spricht man in der Psychoakustik von 'Lautheit'.

Wenn man diese beiden Signale über zwei getrennte Kanäle auf jeweils einen Lautsprecher oder ein Kopfhörersystem gibt, wird ein künstliches Monosignal mitten zwischen den Boxen oder bei Verwendung von Kopfhörern in der Mitte des Kopfes entstehen (Bild 2). Das ist alles nichts Weltbewegendes; ein Monosignal, auf zwei Lautsprecher verteilt, erscheint nun mal in der Mitte. Obwohl... vielleicht kam das Signal gar nicht so eindeutig aus der Mitte? Das könnte ver-

schiedene Ursachen haben, beispielsweise raumbedingte Reflexionen, wenn Sie einen Sinus benutzt haben, Phasenprobleme in den Lautsprechern selber oder aber den folgenden Grund:

### Mit dem Kopf gegeneinander

In Bild 3 sieht man gegenphasige Sinusschwingungen (out of phase), d.h. sie sind um 180 Grad gegeneinander verschoben, während Frequenz und Pegel gleich geblieben sind. Die Nulldurchgänge sind zwar an den gleichen Stellen, die Minima und Maxima jedoch liegen einander genau gegenüber. Da es sich, wie schon erwähnt, hierbei um eine Summierung von Werten, sprich Pegeln handelt, ist das rechnerische Ergebnis der zwei gegenphasigen Sinusschwingungen mit gleicher Frequenz und gleichem Pegel Null. Wie man sieht, ist es für dieses Ergebnis

entscheidend, daß auch die Pegel identisch sind. Das akustische Ergebnis zweier gegenphasiger (Musik-) Signale, über einen Kanal oder einen Lautsprecher wiedergegeben, ist ebenfalls gleich Null. Die Signale löschen sich gegenseitig aus; man hört nichts...! Ein gegenphasiges Signal ohne Mischpult oder symmetrische Kabeltechnik zu erzeugen, ist jedoch nicht ohne weiteres möglich. Ein gegenphasiges Stereosignal zu erzeugen, ist jedoch ganz einfach. Vertauschen Sie zu diesem Zweck einfach die Anschlüsse an einem Ihrer Lautsprecher und Sie haben ein wundervoll gegenphasiges Signal, das das Gefühl vermittelt, die Ohren würden einem nach innen geklappt. Ungewollte Gegenphasen kann man übrigens auch in symmetrischen Mikrofonkabeln erzeugen. Doch dazu später mehr.

### Formeln for Beginners

Der Korrelationsgrad kann, wie schon vorher erwähnt, Werte zwischen +1 und -1 annehmen, wobei ein hundertprozentig gleichphasiges Signal auf beiden Kanälen den Wert +1 erzeugt, ein voll gegenphasiges Signal hingegen den Wert -1.

Für den Korrelationsgrad  $k$  gilt folgende Gleichung:

$$K = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T Z_1(t) \cdot Z_2(t) dt$$

wobei  $Z_1$  und  $Z_2$  die beiden Stereosignale darstellen. Daraus ergibt sich nun

$$K = Z_1(t) \cdot Z_2(t)$$

Hierbei gilt allerdings

$$Z_{1eff} = Z_{2eff} = 1$$

d.h., es handelt sich um in der Praxis nicht auftauchende normierte Effektivwertsignale mit dem Wert 1. Wir müssen somit die Normierung wie folgt ändern:

$$Z(t) = \frac{u(t)}{u_{eff}}$$

Daraus folgt dann

$$K = \frac{u_1(t) \cdot u_2(t)}{u_{1eff} \cdot u_{2eff}}$$

Es handelt sich also um eine Division aus dem Produkt der Eingangsspannungen als Funktion ihrer Effektivwerte und der Zeit (Frequenzabhängigkeit).

### In Praxi

Wenn man sich mit den Ursachen und Auswirkungen von mit- und gegenphasigen (Mikrofon-) Signalen beschäftigt, sollte man zunächst einem eventuell auftretenden Grundübel zu Leibe rücken: Es geht um verpolte Kabel. Bei nicht-symmetrischen Kabeln (Masse als Schirm, Phase als Seele) dürfte die Kontrolle auf Phasenrichtigkeit kein Problem sein. Zur Sicherheit sollten Sie vielleicht trotzdem Bild 4 zu Rate ziehen. Prüfen Sie alle Ka-

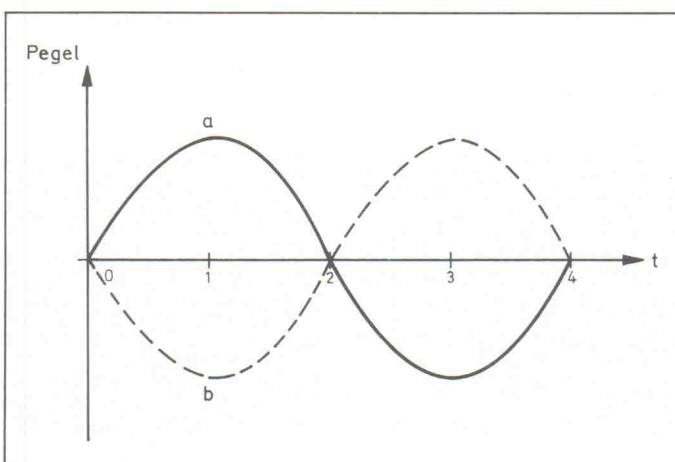


Bild 3. Gegenphasige Signale mit totaler gegenseitiger Auslöschung und einem Korrelationsgrad von -1.

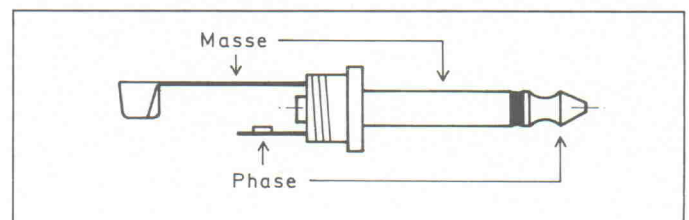


Bild 4. Klinkenstecker sind in der professionellen Studiotechnik kaum noch vorzufinden. Zur Sicherheit sollte man bei Phasenproblemen immer zuerst die Steckerbelegung überprüfen.



bel, auch für Gitarren, Speaker, Effektgeräte auf Phasenrichtigkeit, entweder optisch oder mit einem Durchgangsprüfer.

Bei der Verwendung von dreipoligen, symmetrischen Leitungen bzw. Zwangssymmetrierungen sollte man zunächst die 'Sachlage' klären. Bei symmetrischen Kabeln werden im allgemeinen XLR-Stecker verwendet. Der Vorteil in der Verwendung symmetrischer Leitungen liegt im wesentlichen in ihrer größeren Einstrahlsicherheit gegenüber unsymmetrischen Kabeln. Über Transformatoren oder auf elektronischem Wege wird ein zum Originalsignal um 180 Grad verschobenes Signal gewonnen und auf die zusätzliche dritte Leitung geschickt. Am Ende wird das ursprüngliche einphasige Signal wieder zurückgewonnen. Eventuell eingestrahelte Brummspannungen löschen sich dadurch aus.

Die Belegung der XLR-Stecker ist international genormt, wobei das Originalsignal als der 'heiße' Weg bezeichnet wird, das gegenphasige Signal als der 'kalte'. Bei drei Kabelwegen sind die Möglichkeiten der Vertauschung bekanntermaßen größer als bei zwei Wegen. Sollten also z. B. die Anschlüsse zwei oder drei an einem Kabelende miteinander vertauscht sein — und das passiert erfahrungsgemäß nicht selten —, ist das Kabel verpolt, und größten Phasenproblemen steht nun nichts mehr im Wege.

Die Kontakte sind auf allen bekannten Steckerausführungen beschriftet, so daß Verwechslungen zwischen 'vorne' und 'hinten' ausgeschlossen sein dürften. Bild 5 zeigt die Steckerbelegung von hinten, al-

so von der Lötseite. Wenn Sie feststellen, daß Sie Ihre sämtlichen Kabel zwar einheitlich, jedoch konsequent falsch beschaltet haben, wird es trotzdem Probleme in Verbindung mit allen Geräten geben, die mit symmetrischen Eingängen oder Ausgängen arbeiten. Stricken Sie Ihre Kabel deshalb besser um; es lohnt sich.

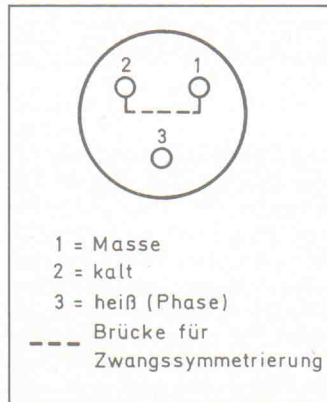


Bild 5. XLR-Stecker; Pinbelegung. Die Brücke dient zur Anpassung an unsymmetrische Instrumentenausgänge.

Wichtig ist in diesem Zusammenhang auch die sogenannte 'Zwangssymmetrierung'. Sie wird jedesmal dann nötig, wenn das Signal von einem nichtsymmetrischen Instrumentenausgang (haben fast alle elektronischen Instrumente) auf einen symmetrischen Pulteingang geht. Außer der Verwendung einer Splittingbox (elrad 12/85) hilft in diesem Falle auch die besagte Zwangssymmetrierung. Hierzu lötet man im XLR-Stecker eine Brücke zwischen den kalten Anschluß (2) und Masse (1) (Bild 5). Es bleibt natürlich weiterhin sinnvoll, ein symmetrisches, dreadrähtiges Kabel zu benutzen. Löten Sie sich lieber schon mal

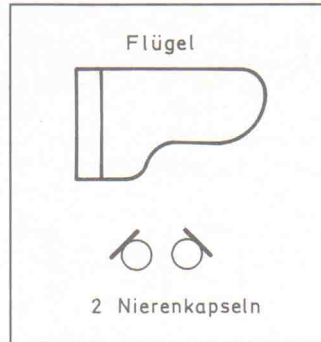


Bild 6. In der xy-Stereophonie treten Phasenprobleme kaum auf.

prophylaktisch einige dieser Kabel. Sie werden sehen, daß sie plötzlich unentbehrlich sind.

## XY- und AB-Mikrophonie

Obwohl im Homerecording meistens mit Multi- oder Einzelmikrophonie gearbeitet wird, geht es hier zunächst um zwei grundlegende Stereo-Mikrophonierungstechniken.

Die XY-Stereophonie (Bild 6) kennt Phasenprobleme so gut wie gar nicht. Bei dieser Art der Aufnahmetechnik werden zwei Nierenmikrophonkapseln verwendet. Es ergibt sich eine Intensitäts- also pegelabhängige Stereophonie, ähnlich einem aus vielen Einzelsignalen am Mischpult eingestellten Stereobild. In der AB-Stereophonie (Bild 7) sieht dies anders aus. Es werden zwei Kugelmikrophone verwendet. Hier hat man es im wesentlichen mit der sogenannten Laufzeitstereophonie zu tun. Die Signale werden weniger durch Ihre Lautstärke im linken und rechten Kanal geortet, als vielmehr durch den *Moment* des Schalleinfalls in das Mikrophon und damit in das Ohr (Haas-Effekt).

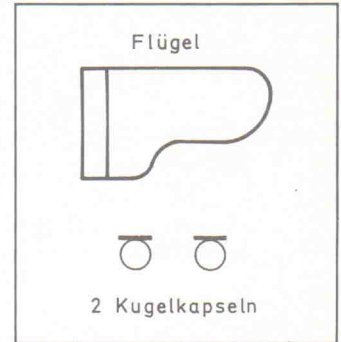


Bild 7. Bei der AB-Aufstellung erhält man die sogenannte Laufzeitstereophonie.

Diese Art der Stereophonie kommt unserem natürlichen Hören am nächsten. Sie erzeugt auf dem Korrelationsgradmesser im Normalfall ein Signal um Null herum. Auf dem Oszilloskop ergibt sich ein kreisförmiges Gebilde (Bild 8). Solche Stereobilder sind für das Ohr am angenehmsten und vermitteln das Gefühl einer natürlichen Räumlichkeit.

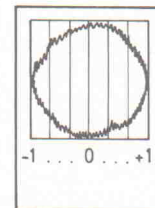


Bild 8. In dieser Form stellt sich ein Korrelationsgrad von 1 auf dem Oszilloskop dar.

Leider bereitet die AB-Stereophonie die meisten Phasenprobleme. Wie man in Bild 7 sieht, erreichen die von einem Flügel abgestrahlten Frequenzen (wieder in der Vereinfachung als Sinus) die Mikrophone zu unterschiedlichen Zeitpunkten. Hierbei kann es geschehen, daß ein bestimmter schmaler Frequenzbereich gegenphasig übertragen wird. Dies hat bei kanalgetrennter Stereoübertra-

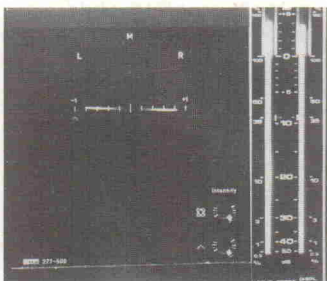
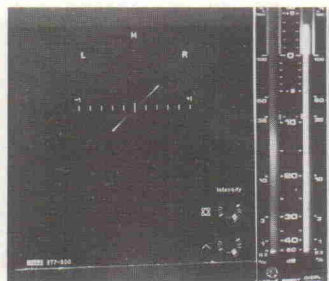
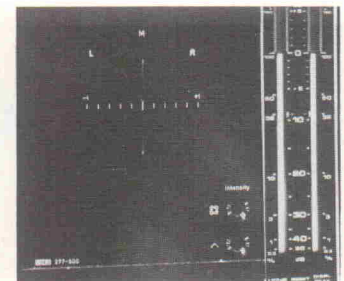
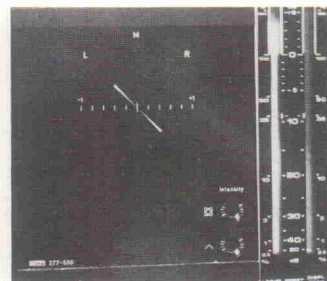


Bild 11. Korrelationsgradmessung mit dem Oszilloskop. Hier wird ein voll gegenphasiges Stereosignal angezeigt ( $k = -1$ ) ...



... hier um 45° verschobene Signale ( $k = 0$ ) ...



... und zuletzt ein Mono-Mitte-Signal mit  $k = 1$ . Die Länge des Striches ist übrigens unabhängig vom Pegel.



gung (Tonband, CD) im Zusammenhang des Frequenzgemisches kaum Auswirkungen und wird sich auch in der Korrelationsanzeige nicht negativ auswirken; andere Tonträger haben dabei jedoch Probleme, wie später noch zu sehen sein wird.

Da die Auslöschungen von der Frequenz und damit von der Wellenlänge abhängig sind, kann man folgendes konstatieren: Je weiter die Mikrophone im Verhältnis zum Klangkörper auseinanderstehen, desto größer werden die Phasenprobleme. Durch Reflexionen im Raum können im übrigen zusätzliche Auslöschungen entstehen. Bevor Sie nun den Taschenrechner aus der Ecke holen, um Frequenzen in Wellenlängen und Mikrophonabstände umzurechnen, hier eine Faustregel: Der Mikrophonabstand sollte zwischen 0,5 m und 1 m liegen. Um zusätzlich Phasenproblemen aus dem Weg zu gehen, können Sie die Mikrophone etwas nach außen (ähnlich XY) neigen. In Verbindung mit einem guten Tonbandgerät oder mit einem Digital-Prozessor können Sie so hervorragende Aufnahmen machen.

In der Pop-Musik findet sich die AB-Aufstellung häufig als Overhead beim Schlagzeug wieder. Man prüfe stets das Phasenverhalten dieser beiden Mikrophone unabhängig vom Gesamtsignal des Schlagzeugs entweder über einen pegel- und panpotunabhängigen Vorhörweg, Sel(ect) Check genannt, oder mute (= Stummschalten) notfalls die anderen Mikrophone. Es interessiert jetzt das Verhalten des Korrelationsgradmessers. Es kann sein, daß er sich nur bei bestimmten Becken- oder Tom-Konfigura-

tionen im gegenphasigen Bereich bewegt. Machen Sie einen Monocheck (Monokompatibilität) und achten Sie darauf, ob sich das Schlagzeug gegenüber der Stereowiedergabe klanglich oder lautstärkemäßig verändert. Wenn etwas nicht stimmt, wird es leiser; die klanglichen Einbrüche können in allen Frequenzbereichen stattfinden.

Ebenso wichtig ist die Phasenkorrelation der restlichen Schlagzeugmikrophone zueinander. Machen Sie auch hier einen Sel.-Check und beachten Sie den Korrelationsgradmesser. Ebenso müssen Sie einen akustischen Test machen; ein schönes, rund klingendes Tom kann sich im Zusammenhang plötzlich wie ein nasser Sack anhören.

Da sich die Tonhöhen von Schlaginstrumenten im allgemeinen nicht verändern, kann eine abstandsbedingte Gegenphase zweier Drummikrophone unter Umständen genau den Grundton eines Toms treffen, und schon ist's passiert (Bild 9). Hier kann die minimale Veränderung eines Mikrophones bereits Wunder wirken. Wenn am Mischpult ein Phasenschalter vorhanden ist, kann man Phasenproblemen auch damit auf die Spur kommen und notfalls beheben. Immer wenn ein Instrument mit mehreren Mikrophen abgenommen wird, sollte man die entsprechenden Checks machen. Nimmt man etwa eine E-Gitarre mit zwei oder mehreren Mikrophen auf (zwei am Amp und zusätzlich eines im Raum), kann es sehr schnell zu Phasenfehlern kommen. Auch hier gilt: Verändern Sie die Mikrophonposition leicht oder betätigen Sie den Phasenschalter am Mischpult.

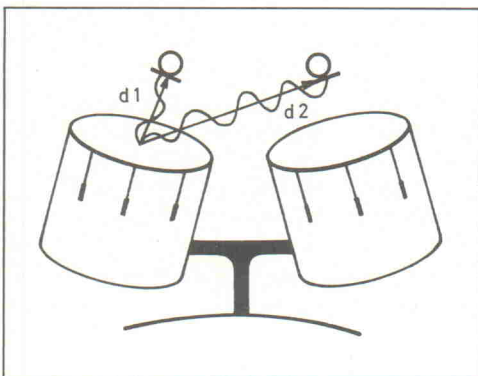


Bild 9. Bei getrennter Tom-Abnahme kann es durch das Übersprechen zwischen den Mikrophen leicht zu Phasenauslöschungen kommen.

Sicherlich existieren inzwischen viele Studios, in denen es gar keine Mikrophone mehr gibt, bestenfalls eines zum Sampeln. Bei ausschließlicher Verwendung von elektronisch erzeugten oder reproduzierten Monosignalen braucht man sich eigentlich über die Phase überhaupt keine Gedanken zu machen; sie wird sich sicherlich ständig im Bereich zwischen +0,5 und +1 bewegen. Wie jedoch schon im Zusammenhang mit der AB- und XY-Stereophonie zu sehen war, wird solch ein Phasenverhalten un-

### Gegenphasen teuer erkauft

ter Umständen gar nicht angestrebt. Und so sind die allen bekannten Effekte wie Phaser, Flanger, Chorus, Delays und nicht zuletzt Hall Einrichtungen, die Veränderungen im minimalen und trotzdem für unser Ohr wahrnehmbaren Zeitbereich vornehmen (Millisekundenbereich) und gerade durch eben diese Veränderungen im Phasenbereich ihren ganz spezifischen Sound erzeugen. Hier liegt eine weitere Aufgabe des Korrelationsgradmessers:

Ähnlich wie bei der Verwendung mehrerer Mikrophone für einen Klangkörper können auch bei der Effektbeimischung sowohl Probleme im Stereobild wie auch bezüglich der Monokompatibilität einzelner Instrumente auftauchen. Viele Synthesizer haben einen Stereoaussgang, auf dem entweder ein Chorus oder Flanger arbeitet, oder man legt zwei Oszillatoren (Stimmen) auf jeweils einen Kanal, wobei durch minimale Verstimmung der Oszillatoren gegeneinander extreme Phasenschwankungen entstehen, die für das Ohr ganz angenehm sein können, unter Umständen aber nicht 'in die Rille' zu bekommen und ganz bestimmt nicht monokompatibel sind. Das Signal hat dann bei der Monowiedergabe starke Lautstärkeschwankungen und verändert sich auch klanglich total. Der Korrelationsgradmesser wird dies mit wildem Schwanken zwischen -1 und +1 quittieren. Engen Sie in diesem Fall die Basisbreiten ungefähr auf halbe Breite ein. So erhalten Sie einen brauchbaren

Kompromiß zwischen gewollter Räumlichkeit und brauchbarem Phasenverhalten.

### Baß-Drum, wo bist Du geblieben?

Ein weiteres Phasenunglück kann passieren, wenn man z.B. per Harmonizer einer Baß-Drum aus dem Drum-Computer einen Raum aufdrücken will und das ganze schöne Klangbild beim Monocheck total zusammenbricht. In diesem Fall verändert man die Verstärkung oder, wenn mit einem Delay oder Chorus gearbeitet wird, die Verzögerungszeit minimal. Ebenso kann eine leichte Veränderung der Baß-Drum-Filterresonanz im unteren Frequenzbereich helfen. Beim Arbeiten mit dem Korrelationsgradmesser muß man auch hier alle anderen Signalquellen stummschalten und, falls möglich, einen Sel.-Check machen.

(Stereo-) Hallgeräte erzeugen im Normalfall ein inkohärentes Signal; der Korrelationsgrad schwankt um Null herum. Wenn Sie die Hallplatte aus diesem Heft nachbauen, sollten Sie auf jeden Fall vor dem endgültigen Einbau der Mikrophone einen exakten Phasencheck machen, am besten mit einem durchstimmbaren Sinusoszillator. Außerdem natürlich mit Musik und den Ohren!

Einen ganz bewußt eingesetzten Phaseneffekt kann man übrigens auf der LP/CD '90125' von Yes hören. In dem Stück 'Owner of a lonely heart' (1. Stück, 1. Seite) kommen ungefähr bei 2:30 min nach dem zweiten Refrain drei kurze Schlagzeugbreaks, wobei der dritte Break akustisch von hinten zu kommen scheint, vorangesetzt, man hört in einer optimalen Sitzposition zwischen den Lautsprechern. Solche Effekte können durch spezielle Phasenfilter erreicht werden, die in der Lage sind, über den gesamten Frequenzgang von 20 Hz...20 kHz Phasenwinkel mit 40,70, 100, 150 Grad etc. zu erzeugen. Vielleicht war es aber bei Yes auch nur Zufall. Passiert auch oft!

### Auswirkungen

Was ist denn nun eigentlich zu befürchten, wenn man in 'uner-



## Phasenfehler

laubte' Phasenbereiche kommt? Über das Thema Monokompatibilität wurde nun schon mehrfach gesprochen. Jetzt kann man natürlich sagen: 'Wer hört heute schon noch Mono?'

Mit Sicherheit mehr Leute, als Sie denken, und vielleicht steckt ja auch der Produzent, dem Sie eine Eigenproduktion geschickt haben, Ihre Cassette in einen uralten Monorecorder. Dort soll die Aufnahme womöglich auch noch gut klingen, und die Voraussetzung hierfür ist eben Monokompatibilität. Im übrigen wird bis heute in jedem professionellen Studio ein Monocheck gemacht, denn einen Monofernseher beispielsweise haben noch eine ganze Menge Leute, und sehr viel Präsentation läuft nun mal über die Glotze.

Korrelationsgradmessung ist auch mit einem Zweistrahloszilloskop möglich. Verteilen Sie zu diesem Zweck das Stereosignal auf die beiden Oszikanäle und schalten Sie das Gerät auf die Senkrechtfunktion (ein Signal steht senkrecht auf dem anderen). Die Kanalwerte für Amplitude und Ablenkung müssen gleich eingestellt werden. Bei einem Mono-Mitte-Signal erhält man einen senkrechten Strich, bei einem Stereosignal mit einer Phase um Null ein kreisförmiges Bild, und bei einem gegenphasigen Signal wird das Bild zu einem horizontal ausgerichteten Ei.

### Rundfunk und Schallplatte

Kommen wir nun noch zu zwei Schallträgern, die bei der Übertragung von gegenphasigen Signalen naturgemäß Schwierigkeiten bekommen. Dies ist bei Rundfunk und Schallplatte (außer CD) der Fall. Neben der Monokompatibilität, der sich besonders der Rundfunk sehr verpflichtet fühlt, bekommt ein Stereosender bei gegenphasigen Signalen noch andere Probleme.

Ohne hier nun auf die theoretischen Grundlagen von Stereomatrixierung im FM-Bereich einzugehen, bleibt folgendes zu sagen: Kommt ein Signal deutlich in den gegenphasigen Bereich, verengt sich zunächst das Klangbild, darüber hinaus ver-

kleinert sich die Senderreichweite. Dies hängt damit zusammen, daß das Stereosignal im Rundfunk über einen Träger, also sozusagen über eine 'Spur' durch ein spezielles Matrizierungs- (Rechen-) Verfahren übertragen wird.

Die Schallplatte ist das zweite Problemkind. Hier muß der Schneidstichel und auch das wiedergebende Tonabnehmer-System vertikale Bewegungen machen, wenn gegenphasige Signale anliegen. Dies bereitet besonders dem Schneidstichel erhebliche Mühe und führt zu starker Abnutzung, da beim Schneiden von Platten mit hohen Strömen und Leistungen gearbeitet werden muß.

Auf der Wiedergabeseite ist die Nadelqualität ausschlaggebend. Elliptische Nadeln, die sich der Rillenform besser anpassen, kommen mit gegenphasigen Signalen besser zurecht als konische (Bild 10). Auch hier ist ein gewisses Maß an Gegenphasigkeit kein Problem. Volle Gegenphasen, speziell im Baßbereich, können jedoch auf der Schallplatte nicht übertragen werden. Man denke an das Beispiel mit der Baß-Drum.



Bild 10. Gegenphasen auf der Schallplatte zwingen das Tonabnehmer-System zu vertikalen Bewegungen.

### Rückspiegel

Lassen Sie sich nun trotz aller Theorie und möglicher Probleme den Spaß an Ihren Produktionen nicht verderben. Betrachten Sie den Korrelationsgradmesser als eine Art Rückspiegel, den man im Auge behalten muß, weil er einem wichtige Informationen geben kann. Außerdem: Eine Gegenphase hat noch keinen Hit versaut. □

## Vielfalt.

Mehr als hundert Elektronik- und Computerfachbücher, aber auch Software für die verschiedensten Anwendungsgebiete warten auf Sie:

Vom allgemeinen Einstieg in die EDV über Büroanwendungen, Programmiersprachen, künstliche Intelligenz bis hin zur esoterischen Reihe. (Und selbstverständlich für alle gängigen Rechnertypen.)

Vom Akustik-Werkbuch über Funktionsgenerator- und Operationsverstärker-Schaltungen bis zu Computerperipherie-Bauanleitungen.

Lassen Sie sich unseren kostenlosen Katalog kommen. Heute noch. Postkarte genügt.

Das Programm



HEISE



Verlag Heinz Heise GmbH, Abt. TEBUS  
Postfach 6104 07, 3000 Hannover 61

HEISE

R. M. Marston

### 110 Operationsverstärker-Schaltungen

für den Hobby-Elektroniker

DM 16,80  
148 Seiten, Broschur  
Format 14,8 x 21 cm

ISBN 3-922 705-04-9

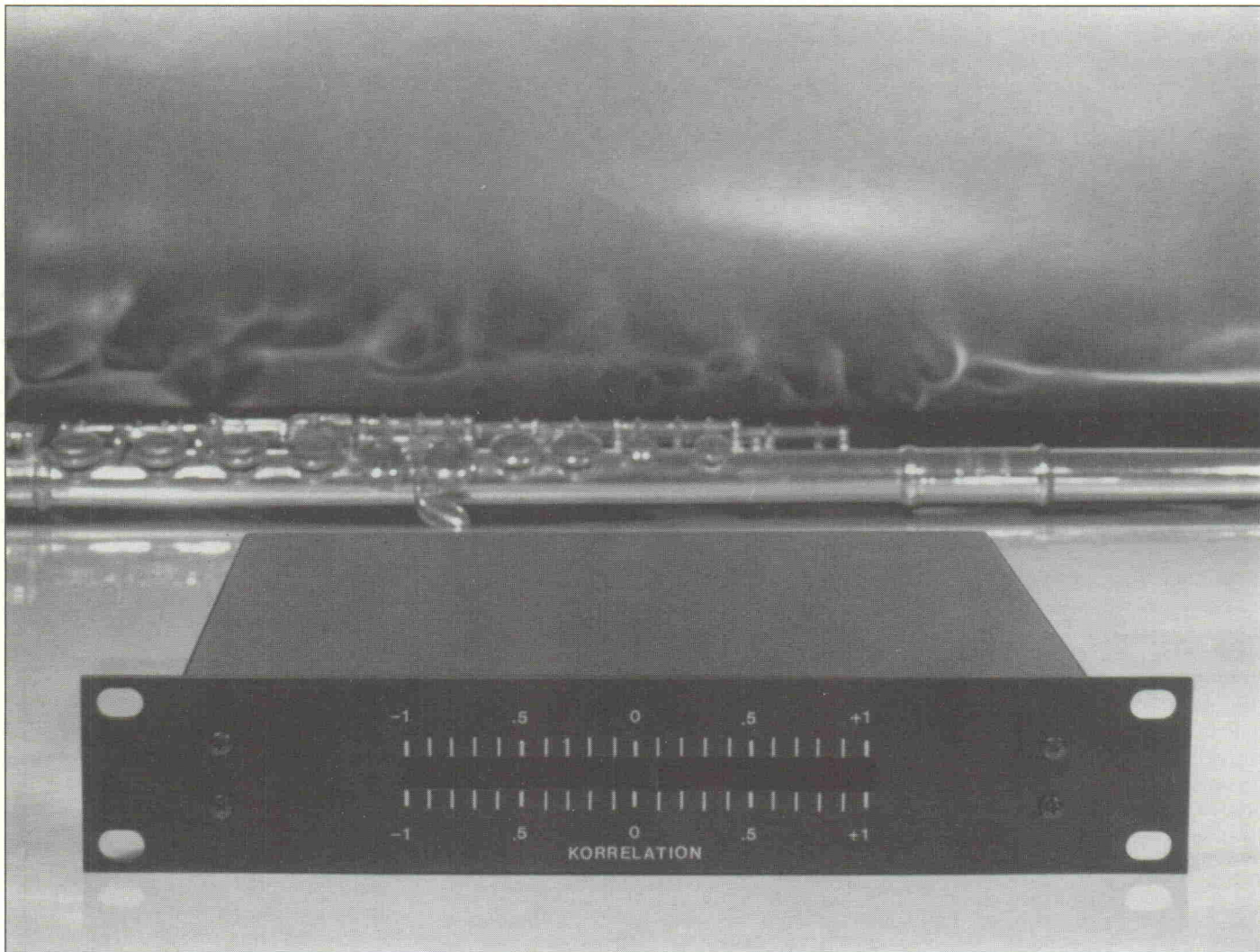


Dieses Buch beleuchtet Theorie und Arbeitsweise des Operationsverstärkers. Alle 110 Schaltungen sind mit handelsüblichen Bauelementen realisiert und dabei treffend und anschaulich dargestellt. Somit stellen sich auch für den Anfänger keine Probleme. Neuere OP-Typen können vielfach ohne Anpassung der Schaltung verwendet werden. Aus dem Inhalt: Grundlagen, Wechsel- und Gleichspannungsverstärker-Schaltungen, Schaltungen für Meßgeräte, Oszillator- und Multivibrator-Schaltungen, Schaltungen für NF-Generatoren und Alarmanlagen, Relais-Ansteuerschaltungen, Halbleiterdetails, Stichwortverzeichnis.

Bücher aus dem Verlag HEISE, Hannover, erhalten Sie bei Ihrem Elektronik- oder Buchhändler.

HEISE





**Grüne Welle für Stereosignale**

# Korrelations- gradmesser

**U. Schröder**

*Der Korrelationsgradmesser ist ein nützliches und in der professionellen Studioteknik nahezu unentbehrliches Instrument, um die statistische Verwandtschaft zweier Signale (im allgemeinen linker und rechter Stereokanal) zu untersuchen. Auch als Teil einer Beschallungsanlage und in der allgemeinen Meßtechnik leistet er gute Dienste.*

Manch einem mag soeben beim Anblick der Korrelationsformel heiß und kalt geworden sein: Diese komplexe Operation soll eine kleine, womöglich noch voll analoge Schaltung bewältigen? Wir erinnern uns: In ihrer Endfassung lautete die Phasenbeziehung:

$$K = \frac{u_1(t) \cdot u_2(t)}{u_{1\text{eff}} \cdot u_{2\text{eff}}}$$



# Phasenmessung

Das heißt mit anderen Worten: Ein elektronischer Korrelationsgradmesser muß zunächst das Produkt der beiden Eingangsspannungen bilden, dann daraus den Mittelwert errechnen, gleichzeitig die Effektivwerte der Eingangsspannungen ermitteln und anschließend den Mittelwert durch die beiden Effektivwerte dividieren. Das ist natürlich ein ungeheurer Schaltungsaufwand; gerade die (analoge!) Division ist eine äußerst unangenehme Angelegenheit. Entsprechend sind die Preise käuflicher Geräte. Für den Selbstbau muß also ein anderer Weg beschritten werden.

## Die Alternative

Da der Korrelationskoeffizient aus den normierten Eingangssignalen berechnet wird, ist er offensichtlich vor deren Amplitude unabhängig. Der Korrelationsgrad zweier Sinussignale gleicher Frequenz — darauf wollen wir uns zunächst beschränken — läßt sich demnach eindeutig aus der Phasenlage bestimmen. Und hier ist auch der entscheidende Ansatzpunkt für eine Vereinfachung: Wenn es gelingt, die Information 'Amplitude' auszuschalten und die Information 'Phasenlage' zu erhalten und zu verwerten, haben wir unser Ziel schon fast erreicht.

Die Phasenlage zweier Signale ergibt sich aus der relativen Lage der Nulldurchgänge (Vorzeichenwechsel der Eingangsspannung). Die erste Stufe der Schaltung sind also zwei Komparatoren, mit deren Hilfe die Vorzeichen der Eingangsspannungen ermittelt werden. Nur diese Vorzeichen (die jetzt in digitaler Form vorliegen; positiv  $\triangleq H$ , negativ  $\triangleq L$ ) werden in der folgenden Schaltung verarbeitet. Tabelle 1 zeigt, wie das Vorzeichen von  $u_1(t) \times u_2(t)$  mit den Vorzeichen der Eingangsspannungen zusammenhängt. Die Multiplikation zweier Analogsignale wird jetzt zu einer simplen Exklusiv-Oder-Funktion zweier Digitalsignale. Die Mittelwertbildung besorgt ein RC-Glied mit passender Zeitkonstante, und auf die Division durch die Effektivwerte können wir überhaupt verzichten, da wir die Signalamplitude ja längst 'rausgeschmissen' haben und die Umwandlung in ein Digitalsignal bereits eine Art Normierung war. Also schließen wir an das RC-Glied ein Meßinstrument an und können  $k$  auf der Skala ablesen — dieser Gedanke ist ebenso naheliegend wie falsch. Immer-

L	R	L x R
L	L	H
L	H	L
H	L	L
H	H	H

Tabelle 1. Verarbeitung des Vorzeichens als Digitalsignale

hin haben wir das Meßverfahren ziemlich rücksichtslos vereinfacht, und bevor wir freudestrahlend irgendeinen Unfug messen, sollten wir prüfen, was für Auswirkungen diese Vereinfachung auf unsere Meßergebnisse hat.

Mit etwas Mathematik läßt sich nämlich zeigen, daß die Ausgangsspannung am RC-Glied keineswegs proportional zu  $k$  ist, sondern proportional zur Phasendifferenz.

## Wie funktioniert's?

Die beiden Eingangssignale gelangen über Kondensatoren an die nichtinvertierenden Eingänge der Komparatoren. Der Spannungsteiler R3/R4 erzeugt einen 'virtuellen Massepunkt', dessen Potential bei der halben Betriebsspannung liegt. Diese virtuelle Masse liegt als Referenzspannung an den invertierenden Komparatoreingängen, über die Widerstände R1 und R2 gelangt sie auch an die nichtinvertierenden Eingänge. Gleichzeitig werden durch die Hochpaßwirkung von C1/R1 bzw. C2/R2 niederfrequente Signale (unter 15 Hz) unterdrückt, wie z.B. Rumpelgeräusche von einem Plattenspieler.

Die Offsetspannung der Komparatoren bestimmt die Mindesthöhe der Eingangsspannung. Diese muß wesentlich größer als die Offsetspannung sein, damit die Komparatoren richtig arbeiten.

Ab ca. 20...30 mV kann man mit korrekten Meßergebnissen rechnen.

Die Komparatoren haben Open-Collector-Ausgänge, deshalb müssen sie über R5 bzw. R6 nach Plus 'gezogen' werden. Die Digitalsignale gelangen nun auf zwei parallelgeschaltete EXOR-Gatter. Parallelgeschaltet deshalb, um den maximalen Ausgangsstrom zu erhöhen; außerdem waren ohnehin noch Gatter im IC übrig. Das RC-Glied R7/C4 besorgt die Mittelwertbildung. Am positiven Anschluß von C4 steht damit die Ausgangsspannung proportional zu  $\varphi$  zur Verfügung.

Die Funktion des ICs LM 3914 ist bereits in elrad 12/82 ausführlich beschrieben worden. Deshalb hier nur ein paar Besonderheiten:

Die interne Referenzspannungsquelle des LM 3914 wird in dieser Schaltung nicht benutzt. Die Ausgangsspannung von IC2 ist nämlich stark von der Temperatur und der Betriebsspannung abhängig. Bei einer stabilisierten Referenzspannung müßte daher laufend nachgeeicht werden. Statt dessen wird mit Hilfe der beiden noch freien EXOR-Gatter eine Hilfsspannung erzeugt, die den gleichen Schwankungen unterworfen ist wie die Ausgänge von N3 und N4. Über R9 gelangt diese Spannung auf das obere Ende der Spannungsteilerkette im LM 3914 und sorgt so für eine stabile Eichung. Die Ausgänge 10 und 11 des LM 3914 werden über D10 und D11 zusammengefaßt und steuern beide die rote LED D9.

## Der Aufbau

Das Bestücken der Platine anhand des Bestückungsplans sollte keine Schwierigkeiten machen. Perfektionisten dürfen für R7 einen Widerstand mit 1%

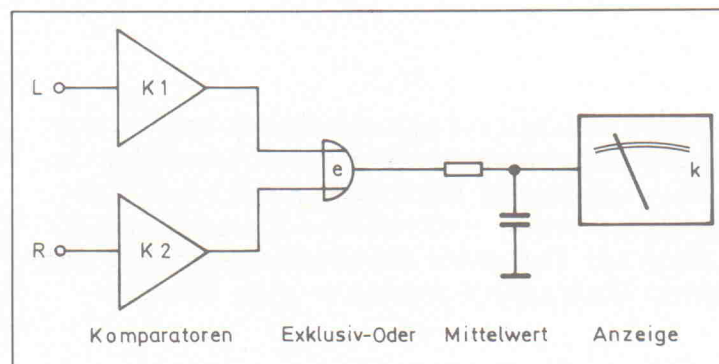


Bild 1. Die Multiplikation der Eingangssignale geschieht in einfacher Weise durch eine EX-OR-Verknüpfung.



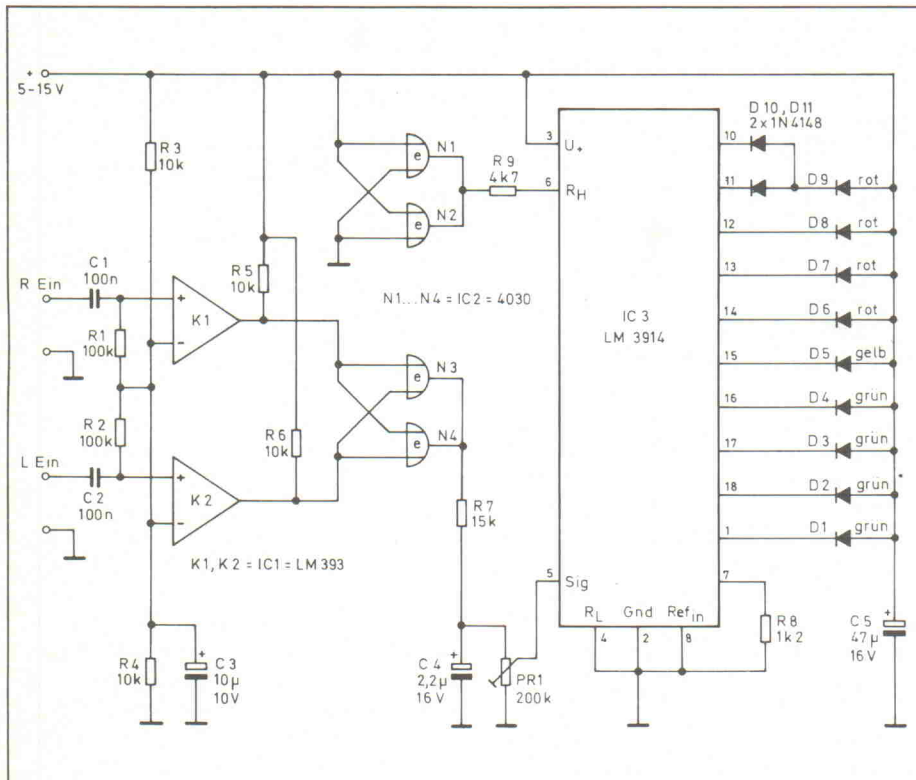


Bild 2. Schaltbild des Korrelationsgradmessers.

Toleranz und für C4 einen Tantal-Elko einsetzen. Bevor man an den Beinchen von IC2 herumfingert, sollte man sich an irgendeinem geerdeten Punkt von statischer Aufladung befreien, z.B. durch Berühren einer Wasserleitung (was natürlich alles nichts nützt, wenn man anschließend wieder mit den Gummisohlen über den Teppich marschiert und sich neue Ladungen einfängt!).

Für die Montage der Platine in einem Gehäuse gibt es zwei Möglichkeiten: Parallel oder im rechten Winkel zur Frontplatte. Bei Parallelmontage werden die LEDs nur (richtig herum!) in die Platine eingelötet. Bei Montage im rechten Winkel müssen die LEDs entsprechend Bild 4 gebogen werden. Verwendet werden können natürlich alle Arten von LEDs; die gebräuchlichen 5-mm-Dioden sind wahrscheinlich am besten in eine Frontplatte zu integrieren. Die Kennzeichnung von Plus- und Minuspol ist übrigens durchaus nicht einheitlich; manche Hersteller versehen die Anode mit dem längeren Anschlußdraht, manche die Kathode, bei anderen sind beide Anschlußdrähte wieder gleich lang. Nachmessen ist hier nie verkehrt!

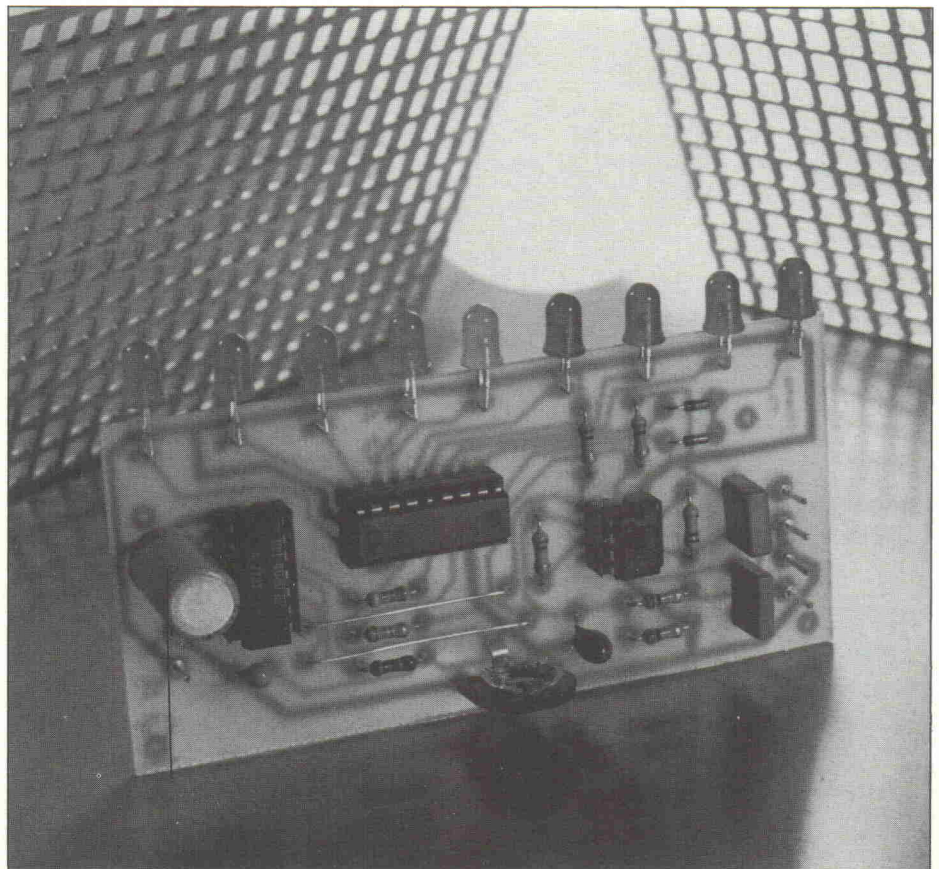


Bild 3. Das vollständig bestückte Korrelationsgradmesser-Modul.

Nachdem alles korrekt bestückt und noch einmal kontrolliert ist, kann die Betriebsspannung (5...15 V) angelegt werden. Die Schaltung hat eine Stromaufnahme von 9 mA (LEDs dunkel)

### Der Betrieb

bzw. 25 mA (LED an). Da der Korrelationsgrad eine Funktion zweier Eingangsgrößen ist, müssen auch beide Eingangssignale vorhanden sein, um eine sinnvolle Anzeige zu ermöglichen. Der erlaubte Eingangsspannungsbereich (Effektivwerte) erstreckt sich von 30 mV bis zu  $\frac{1}{3}$  der Betriebsspannung, das sind (bei  $U_+ = 15$  V) 45 dBm ohne Nachstellen von Empfindlichkeitspotis o. ä. Zunächst muß die Schaltung jedoch geeicht werden.

### Eichen

Nach dem Einschalten der Betriebsspannung wird auf einen Eingang ein Sinussignal gegeben (z.B. 1 kHz, 1 V<sub>eff</sub>, die absoluten Werte sind völlig unkritisch; zur Not geht auch die Ausgangsspannung eines separaten Netztrafos, soweit sie im erlaubten Bereich



# Phasenmessung

## Stückliste

Widerstände (alle 1/4 W, 5 %)

R1,2 100k

R3...6 10k

R7 15k

R8 1k2

R9 4k7

Trimpotentiometer

PR1 220k

Kondensatoren

C1,2 100n

C3

10µ/16 V

C4

2µ2/16 V

C5

47µ/16 V

Halbleiter

D1...4

LED, grün

D5

LED, gelb

D6...9

LED, rot

D10,11

1N4148

IC1

LM393

IC2

4030

IC3

LM3914

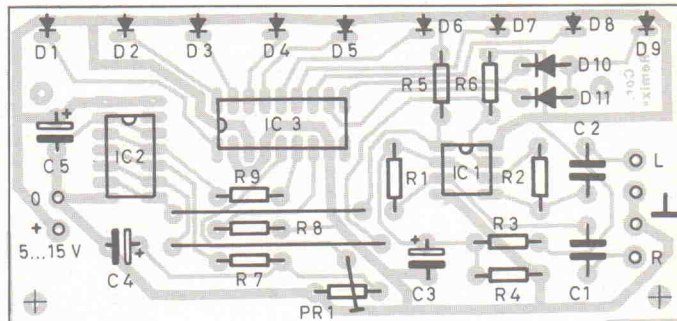


Bild 5. Die Bestückung der Platine dürfte kaum Probleme bereiten.

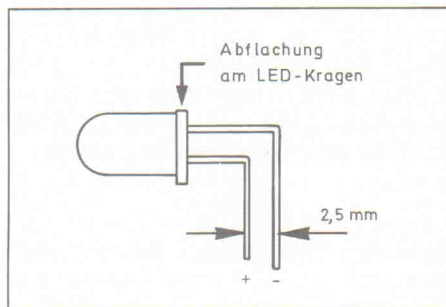


Bild 4. So müssen die LEDs vor dem Einlöten gebogen werden.

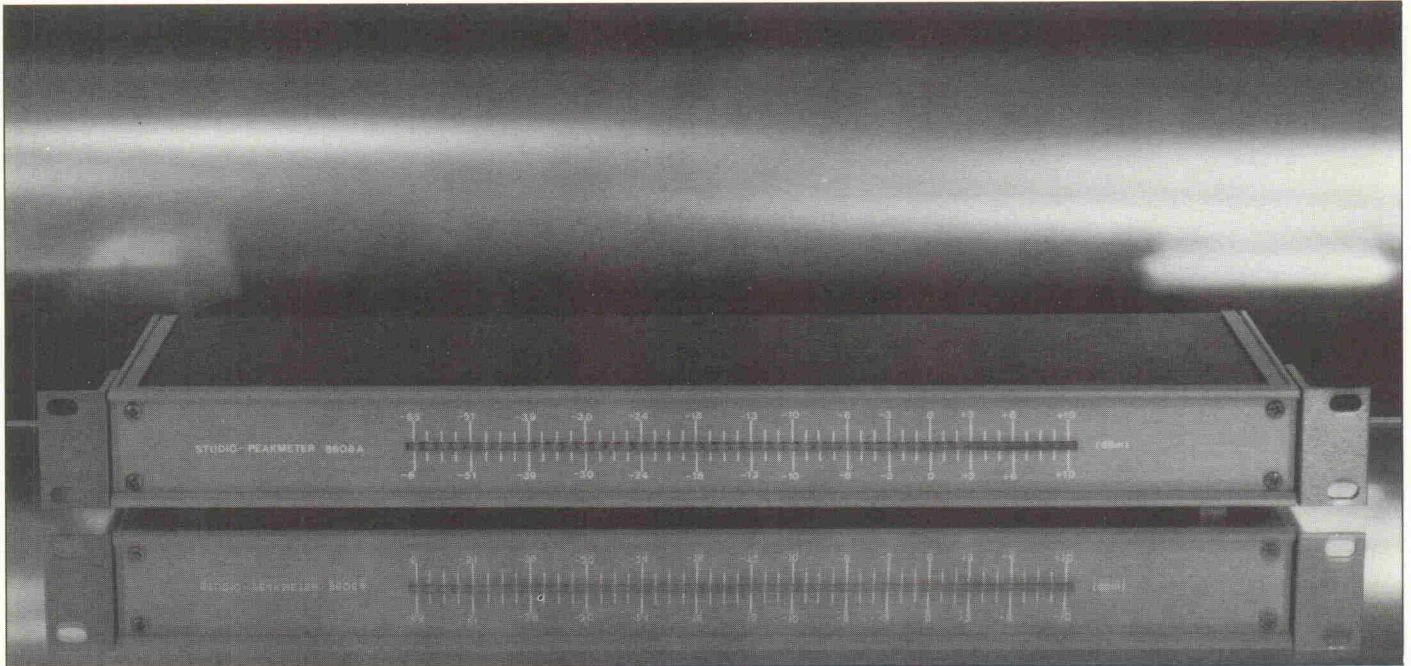
liegt). Der andere Eingang bleibt offen. Um Störungen durch eingestreutes Netzbrummen oder HF zu vermeiden, darf hier auch kein lose herumhängendes Kabel angeschlossen sein. Das Trimpoti wird so eingestellt, daß die gelbe LED ( $k=0$ ) leuchtet. Jetzt wird das Signal auf den anderen Eingang gegeben und der erste offengelassen. Auch jetzt muß die gelbe LED leuchten; ggf. muß man mit dem Trimpoti etwas nachregeln. Damit ist das Eichen abgeschlossen. Zur Kontrolle kann man jetzt noch das Eingangssignal auf

beide Eingänge geben; dabei muß das Display dunkel bleiben ( $k=1$ ).

Der Einbau des Korrelationsgradmessers in ein Mischpult dürfte dem Geübten eigentlich keine Probleme bereiten. Geeignete Anschlußpunkte sind Summen-Ausgänge des rechten bzw. linken Kanals eines Mischpults. Diese Ausgänge sind meist sehr niederohmig, und unser Korrelationsgradmesser hat einen hohen Eingangswiderstand ( $>100\text{ k}$ ), so daß keine gegenseitigen Beeinflussungen zu befürchten sind. □

<p><b>CASIO CZ-1000</b> Bisheriger Listenpreis DM 1499,— jetzt nur noch: <b>DM 799,—</b> Cartridge ★ 4 volle Oktaven ★ LCD-Display ★ 2x8 Wellenformen pro Oszillator ★ 8-stimmiger MIDI-Synthesizer ★ 32 Programme, erweiterbar über 3x8 Hüllkurvengeneratoren mit je 16 Werten ★ Netzteil hierzu DM 45,—</p>	<p><b>BOSS DR-220</b> Unser Tiefpreis: <b>DM 399,—</b> BOSS DR-220 Rhythmus-Computer mit 11 digital abgespeicherten Instrumenten wie Baß-Drum, Snare, 3xTom, HiHat, Becken etc. ★ 64 Rhythmus-Pattern (32 fest, 32 frei programmierbar) 8 frei programmierbare Songs mit je 128 Takten ★ Trigger Ein/Ausgang ★ großes LCD Display ★ Lautstärkeprogrammierung für jedes Instrument</p>	<p><b>Vesta DG-3</b> Bisheriger Listenpreis DM 678,— jetzt nur noch: <b>DM 490,—</b> Vesta DG-3: 19" Studio Noise-Gate in 2-kanaliger Ausführung ★ Regler für Threshold, Attack, Release ★ Keyschalter für externe Steuerung (5 Volt Impuls) ★ Synchronisation ★ 220 V Anschluß ★</p>
<p><b>SIEL MDP-40</b> Unser Tiefpreis: <b>DM 450,—</b> Netzteil DM 19,90 SIEL MDP-40 MIDI-Rhythmusgerät mit 40 fest abgespeicherten Rhythmen (über MIDI-Sequenz frei programmierbar) ★ 10 digital abgespeicherte Instrumente wie Baß-Drum, Snare, Tom, HiHat, Becken, Handclap etc., welche sich auch manuell spielen lassen ★ MIDI-Kanal einstellbar ★ 2 Fill-In's ★ Swing</p>	<p><b>KORG DDM-220</b> Bisheriger Listenpreis DM 860,— jetzt nur noch: <b>DM 198,—</b> Programmierbarer Percussions-Computer mit 9 digital abgespeicherten Instrumenten wie Low/High Conga, Timbale, Tambourine, High/Low Agogo, Casaca, Holzblock und Kuhglocke ★ 32 Takte sowie 6 Songs mit zus. 390 Takten Speicherkapazität ★ Speichererweiterung mit Cassetten-Interface ★ Sync Ein/Ausgang ★ Programmierbarer Trigger-Ausgang ★ Real-Time u. Step by Step ★ Lieferung incl. Netzteil, Kabel, Anleitung ★</p>	<p><b>BOSS RPS-10</b> Unser Tiefpreis: <b>DM 549,—</b> BOSS RPS-10: Digital-Delay mit 800 ms Verzögerung bei vollen 15 kHz Frequenzgang ★ Rückwärts-Echo ★ Eingebauter Pitch-Transposer, erzeugt 2. Signal um stufenlos <math>\pm 1</math> Oktave verschoben ★ Neuartige Chorus und Doubling Effekte möglich ★ Stereo-Ausgang ★ Anschluß für Stimmgerät ★ Intervall von Keyboard steuerbar ★ In dieser Preisklasse DAS Delay mit den meisten Effektmöglichkeiten in Studio-Qualität (S/N 90dB) ★</p>
<p><b>Roland PR-800</b> Bisheriger Listenpreis DM 1280,— jetzt nur noch: <b>DM 330,—</b> Ein-Spur MIDI-Sequencer ★ Speichert 6000 Noten ★ Metronome ★ MIDI-Clock ★ Großes LED Display für Tempo, Takt u. Speicher ★ Das MIDI-Einsteiger-Set, bestehend aus CASIO CZ-1000 Synthesizer, CASIO Netzteil, SIEL MDP-40 + Netzteil sowie Roland PR-800: <b>DM 1580,—</b> (nochmals DM 63,90 gespart!!)</p>	<p><b>Vesta MDI-1</b> Bisheriger Listenpreis DM 490,— jetzt nur noch: <b>DM 299,—</b> Vesta MDI-1: MIDI-to-CV/Gate-Converter ★ Wandelt MIDI-Signale in CV/Gate Signale um ★ Verarbeitet auch MIDI-Clock ★ 220 V Anschluß ★</p>	<p><b>audio technica ATM RMX-64</b> Bisheriger Listenpreis DM 4900,— jetzt nur noch: <b>DM 2690,—</b> 4-Spur Cassetten-Deck mit eingebautem 6in4 Mixer ★ pro Kanal regelbar: Gain, Parametrisch Baß und Höhen ★ 2 Effektwege ★ Panorama, Solo, Kanalauswahl 1—4 ★ 4 VU-Meter mit Peak-LED 4,75 und 9,5 cm/Sec. ★ Punch In/Out ★ Phantomspeisung ★ Dolby B und C ★ 4 Kopfhörer-Anschlüsse ★ Test in Keyboards 7/85 ★</p>
<p><b>KORG Akkord Prozessor</b> Bisheriger Listenpreis DM 120,— jetzt nur noch: <b>DM 60,—</b> erhältlich als: CPK-01 mit Tastatur, CPG-01 mit Griffbrett, CPS-01 mit Noten KORG Akkord Prozessor: zeigt auf einem großen LCD-Display alle möglichen Akkorde an ★ in allen Umkehrungen ★ in jeder Transponierung ★ zeigt Drei-, Vier- und Fünfklänge an ★ incl. Batterie ★</p>	<p>Mono-Ausführung <b>DM 49,—</b> Stereo-Ausführung <b>DM 59,—</b> Volumen-Pedal in stabiler Metall-Ausführung ★ Genügend Platz für eigene Schaltungen ★ 50 kOhm Poti ★</p>	<p><b>Vesta MR-10</b> Unser Tiefpreis: <b>DM 848,—</b> Vesta MR-10: 4-Spur-Cassetten-Deck ★ dbx Rauschunterdrückung ★ Eingebautes Mischpult ★ 4 VU-Meter ★ Punch In/Out ★ 12 Volt ★ Alle Geräte originalverpackt mit voller Garantie ★ Begrenzte Stückzahlen, Verkauf erfolgt, solange Vorrat reicht!!! <b>AUDIO ELECTRIC ★ 7777 SALEM</b> Postfach 1145 ★ 075 53/6 65</p>





### High-End-Pegelanzeige

# Studio-Peakmeter

### Eckart Steffens

Noch wichtiger als der Tachometer fürs Auto ist der Aussteuerungsmesser im Tonstudio. Geschwindigkeiten lassen sich zur Not noch hinreichend genau schätzen, bei Signalpegeln wird es schon schwieriger.

Schnelligkeit, Genauigkeit und hohe Auflösung sind die Forderungen, die an einen studio-tauglichen 'Soundtacho' gestellt werden. Außerdem sollte der Preis für ein solches Gerät den Wert der restlichen Studiodeinrichtung möglichst nicht überschreiten...

Das gute alte Drehspul-VU-Meter ist zur Aussteuerungskontrolle im Studio, auf der Bühne oder auch nur an der Hifi-Anlage meistens nicht nur zu träge, sondern es mangelt darüber hinaus auch am erforderlichen Anzeigebereich.

Hier schaffen Lichtzeigerinstrumente Abhilfe: Sie sind nicht nur schnell, erfassen also jede Signalspitze, sondern auch in der Lage, sehr große Pegeldifferenzen noch auszuwerten. Allerdings sind gute, professionelle Industriegeräte auch preislich 'Spitze'. Einfachen Peakmetern mit Standard-ICs aus der Abteilung 3915 mangelt es an der gewünschten Auflösung, d.h. die Schrittweite zwischen den einzelnen Anzeigestufen ist für den Einsatz an kritischen Aussteuerungspunkten viel zu groß.

Die Alternative ist ein diskreter Aufbau: Ein Komparator pro Stufe sorgt für ein recht ansehnliches IC-Aufkom-

men und damit auch für eine entsprechende Verlustleistung — damit man im Studio auch dann nicht friert, wenn die musikalischen Darbietungen alles andere als erwärmend sind. Daneben bietet unser Super-Peakmeter natürlich auch noch eine Anzeigekette. Und was für eine!

### Biegsame Kennlinie

Das Peakmeter wurde so ausgelegt, daß die Auflösung der Leuchtsäule möglichst hoch und die LED-Kette darüber hinaus lang genug ist, daß sie auch aus größerer Entfernung deutlich abgelesen werden kann. Die Gesamtlänge beträgt 24 cm, die Anzahl der Stufen 48, so daß bei einem Gesamtanzeigebereich von 50 dB eine Auflösung von 1 dB pro Stufe möglich ist und 48 Standard-PIC-LEDs (entweder 2 x 5 mm oder 5 x 5 mm) eingebaut werden können. Man erhält also ein 2 mm oder 5 mm breites Lichtband.

Natürlich ist es möglich, den Anzeigebereich zu erweitern oder die Anzeigekennlinie zu ändern. So kann man sich z.B. für einen Anzeigebereich von 90 dB entscheiden und läßt im unteren Bereich eine Stufung von 5 dB zu, die sich langsam aber stetig bis auf eine 0,5 dB-Auflösung im 0 dB-Bereich verringert. Damit läßt sich die Anzeige allen Einsatzerfordernissen anpassen.

Es ist allerdings ein sinnloses Unterfangen, den Anzeigebereich nun beliebig groß gestalten zu wollen; man



# Aussteuerungsmesser

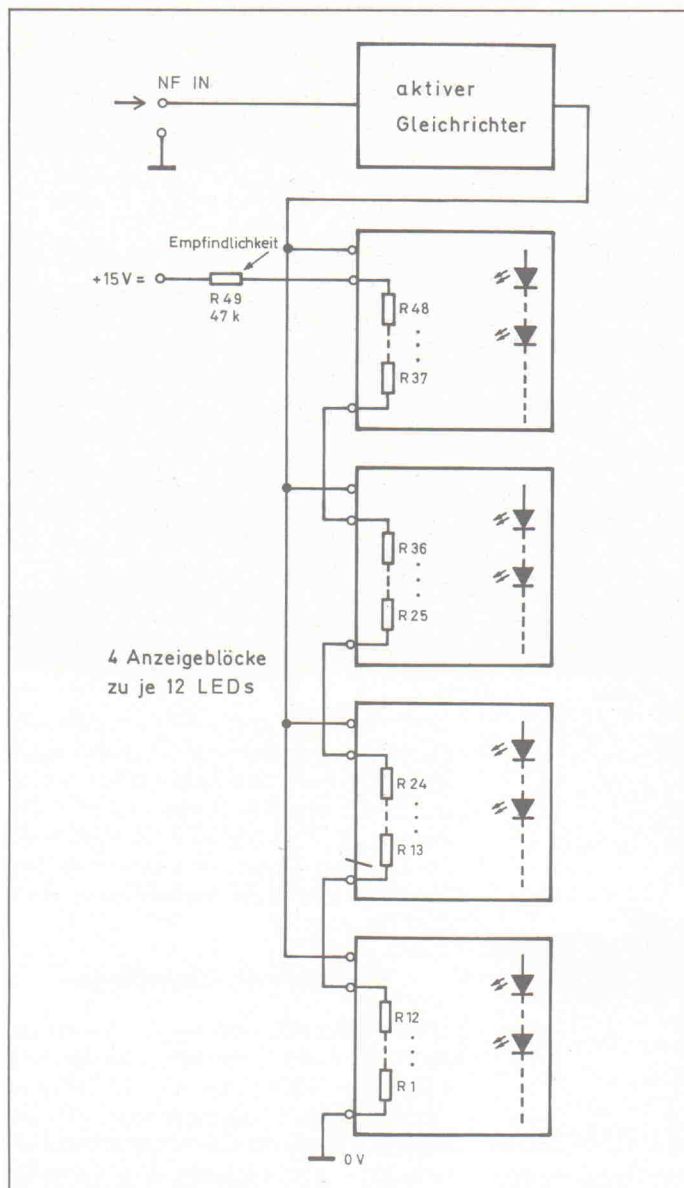


Bild 1. Das Blockschaltbild des Studio-Peakmeters. Mit R49 kann der für die Vollaussteuerung benötigte Pegel definiert werden.

nutzt ihn in aller Regel in der Praxis doch nicht aus. Leuchtbandanzeigen für Tonstudio- oder Rundfunkeinsatz verfügen zumeist über einen Anzeigebereich von +10...0...-50 dB und sind im 0-dB-Bereich leicht gedehnt.

## Wie funktioniert's?

Das NF-Signal gelangt über P1 (Pegeleinstellung) und C1 auf die beiden Stufen IC1a und b. IC1a arbeitet als nicht-invertierender, IC1b als invertierender Verstärker, beide mit jeweils nachgeschalteter Gleichrichtung. Am Punkt D steht somit ein gleichgerichtetes Signal zur Verfügung, in dem beide Signalhalbwellen berücksichtigt sind. Über R54 (Anstiegszeitkonstante) wird C2 aufgeladen; über R55 (Abfallzeitkonstante) kann sich der Kondensator

wieder entladen. Um diesen Schaltungspunkt nicht zu belasten, wird sowohl die Gegenkopplung für die Eingangsstufen als auch das Ausgangssignal über die Impedanzwandler IC1c und d abgenommen.

Die LED-Ketten bestehen aus 4 Segmenten zu je 12 in Reihe geschalteten LEDs, die von der Stromquelle T113 (213, 313, 413) gespeist werden. Die LEDs, die nicht aufleuchten sollen, werden von Shunt-Transistoren (T101...T112) überbrückt, die durch eigene Komparatoren gesteuert werden. Damit die Basis-Emitter-Strecke nicht in Sperrichtung leitend wird, wenn der Komparator auf 'high' schaltet, ist pro Stufe eine Entkopplungsdiode eingefügt.

Zur Auswertung des gleichgerichteten

NF-Signals sind 48 Komparatorstufen vorhanden, die von einer gemeinsamen Steuerleitung sowie dem Referenzspannungsteiler R1...R49 bedient werden. Dieser Teiler läuft durch alle 4 Ketten und bestimmt Empfindlichkeit, Anzeigekennlinie sowie die Auflösung des Peakmeters.

Die Stromversorgung erfolgt mit einer stabilisierten Gleichspannung von  $\pm 15$  V, die auf der Platine von zwei integrierten Spannungsreglern bereitgestellt. Sie sind jeweils mit einem Schwingungskondensator (10 MF) versehen. Die Platine wird an eine un-stabilisierte Gleichspannung von  $\pm 18$  V...  $\pm 30$  V angeschlossen.

## Linientreue

Alle Bauteile, inklusive LEDs, werden auf einer gemeinsamen Platine bestückt. Dabei ist es für das spätere optische Ergebnis (um das es bei einer solchen Anzeige ja nun mal geht) von entscheidender Wichtigkeit, daß man die 48 LEDs in eine schöne, gerade Linie bekommt.

Als besonders erfolgreich hat sich dabei ein Verfahren erwiesen, bei dem man die LEDs der (richtigen!) Reihe nach mit der Leuchtfläche auf einen Streifen Isolierband klebt. Dann setzt man die am Klebestreifen hängenden LEDs in die entsprechende Bohrungsreihe auf der Platine ein. Das kann kaum fummeliger als bei einem wider-spenstigen VG-96-Stecker sein. Das LED-Band wird nach der Montage rechtwinklig gebogen und die Platine am Schluß hinter eine Frontplatte mit passender Ausfräsung geschraubt. Mehrere Peakmeter können auf diese Weise bequem über- oder nebeneinander gereiht werden.

Aber so weit waren wir ja noch gar nicht. Bestücken Sie zunächst alle sich wiederholenden Bauteile. Den ICs sollte man Fassungen spendieren, um sie im Ernstfall leicht auswechseln zu können. Dies trifft besonders für die LM324 zu. Durch deren hohe Offsetspannungen kann nämlich im unteren Bereichsende ein Versatz entstehen; daher sollten die OpAmps gegebenenfalls paarweise ausgesucht werden.

Die beiden Spannungsregler sowie die vier Leistungstransistoren werden an kleine Kühlwinkel geschraubt. Die 1000- $\mu$ F-Elkos sind stehende Ausführungen und bestimmen die minimale Bauhöhe des Geräts. Sie sind dann



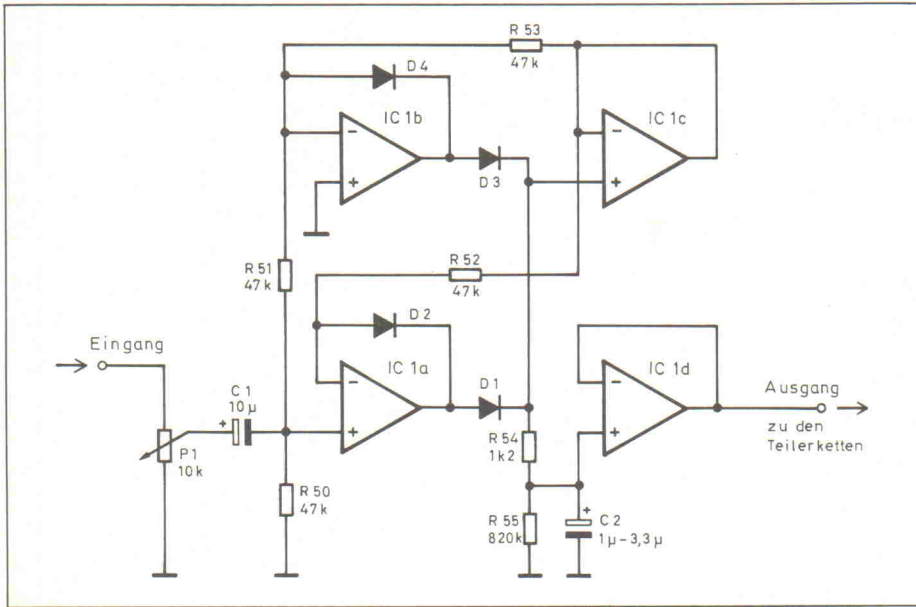


Bild 2. Den Eingang der Schaltung bildet ein aktiver Signalgleichrichter. Mit P1 wird der Signalpegel angepaßt.

nicht erforderlich, wenn man für mehrere Karten ein gemeinsames Netzteil benutzt. Ersetzen Sie in diesem Fall die beiden Elkos durch 10- $\mu$ F-Typen und schon ist auch das Bauhöhen-Problem keines mehr.

Der NF-Eingang der Karte liegt an einer Klinkenbuchse, die ebenfalls direkt auf die Platine gelötet wird. Außer der Speisespannungszuführung ist daher für die gesamte Karte keinerlei Verdrahtung erforderlich. Über die Klinkenbuchse läßt sich die Platine auch gut mit einer Gehäuserückwand verschrauben; man spart so den einen oder anderen Befestigungswinkel.

### Hallo, Hacker!

Jetzt seid Ihr auch endlich mal dran. Es geht an den Abgleich des Peakmeters.

Vor dem ersten Probelauf müssen nämlich die Spannungsteilerwiderstände R1...R49 dimensioniert und bestückt werden. Allein die Berechnung dieser Widerstände ist, wenn man sie nur mit Rechenschieber oder Taschenrechner durchführt, ein äußerst langwieriges Unternehmen. Da heutzutage Homecomputer bzw. in BASIC programmierbare Taschenrechner eine weite Verbreitung gefunden haben, können wir diesen Rechenknechten ohne schlechtes Gewissen die Aufgabe der Werteberechnung zuschieben.

Man gibt hierzu nur die gewünschten 48-dB-Stufen ein (Programmzeilen 650...680, siehe Listing); die richtigen Normwiderstände findet der Rechner.

Dabei haben Sie die Möglichkeit, sich die mathematisch exakten Werte, die auf zwei Stellen gerundeten Werte oder Widerstände gemäß der Normreihe ausgeben zu lassen. Der Vorteil bei der Normreihenberechnung: Wird hierbei vom Programm ein Wert gewählt, der z.B. nach unten abweicht, so wird diese Differenz bei der Ermittlung des nächsten Widerstandes wieder ausgeglichen. Die Erfahrung zeigt, daß selbst bei Verwendung der E-24-Reihe keine größeren Abweichungen als  $\pm 0,5$  dB auftreten; im Schnitt sind es 0,2 dB. Wer eine höhere Genauigkeit wünscht, kann das Programm leicht für eine höher aufgelöste Normreihe (E-96, Metallfilmwiderstände, 1 %) erweitern. Das von uns gewählte Beispiel basiert auf den Werten für ein Peakmeter mit einem Anzeigebereich von -65 dB... +10 dB und einer maximalen Auflösung von 1 dB.

Nun zum Programm selbst: Es ist selbstdokumentierend und läuft auf allen Commodore-Maschinen. Zum Transfer auf BASICA oder GWBASIC müssen nur die besonderen CHR\$-Befehle angepaßt werden.

Stufe	dB (Soll)	dB (Ist)	Abweichung dB
1	-65	-65	0
2	-60	-60.2	-0.2
3	-57	-57.1	0.1
4	-54	-54	0
5	-51	-51.1	-0.1
6	-48	-48.1	-0.1
7	-45	-45.1	-0.1
8	-42	-42	0
9	-39	-39.1	-0.1
10	-36	-36	0
11	-34	-34	0
12	-32	-32	0
13	-30	-30	0
14	-28.5	-28.5	0
15	-27	-27	0
16	-25.5	-25.5	0
17	-24	-24	0
18	-22.5	-22.5	0
19	-21	-21	0
20	-19.5	-19.5	0
21	-18	-18	0
22	-16.5	-16.5	0
23	-15	-15	0
24	-14	-14	0
25	-13	-13	0
26	-12	-11.9	+0.1
27	-11	-11	0
28	-10	-10	0
29	-9	-9	0
30	-8	-8.2	-0.2
31	-7	-7	0
32	-6	-6	0
33	-5	-5	0
34	-4	-4	0
35	-3	-3	0
36	-2	-2	0
37	-1	-1	0
38	0	0	0
39	1	1	0
40	2	2	0
41	3	3	0
42	4	4	0
43	5	5	0
44	6	6	0
45	7	7	0
46	8	8	0
47	9	9	0
48	10	10	0

Tabelle 1. Abweichungen vom Sollwert mit Widerständen aus der E-24-Reihe.

Die Abstufung der LEDs (in dB) sowie die Normwerte der verwendeten R-Reihe sind in DATA-Zeilen abgelegt, die leicht für besondere Wünsche geändert werden können.



# Aussteuerungsmesser

Folgende Parameter werden vom Programm als Ausgangswerte angenommen (Änderungen können vorgenommen werden):

- Widerstandsreihe E-24 Zeile 110 nr = 24
- Gesamtkettenwiderstand 100 kOhm Zeile 280 rg = 100000

Mit R49 kann die Empfindlichkeit des Peakmeters eingestellt werden. R49 ist gemäß der nachfolgenden Tabelle auszuwählen. Die Angaben beziehen sich auf einen Ketten-Gesamtwiderstand von 100 kOhm, wie er vom Programm zugrunde gelegt wird.

0 dBm = 775 mV nicht empfohlen  
4 dBm = 1000 mV R49 = 4,7 M  
6 dBm = 1550 mV R49 = 2,7 M

10 dBm R49 = 1,8 M  
14 dBm R49 = 1,2 M  
16 dBm R49 = 680 k

Der Feinabgleich erfolgt in jedem Falle mit dem Eingangspotentiometer. Um Offsetprobleme in den unteren Stufen zu umgehen, empfiehlt es sich, die um 10 dB erhöhten Pegelwerte zu wählen und das Peakmeter entsprechend höher anzusteuern.

Bild 4. Die Werte für die Kettenwiderstände lassen sich per Computerprogramm errechnen. Diese Schaltung ist im Peakmeter vierfach vorhanden.

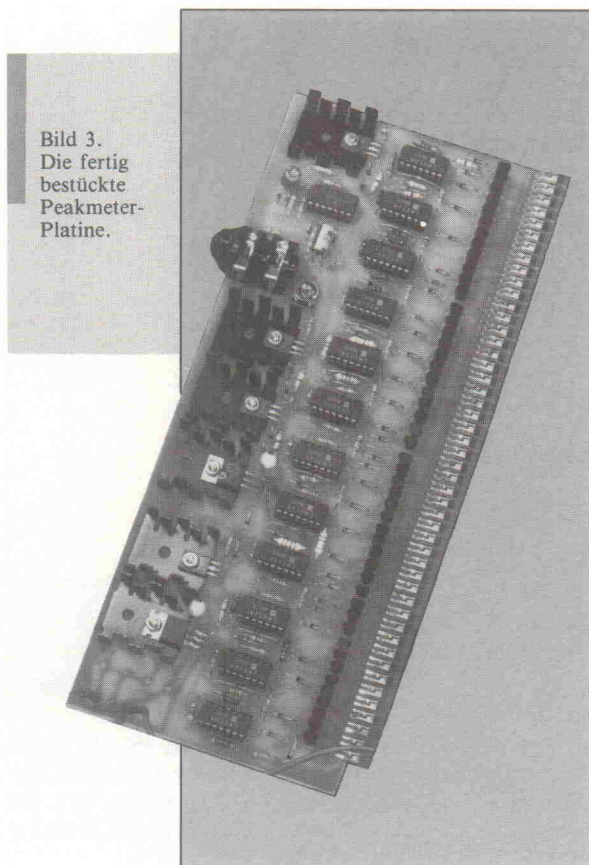
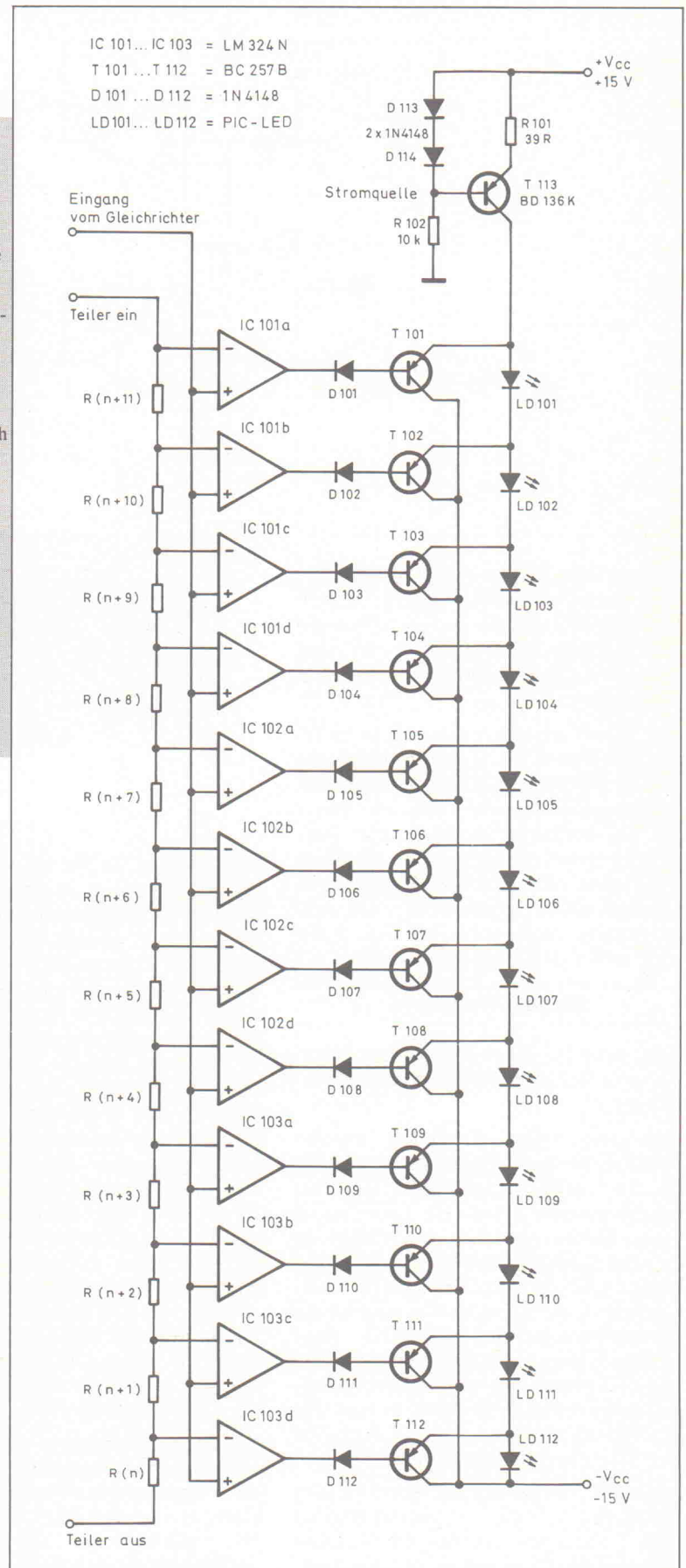
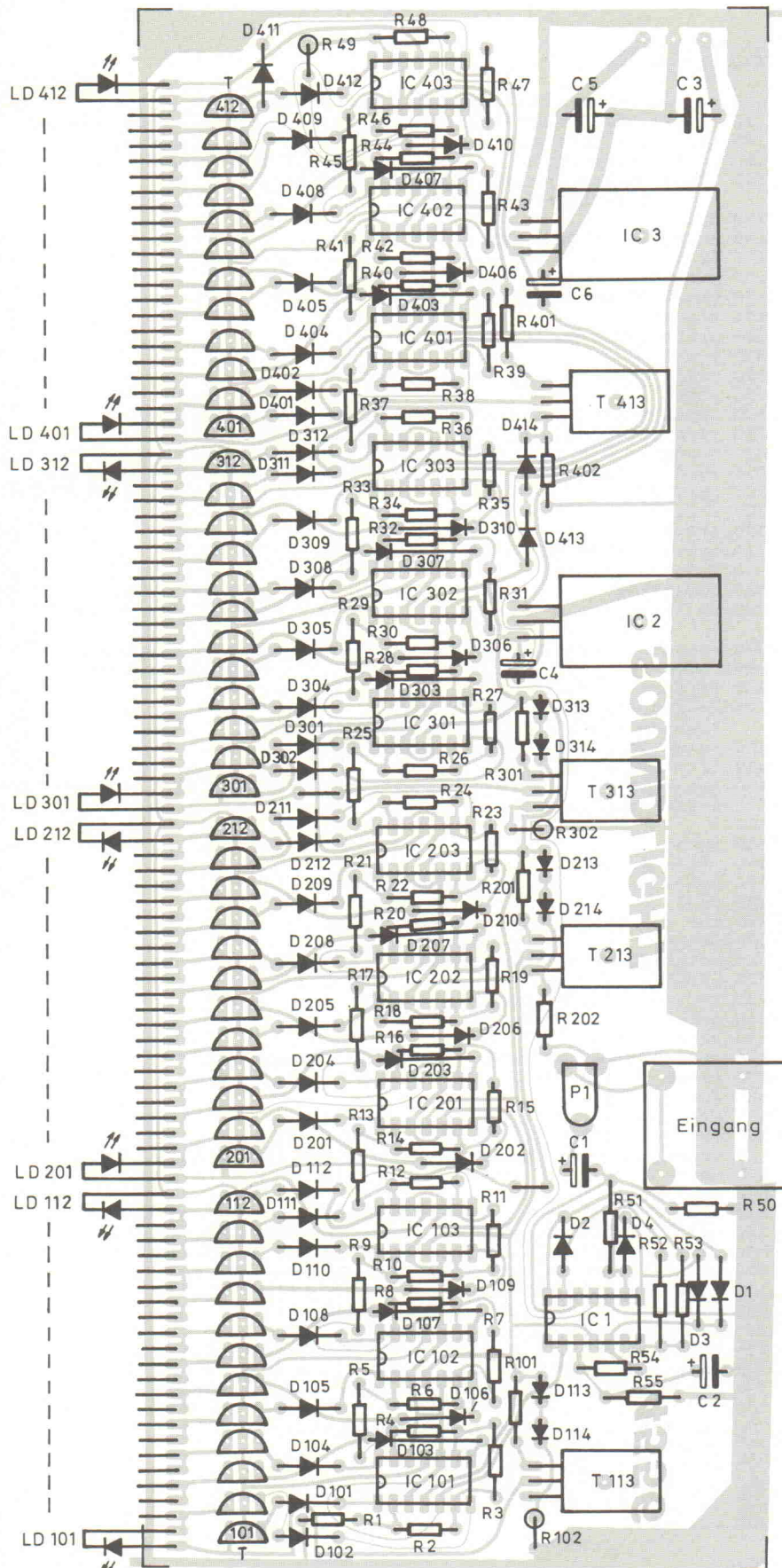


Bild 3.  
Die fertig  
bestückte  
Peakmeter-  
Platine.







## Stückliste

### — aktiver Gleichrichter —

Widerstände (alle 1/4 W; Toleranzangaben siehe Text)

R1...R48	siehe Tabelle 1
R50-55	47k
P1	Miniaturtrimmer 10k, liegend

### Kondensatoren

C1	10u/16 V
C2	1u/16 V
C3,5	1000u/40 V
C4,6	10u/16 V

### Halbleiter

D1...4	1N4148
IC1	TL074CN (TL084CN)
IC2	7815
IC3	7915

### — Anzeigezustufen —

#### Widerstände

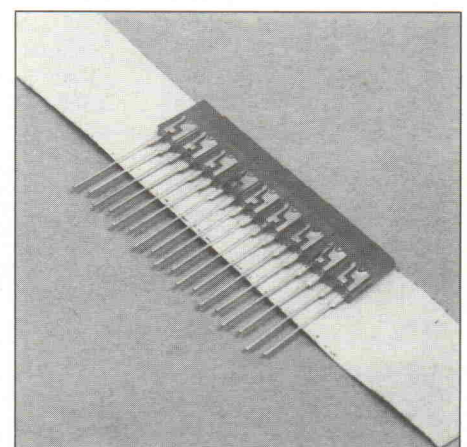
R101,201,301,401	39R, 1/4 W
R102,202,302,402	10k, 1/4 W

#### Halbleiter

D101...114, 201...214, 301...314, 401...414	1N4148
T101...112, 201...212, 301...312, 401...412	BC257B
T113,213, 313,413	BD136 (mit Kühlblech)
IC101...103, 201...203, 301...303, 401...403	LM324N
LD101...112, 201...212, 301...312,401	PIC-LED 2 x 5 mm, grün
LD402...412	PIC-LED 2 x 5 mm, rot

#### Sonstiges

1 Klinkenbuchse für Printmontage, 6 Winkelkühlbleche



... wenn nicht die Leuchtdioden wären. Ein Stück Isolierband hilft beim Ausrichten der LEDs. Bild 6.

Bild 5. Die Bestückung der Platine ist eigentlich kein Problem ...



Widerstand	Pegel	Widerstands-wert	Norm-reihen-wert
Nr.	[dB]	[Ω]	[Ω]
R 1	-65	17	18
R 2	-60	13	13
R 3	-57	13	13
R 4	-54	19	20
R 5	-51	25	24
R 6	-48	37	36
R 7	-45	53	51
R 8	-42	76	75
R 9	-39	100	100
R 10	-36	150	150
R 11	-34	130	130
R 12	-32	160	160
R 13	-30	210	220
R 14	-28.5	170	180
R 15	-27	220	220
R 16	-25.5	260	270
R 17	-24	310	300
R 18	-22.5	390	390
R 19	-21	440	430
R 20	-19.5	540	560
R 21	-18	620	620
R 22	-16.5	750	750
R 23	-15	890	910
R 24	-14	660	680
R 25	-13	750	750
R 26	-12	870	910
R 27	-11	930	910
R 28	-10	1100	1100
R 29	-9	1200	1200
R 30	-8	1300	1300
R 31	-7	1600	1600
R 32	-6	1700	1800
R 33	-5	1800	1800
R 34	-4	2200	2200
R 35	-3	2400	2400
R 36	-2	2800	2700
R 37	-1	3100	3000
R 38	0	3600	3600
R 39	1	3800	3900
R 40	2	4300	4300
R 41	3	4800	4700
R 42	4	5600	5600
R 43	5	6100	6200
R 44	6	6800	6800
R 45	7	7700	7500
R 46	8	8800	9100
R 47	9	9400	9100
R 48	10	11000	11000

Tabelle 2. Berechnung der Widerstands-Teilerkette für ein Peakmeter -65 dB bis +10 dB

## LISTING

```

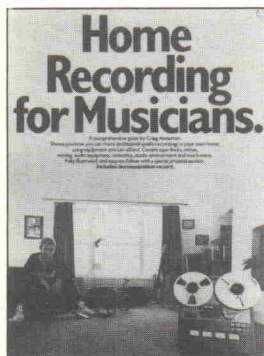
100 rem berechnung led-kette SOUNDLIGHT Peakmeter
110 nr=24: dim r(50),db(50),e(nr+1)          :rem nr = normreihe
120 print chr$(8);chr$(14)                  :rem kleinschrift
130 print chr$(147)                          :rem clear screen
140 print"Berechnung des Widerstandsteilers
    fuer LED-Peakmeter"

150 print
160 print"(C) SOUNDLIGHT 7/1986"
170 ll$= "-----"
175 print ll$
180 print"Ohmwerte wie berechnet..... S"
190 print
200 print"Ohmwerte auf 2 Stellen..... R"
210 print
220 print"Ohmwerte nach Reihe E"nr".... E"
230 print
240 input"Bitte Auswahl";mt$: mt$= chr$(asc(mt$)and127)
250 if mt$<>"e" and mt$<>"r" and mt$<>"s" then run
260 restore: for j=49 to 0 step-1: readx: db(j)=x: next
270 forj= 1 to nr+1 :readx: e(j)=x:next:      :rem reihe e24 lesen
280 rg=100000                                :rem gesamtwiderstand
290 r(0)=0
300 print
310 print"WIDERSTAND  dB-Wert  Ohmzahl  Reihe E";nr
320 print
330 forj=1to48                                :rem 48 led-stufen
340 rv=rv+r(j-1)                             :rem rv bis stufe
                                           :rem vorher
350 rs=rg*10^((db(j)-10)/20)                 :rem rstufe gesamt
360 rn=rs-rv                                 :rem wid.-zuwachs
380 if mt$="s" then 400
390 dp=int(log(abs(rn))/log(10))
    :rn=int(abs(rn)/(10^(dp-1)))*10^(dp-1)
400 print"R";j,"dB: ";db(j);tab(24)rn
420 if mt$<>"e" then 460
430 gosub750                                :rem suche e24-wert
440 print tab(33);rn
450 :
460 print ll$
465 r(j)=rn: next
470 rem ----ermittle neuen summenwert
480 rs=0
490 for j=1 to 48: rs= rs + r(j): next
500 print
510 print"Neuer Gesamtwiderstand ";rs;" Ohm"
520 print
530 rem neue db-teilung
540 print"Neue dB-Teilung"
550 print :rt=0
560 print"Stufe  dB_Soll  dB_Ist  Abweichung"
570 print
580 for j=1 to 48
590 rt=rt+r(j)
600 db=int(200*(log(rt/rs)/log(10))+.5)/10
610 print j,db(j),int(10*(db+10))/10,int(10*abs(db(j)-db-10))/10
620 next
630 end
640 rem 48 db-werte f. leds, eingeschlossen von nullen
650 data 0,10,9,8,7,6,5,4,3,2,1,0,-1,-2,-3,-4,-5,-6,-7,-8,-9,-10
660 data -11,-12,-13,-14,-15,-16.5,-18,-19.5,-21,-22.5,-24,-25.5
670 data -27,-28.5,-30,-32,-34,-36,-39,-42,-45,-48,-51
680 data -54,-57,-60,-65,0
690 rem datenwerte widerstandsnormreihe e24
700 rem datas mit wert '10' beenden
710 data 1,1.1,1.2,1.3,1.5,1.6,1.8,2.0,2.2,2.4,2.7,3.0
720 data 3.3,3.6,3.9,4.3,4.7,5.1,5.6,6.2,6.8,7.5,8.2,9.1,10
730 rem kann ggfs. auf e48 oder e96 erweitert werden
740 :
750 rem findet naechsten normreihenwert
760 x=1:b=99: rem einstiegswerte
770 q=abs(1-(rn/10^dp/e(x)))
780 if q<b then b=q: x=x+1: goto 770
790 rn= e(x-1) *10^dp
800 return

ready.

```





C. Anderton

## Home Recording for Musicians

New York 1978  
Amsco Music Publishers  
182 Seiten  
US ISBN 0825605015  
UK ISBN 0711902151

'A comprehensive Guide', eine verständliche Anleitung will dieses Buch sein, so steht es bereits auf dem Umschlag. Das haben schon viele Autoren von ihrem Werk behauptet. In diesem Fall hält jedoch der Inhalt, was das Etikett verspricht, mehr noch als das: Kaum ein Detail aus dem Bereich Home-recording erscheint dem Verfasser zu banal, um es nicht in geradezu epischer Breite zu erklären und anhand von Zeichnungen und Beispielen zu veranschaulichen. So dürfte wohl kaum eine andere Sound-Fibel existieren, die einem so liebenswert erläutert, wie sich doch Schall- und Wasserwellen gleichen, wie man ein Band einfädelt und wie man es fertigbringt, ein komplettes Tonstudio in einen einzigen Wandschrank zu zwingen. Alles mit Bildern, versteht sich. Nach der Lektüre dieses Buches weiß auch der vorher völlig ahnungslose, während des Studiums höchstens mit einem Wörterbuch bewaffnete Leser, wo es in der Studiotechnik ungefähr langgeht. 35 Seiten der Abhandlungen sind einfachen Nachbaupro-

jekten gewidmet, einem 6-Kanal-Mixer mit Baß/Höhen-Klangregelung, Halleinrichtung und Noise Gate. Keine weltbewegenden Schaltungen, aber nachbausicher mit Layouts und Bestückungsplänen dokumentiert.

Über die Gründe für den resignierten Gesichtsausdruck des Gitarristen auf dem Umschlagbild läßt sich nur spekulieren: Vielleicht hört er sich gerade die dem Buch beigelegte Demonstrations-schallplatte an und denkt so bei sich: 'Wenn meine Aufnahmen später auch mal so klingen sollten, dann: Gute Nacht!'

dg

J.M. Woram

## The Recording Studio Handbook

New York 1982  
ELAR Publishing Company, Inc.  
526 Seiten  
ISBN 0-914130-01-3

Was dem deutschen Toningenieur 'sein Webers' ist, bedeutet dem amerikanischen Sound-Engineer 'sein Woram'. Und die verschiedenen Mentalitäten zwischen den Nationen finden auch in den (Lehr-) Büchern ihrer Studio-Größen ihren Niederschlag: Während der eine, der Deutsche, dem stirnrunzelnd Studierenden die Geheimnisse der Studiotechnik mit puritanischer Sachlichkeit, Forschergeist, wissenschaft-

lichem Anspruch und daher auch, wenn möglich, anhand einer unbestimmten Integralgleichung um die Ohren haut, geht sein Kollege jenseits des großen Teiches deutlich lässiger zur Sache, vermittelt nicht Wissen, sondern Know-How. Zwischen beidem besteht durchaus ein Unterschied.

Der interessierte Leser wird vom Verfasser häufig in die Lage versetzt, das soeben gelernte in die Praxis umzusetzen und mit dem aufgeschlagenen Buch auf den Knien im eigenen Heimstudio zu experimentieren.

Das 'Recording Studio Handbook' kann jedoch auch mehr sein als lediglich ein Nachschlagewerk für den akuten Notfall, wenn bei Aufnahme oder Abmischung irgendwelche Probleme auftauchen. Seine anschauliche Sprache und die guten Illustrationen machen das Buch gleichwohl zu einer entspannenden Feierabendlektüre, die man auch ganz 'zweckfrei' durchlesen kann.

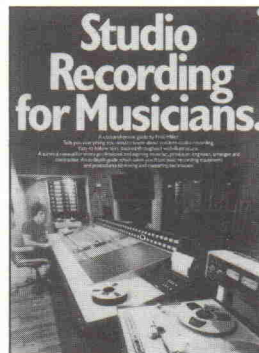
dg

F. Miller

## Studio Recording for Musicians

New York 1981  
Amsco Publication  
88 Seiten  
US ISBN 0825642043  
UK ISBN 0711902151

Auch wenn dieses Buch mit Homerecording nur sehr am Rande zu tun hat, lohnt sich die Lektüre doch für jeden Hobby-Tontechniker, der einmal über den eigenen Zaun und den Profis über die Schulter schauen möchte. In anschaulicher, manchmal augenzwinkernder Weise gewährt der Verfasser dem Leser Einblick in die Arbeitsweise kommerzieller New Yorker Studios, die — und das wird einem



beim Lesen schnell klar — alles andere als Sound-Bastelstuben mit dem Charisma kreativer Lässigkeit sind. Im Gegenteil: Vom Produzenten bis zum Aufnahmeassistenten gehorcht ein solches Unternehmen einer strengen Hierarchie mit exakt gegeneinander abgegrenzten Zuständigkeitsbereichen. Neben dem 'who is who' der Studiotechnik schildert das Buch unter anderem, wie Aufnahmesessions vorbereitet, Spurenpläne aufgestellt und Bänder geschnitten werden und welche technischen wie menschlichen Probleme während eines Projektes auftreten können.

Viele Leser werden, nachdem sie über die 127ste unbekannte Vokabel gefallen sind, zu dem gleichen Urteil gelangen: Ein überaus unterhaltendes wie informierendes Buch; schade eigentlich, daß keine deutsche Übersetzung existiert.

dg

J. Webers

## Tonstudio-technik

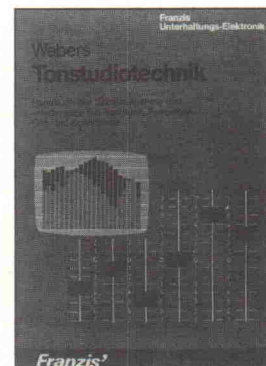
München 1985  
Franzis-Verlag GmbH  
727 Seiten  
ISBN 3-7723-5524-2

Webers 'Tonstudientechnik' ist vor rund einem Jahr in einer neuen, überarbeiteten Auflage erschienen und widmet sich, wie die früheren Ausgaben auch, intensiv dem akustischen und technischen Grundwissen für die Studiotechnik.

Die neue Auflage ist vor allen Dingen im Bereich der Digitaltechnik erweitert worden. Hier wird ein wirklich umfassender Einblick in die technischen Grundlagen sowie die speziellen Eigenschaften bestimmter Gerätetypen gegeben. Weiterhin beschreibt der Autor die für Rundfunk- und Schallplattenproduktionen spezifizierten Anlagen sowie Wandlungstechniken.

Das Buch ist in erster Linie ein theoretisches Grundlagenwerk. Auch die Kapitel über Raumakustik und Mikrofonierungstechniken sind überwiegend in mathematischer Form abgehandelt und daher auch kaum als praktische Anleitung zu verstehen.

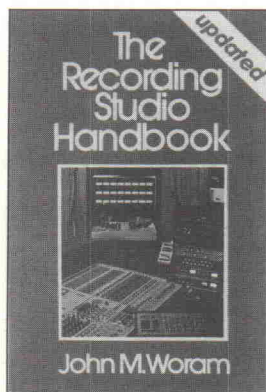
Das Kapitel über Effektgeräte und Synthesizer läßt — verglichen mit jenem, das die Digitaltechnik behandelt — leider ein gehöriges Maß an Aktualität vermissen. Moderne Mikrofonierungstechniken und



Aufnahmeverfahren in der U-Musik-Produktion sind ebenfalls nicht das Thema des Buches.

Trotzdem gehört Webers 'Tonstudientechnik' in das Handgepäck eines jeden, der sich ernsthaft oder sogar professionell mit Studiotechnik befassen will oder muß. Gerade für Tonmeister- und Toningenieurstudenten bietet das Buch eine hervorragende Grundlage zum Nachholen versäumter Vorlesungen.

gz





## Impressum:

elrad Studio 1  
Remix-Tonstudio im Selbstbau  
Verlag Heinz Heise GmbH  
Bissendorfer Straße 8  
Postfach 61 04 07  
3000 Hannover 61  
Telefon: 05 11/53 52-0  
Telex: 9 23 173 heise d  
Telefax: 05 11/53 52-129  
Kernarbeitszeit 8.30—15.00 Uhr

Technische Anfragen nur mittwochs 9.00—15.00 Uhr  
unter der Tel.-Nr. (05 11) 53 52-171

Postgiroamt Hannover, Konto-Nr. 93 05-308  
Kreissparkasse Hannover, Konto-Nr. 000-019968  
(BLZ 250 502 99)

Herausgeber: Christian Heise

Redaktion: Detlev Gröning (verantwortlich),  
Manfred H. Kalsbach, Johannes Knoff-Beyer,  
Michael Oberesch, Peter Röbbke

Ständiger Mitarbeiter: Eckart Steffens

Redaktionssekretariat: Lothar Segner

Technische Assistenz: Herbert Brykczynsky,  
Horst M. Dühring, Marga Kellner

Grafische Gestaltung: Wolfgang Ulber,  
Dirk Wollschläger

Fotografie: Lutz Reinecke

### Verlag und Anzeigenverwaltung:

Verlag Heinz Heise GmbH  
Bissendorfer Straße 8  
Postfach 61 04 07  
3000 Hannover 61  
Telefon: 05 11/53 52-0  
Telex: 9 23 173 heise d  
Telefax: 05 11/53 52-129

Geschäftsführer: Christian Heise, Klaus Hausen

Objektleitung: Wolfgang Pensler

Anzeigenleitung: Irmgard Ditzens

Disposition: Gerlinde Donner-Zech, Birgit Klisch,  
Sylke Teichmann

Vertrieb: Anita Kreutzer

Bestellwesen: Christiane Gonnermann

Herstellung: Heiner Niens

Satz und Druck:  
Hahn-Druckerei, Im Moore 17, 3000 Hannover 1  
Ruf (05 11) 70 83 70

### Vertrieb (auch für Österreich und die Schweiz):

Verlagsunion Zeitschriften-Vertrieb  
Postfach 57 07  
D-6200 Wiesbaden  
Ruf (06 121) 266-0

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.

Die gewerbliche Nutzung, insbesondere der Schaltpläne und gedruckten Schaltungen, ist nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers zulässig. Die Zustimmung kann an Bedingungen geknüpft sein.

Honorierte Arbeiten gehen in das Verfügungsrecht des Verlages über. Nachdruck nur mit Genehmigung des Verlages. Mit Übergabe der Manuskripte und Bilder an die Redaktion erteilt der Verfasser dem Verlag das Exklusivrecht.

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

Printed in Germany  
© Copyright 1987 by Verlag Heinz Heise GmbH

ISSN 0931-4180

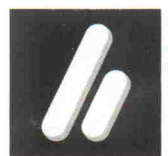
Titelidee: elrad  
Titelfoto:  
Lutz Reinecke

## Firmenverzeichnis zum Anzeigenteil

AME, Bonn .....	73
Art & Audio, Hamburg .....	95
A/S Beschallungstechnik, Schwerte .....	95
AUDIO ELECTRIC, Salem .....	104
Audio Electronic Studio, Düsseldorf .....	73
Diesselhorst, Minden .....	5
Doepper, Gräfelfing .....	95
DST, Döderlein, München .....	5
Eggemann, Neuenkirchen .....	4
elektroakustik, Stade .....	4
EXPERIENCE, Herbrechtingen .....	5
hifisound, Münster .....	73
jodo-electronic, Obertshausen .....	4
Müller, Stemwede .....	73
Musik Produktiv, Ibbenbüren .....	59, 95
musik spezial, Krefeld .....	72
Oehlbach-Kabel, Karlsruhe .....	95
Open Air, Hamburg .....	73
Rim, München .....	59
SOUND EQUIPMENT, Bochum .....	59
Soundlight, Hannover .....	59



Zwölfmal pro Jahr  
für alle, die alles wissen  
wollen: über professionelle  
Soft- und Hardwarekonzepte,  
moderne Programmiersysteme;  
Sprachen und Betriebssysteme;  
die Tests mit Tiefgang  
und Analysen mit Tiefgang  
suchen; die wissen, wie wichtig  
Grundlagen(beiträge) sind und  
denen einführende Artikel so teuer  
sind wie das Neueste vom Markt lieb.  
Immer zur Monatsmitte des  
Vormonats an Ihrem Kiosk,  
In der Bundesrepublik, Österreich,  
der Schweiz und den Niederlanden.





# HiFiBoxen

selbstgemacht

MIVOC  
Subwoofer 150 +  
Satelliten 200

PROCUS Intus

KEF Slim-Line

ETON 100 hex

CELESTION  
Trigon 10

FOCAL Kit 200

PEERLESS Profi I

VIFA MCS-1

McENTIRE Expo  
'Hybrid'

SIPE S 100

MAGNAT  
Minnesota II

AUDAX  
PRO TPX 21  
VOLT Concept 25 A  
NIMBUS Yellow

Jetzt  
am Kiosk!

ELECTRO-VOICE  
Kit 4

VISATON Monitor  
TL 473 D

CORAL Twin Set

IEM  
Argon HR 1

FOSTEX KWO 1

elrad  
extra 4

HEISE

