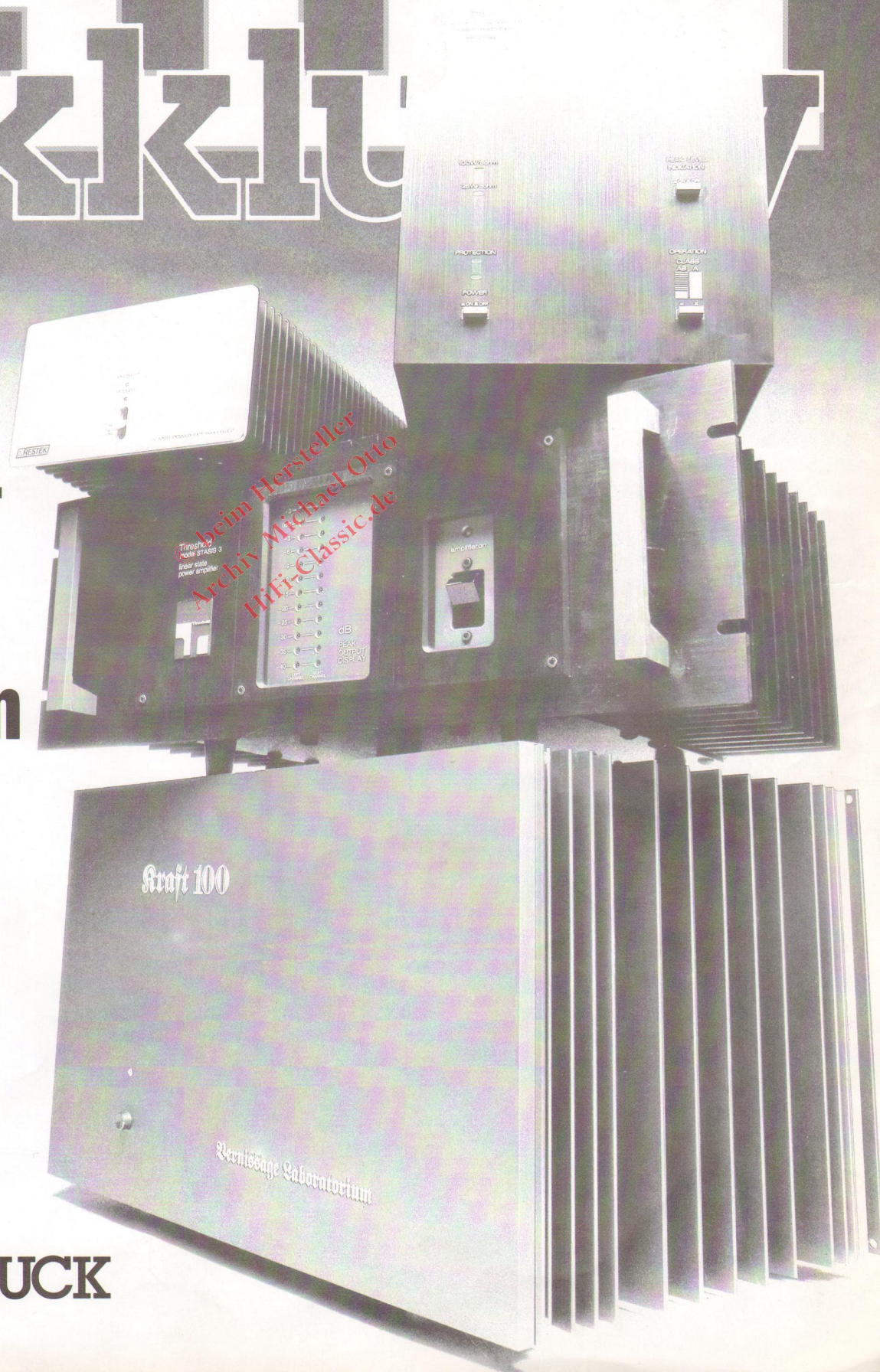


THAT exklusiv

Bahnbrechende
Impulse
in der Verstärker-
Technologie?

Die End-
stufen-
Avant-
garde im
Test



SONDERDRUCK

Mono, mit FETs und doppeltem Boden

Restek-Endstufe E2

Restek setzt mit dem Mono-amp E 2 den (Signal-) Weg des bereits in Heft 3/81 präsentierten Vorverstärkers V 2 konsequent fort. Die gerade in ihrer Schlichtheit bestechenden Schaltungskonzepte der Restek-Komponenten entbehren weder im allgemeinen noch bei der E 2 im besonderen der feinsten Ingredienzen wie Power-FETs und Videotransistoren. Der separate Aufbau der Verstärkerstufen in zwei Monoabteilungen sowie das gänzliche Fehlen von äußeren Einstellvorrichtungen lassen die kompromißlose Sachlichkeit und den unprätentiösen Stil ahnen, mit der man in Fuldabrück zu Werke geht.

Eigenschaften und Konstruktion

Äußerlich präsentiert sich die E 2 als kompakte, im Design zu Vorverstärker und Tuner passende Einheit. Die beiden Seitenflächen des Gehäuses werden ganz von den großen Kühlflächen eingenommen, deren Ecken abgerundet sind. Die Frontplatte aus dickem, eloxiertem Aluminium weist als einziges Bedienungselement den Netzschalter und die dazugehörige Kontrolleuchte

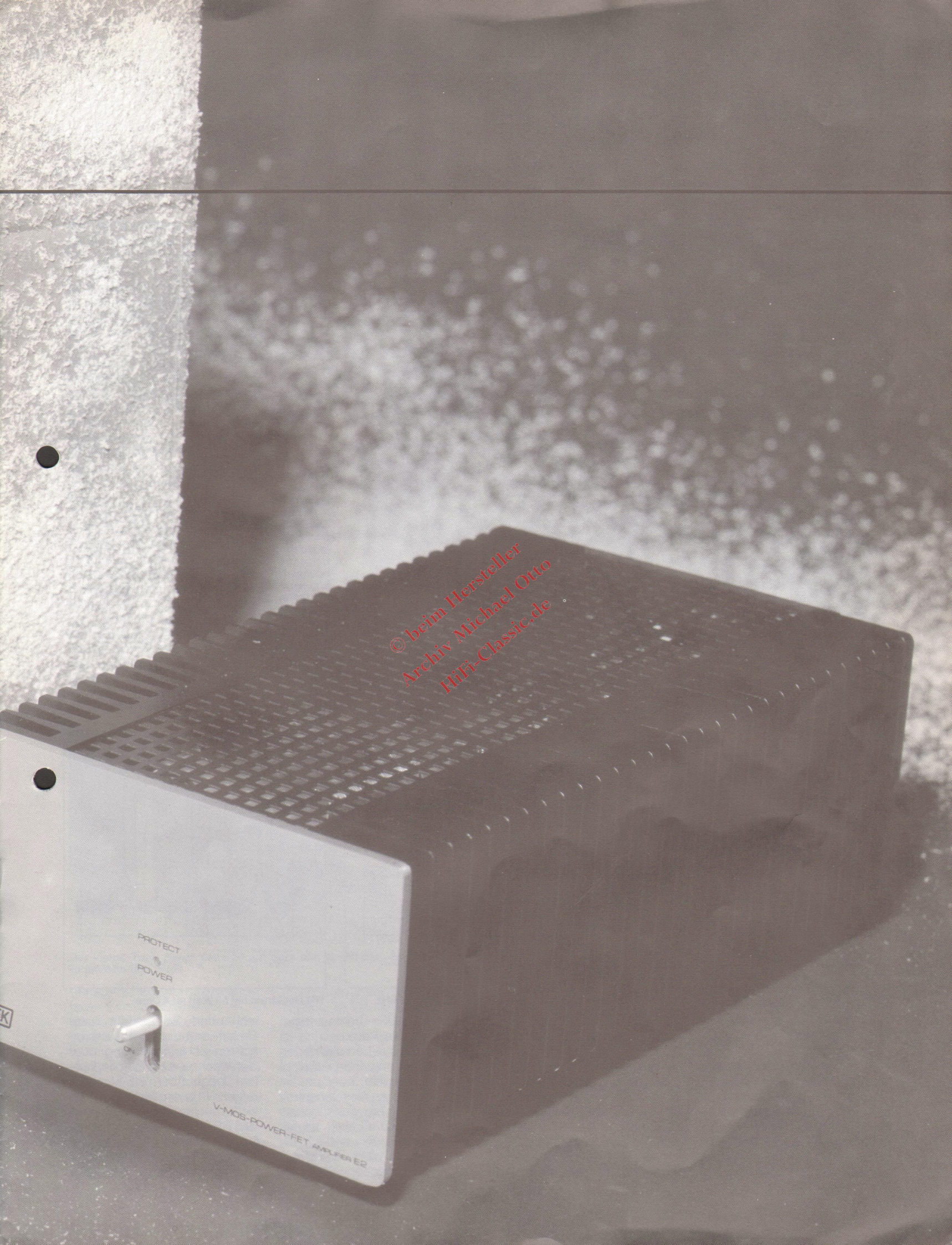
auf. Ein Blinken dieser LED nach dem Einschalten zeigt an, daß die Verzögerungsschaltung arbeitet, die erst nach einigen Sekunden den Lautsprecherausgang freigibt. Eine weitere LED signalisiert die Aktivierung der Schutzschaltung.

Auf der Rückseite der E 2 befinden sich die vergoldete Eingangsbuchse in Cinch-Ausführung sowie die stabilen Polklemmen für den Lautsprecheranschluß. Über eine »remote«-Buchse läßt sich die



V-MOS-POWER-FE

RESTE



© beim Hersteller
Archiv Michael Otto
HiFi-Classic.de

PROTECT

POWER

ON

V-MOS-POWER-FET AMPLIFIER E2

LABORBERICHT

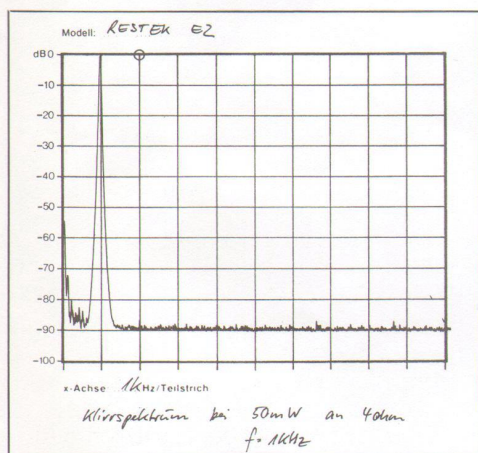
Restek-Endstufe E2



Rückansicht mit Anschlußfeld: Neben den Eingangsbuchsen und den Lautsprecheranschlußklemmen die Remote-Buchse für die Ferneinschaltung der Endstufe

mung, um Einstreuungen auf den übrigen Teil der Schaltung sicher zu verhindern.

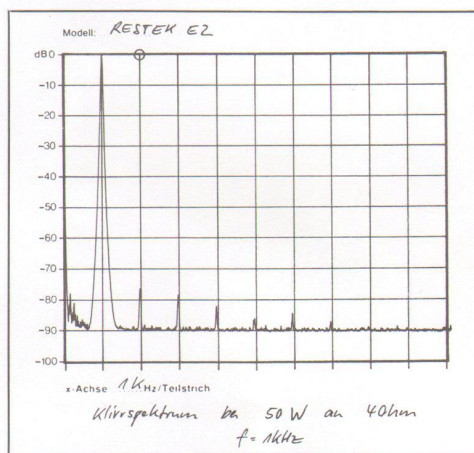
Wie schon durch den Schriftzug auf der Frontplatte ausgewiesen, verwendet Restek in der E 2 die sogenannten V-MOS-Power-FETs, also Feldeffekttransistoren, für den Leistungsbereich. Gegenüber konventionellen, bipolaren Endstufentransistoren weisen die FETs den großen Vorteil des hohen Eingangswiderstandes an der Steuerelektrode auf; hieraus resultiert die Möglichkeit der fast leistungslosen Ansteuerung. Die Treiberstufen müssen nicht stark belastet werden und ihre Arbeitspunkte lassen sich daher leichter für einen linearen Bereich optimieren. Zusätzlich weisen die Power-FETs einen sehr ausgedehnten Frequenzbereich auf, der im Normalfall bis weit in den Megahertzbereich reicht. Es ist jedoch nicht sinnvoll, diesen Frequenzumfang für das Übertragen von Signalen im Audiosektor auch auszunutzen, da man sich damit mehr Nachteile als Vorteile



Klirrspektrum bei 50 mW an 4 Ohm, $f = 1$ kHz

Endstufe auch ferneinschalten; dies erleichtert die Bedienung erheblich, wenn die Geräte in Nähe der Lautsprecher platziert werden.

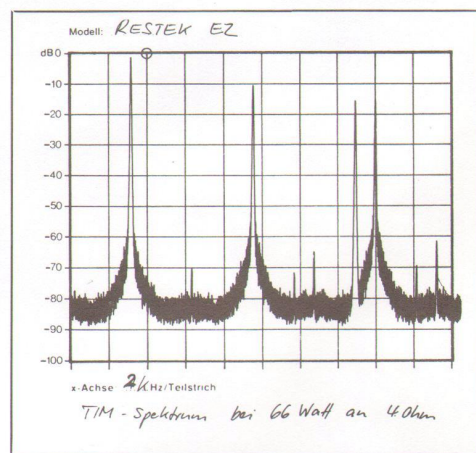
Die Vorstufe V-2 besitzt hierzu schon die entsprechenden Steuerausgänge. Der Netzanschluß der E 2 ist steckbar ausgeführt und primär mit 1,25 A abgesichert.



Klirrspektrum bei 50 W an 4 Ohm, $f = 1$ kHz

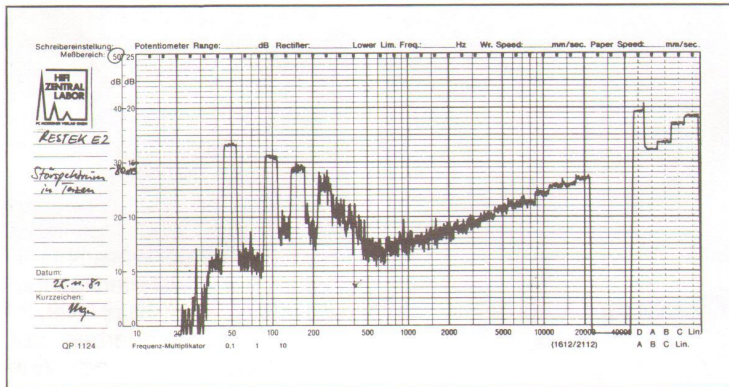
Nach Lösen einiger Inbusschrauben läßt sich das Innenleben des Gerätes in Augenschein nehmen. Die gesamte Elektronik ist auf zwei Platinen aufgeteilt, wovon eine in der unteren Etage des Gehäuses das recht aufwendige Netzteil enthält. Darüber befindet sich die eigentliche Verstärkerelektronik. Alle Bauteile machen ei-

nen qualitativ hochwertigen Eindruck, die Verarbeitung ist sehr sauber. Lediglich den Netztrafo könnte man vielleicht noch verkapseln, aber das ist eine optische Angelegenheit und hat auf die Funktion als solche keinen Einfluß, es sei denn, man verwendet das nicht gerade billige Mu-Metall zur magnetischen Abschir-

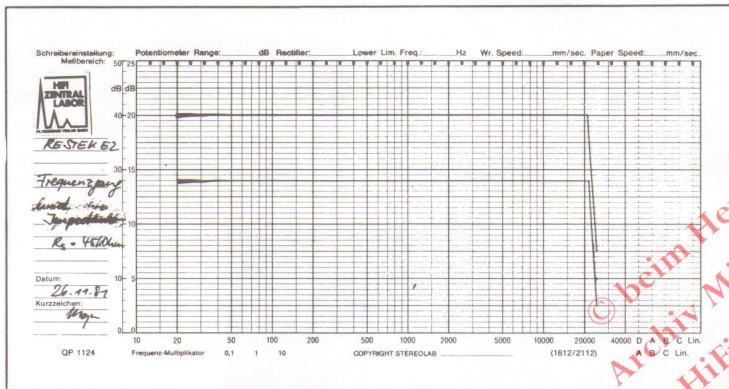


TIM-Spektrum bei 66 Watt an 4 Ohm

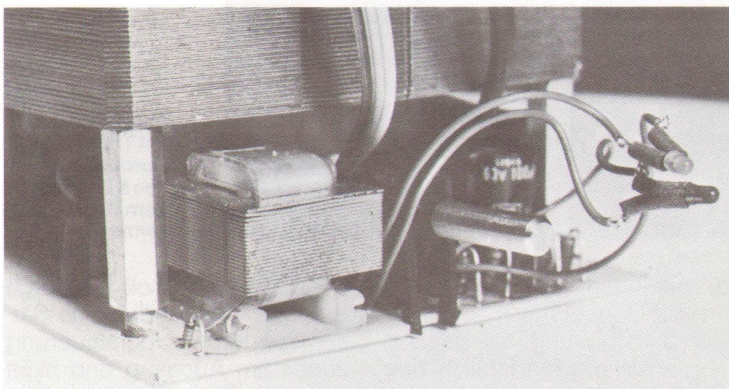
einhandelt. So besteht unter Umständen die Gefahr der erhöhten Schwingneigung oder der wachsenden Empfindlichkeit gegenüber HF-Einstreuungen. In einer wichtigen Hinsicht macht sich die Fähigkeit des FETs zum Übertragen hoher Frequenzen jedoch sehr positiv bemerkbar: seine »Schnelligkeit« wird in der Re-



Störpektrum in Terzen



Frequenzgang und Impedanz

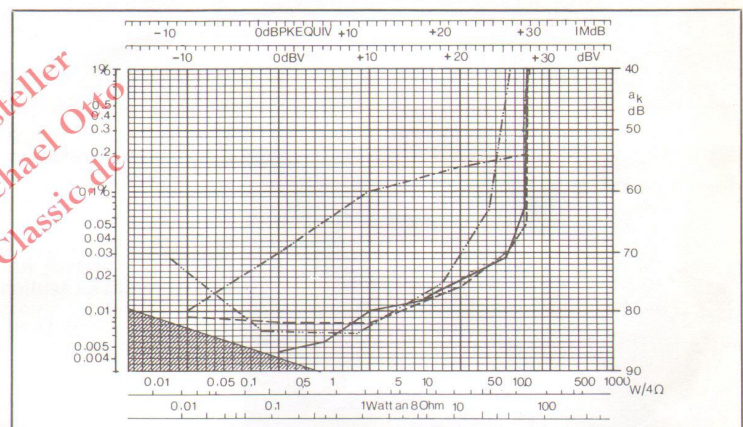
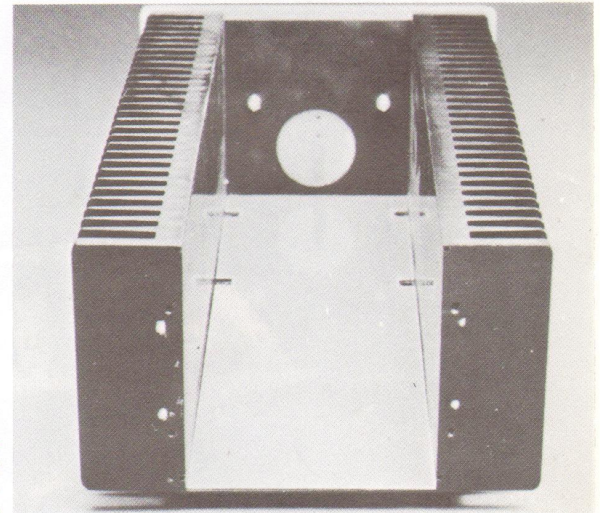


Der kleine Trafo hängt dauernd am Netz und speist die »Remote«-Einschaltmöglichkeit

gel von einem normalen bipolaren Leistungstransistor nicht erreicht. Dies beruht auf der inneren Struktur des Halbleiterchips, der fast keine Ladungsspeicherung vornimmt und somit einen hohen Strom ohne nennenswerte Verzögerung schnell schalten kann. In der E 2 werden komplementäre FETs verwendet, wie überhaupt die gesamte Schaltung komplementär-symme-

trisch aufgebaut ist. Die Konzeption ist relativ einfach, ein Tatbestand, der eine bestimmte Entwicklungsphilosophie widerspiegelt: aktive Bauteile, die man von vornherein wegläßt, können keine Probleme durch Verzerrungen oder Rauschen verursachen, und das Signal erreicht auf möglichst wenig Umwegen den Lautsprecher. Die Eingangsschaltung der E

Restek-Verstärker ohne »Innenleben«



Leistungsverzerrungsdiagramm:
—— 1 kHz links, ——— 40 Hz links, - - - - 10 kHz links,
- - - - - IM

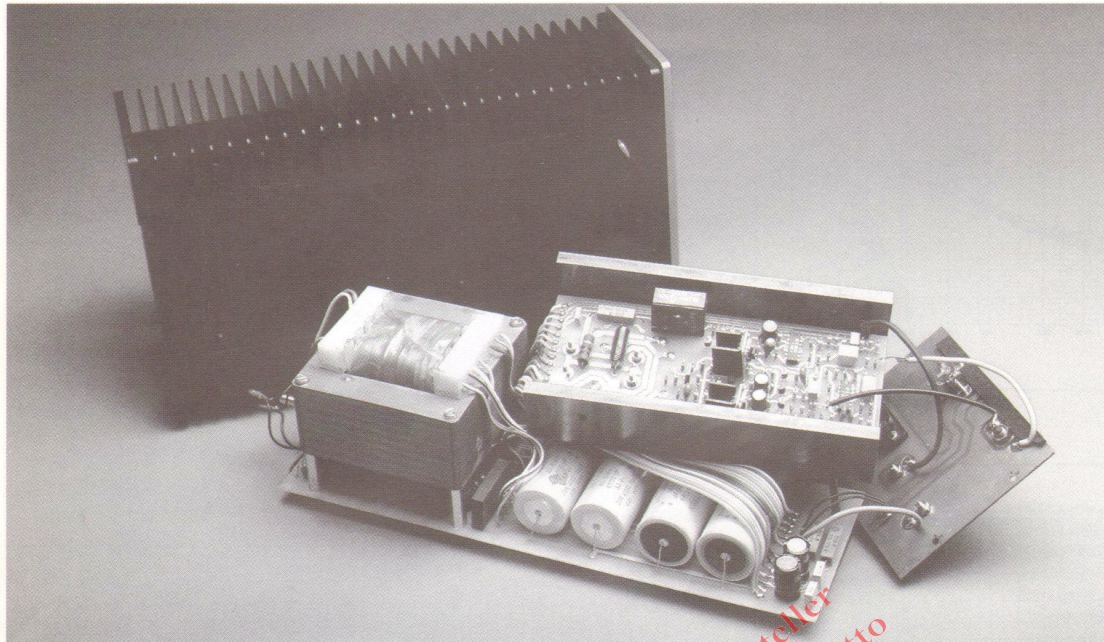
2 weist mit bipolaren Transistoren kaskodierte FETs auf. Alle Verstärkerstufen sind gleichspannungsgekoppelt, durch Einfügen oder Trennen einer Drahtbrücke läßt sich das Gerät entweder als DC- oder AC-Verstärker betreiben. Restek empfiehlt jedoch den Betrieb in Wechselspannungskoppelung, um eventuelle Probleme durch Offsetspannungen aus vorgeschalteten Vorverstärkern zu vermeiden.

Die Ansteuerung der Endstufentransistoren erfolgt durch Videotransistoren als Treiber; Restek will damit sicherstellen, daß auch die Vorstufen an die hohe Grenzfrequenz und Schnelligkeit der Power-FETs angepaßt werden. Video-Transistoren finden sich als aktive Bauteile in allen Bereichen, in

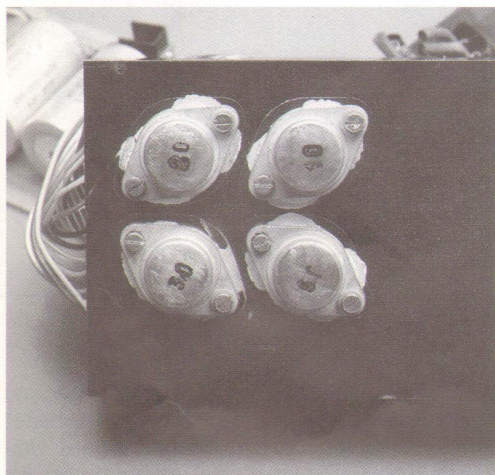
denen hohe Frequenzen mit mittlerer Leistung verarbeitet werden müssen, so zum Beispiel in den Ablenkverstärkern von Fernsehgeräten oder Oszillographen. Wie die FETs sind sie auf kurze Freiwerdzeiten ausgelegt, das heißt, sie schalten sehr schnell. Dies führt bei Audio-Anwendungen zu den bereits erwähnten Vorteilen, wobei zusätzlich negative Einflüsse auf die Gegenkopplungsschleife vermieden werden, weil die Zeitverzögerung, mit der das Gegenkopplungssignal vom Ausgang zum Eingang rückwirkt, sehr klein gehalten werden kann. Dies nimmt sich in bezug auf die Vermeidung von dynamischen Verzerrungen sowie die Stabilität an komplexen Lasten positiv aus; laut Herstellerangabe ist auch noch der Betrieb

LABORBERICHT

Restek-Endstufe E2



stroms als Abschaltkriterium heranzieht. In diesem Überlastungsfall trennt ein Relais das Gerät vom Netz, und die Kontroll-LED auf der Frontplatte leuchtet auf. Nach Beseitigung der Störung und nach Herausziehen und Wiedereinstecken des Netzsteckers ist das Gerät erneut einsatzbereit. Neben der erwähnten Schutzschaltung weist das Netzteil noch die Besonderheit auf, daß Treiberstufe und Ausgangsstufe mit getrennten Spannungen versorgt werden, wobei die an den Endtransistoren anliegende Spannung ± 46 Volt beträgt, die stabilisierte Versorgungsspannung der Treiber mit ± 52 Volt aber etwas höher liegt. Da die Aussteuerbarkeit einer Verstärkerstufe von ihrer Betriebsspan-

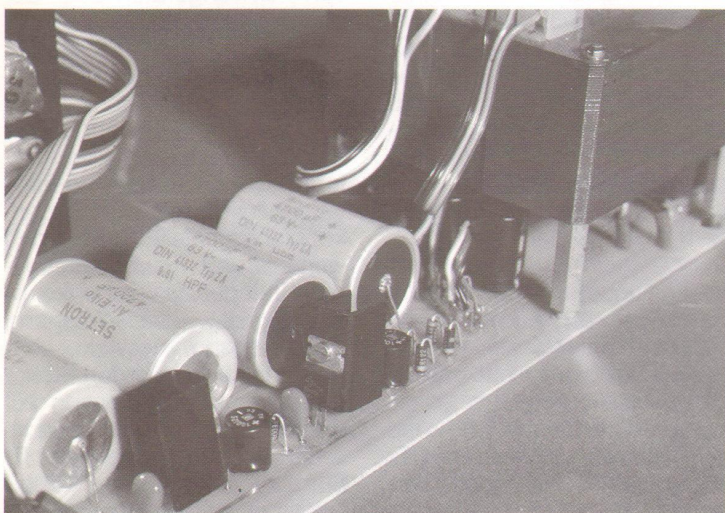


Die Platinen lassen sich einfach herausziehen. Oben die Treiberplatine, unten das Netzteil, Anschlüsse seitlich.

Die HEX-FETs. Man beachte, daß die Bezeichnungen entfernt wurden.



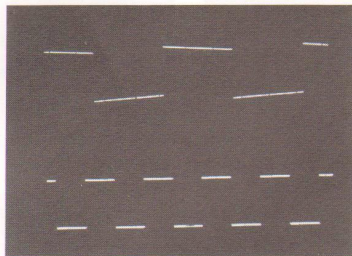
Eingangsstufe mit Treibertransistoren, nur an den Kühlkörpern zu erkennen.



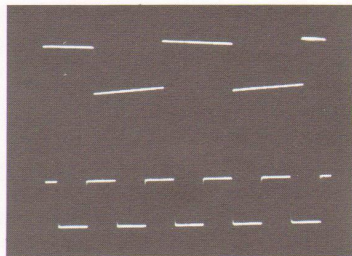
Netzteil mit Vorstufenstabilisierung

an niedrigen Impedanzen von 1 bis 2 Ohm möglich. Zur Stabilisierung der gesamten Schaltung hinsichtlich des DC-Offsets und der Temperaturdrift verwendet Restek einen OP-Amp-Servoverstärker, der eventuell am Ausgang auftretende Differenzspannungen ausregelt. Die E2 wartet mit keinerlei Schutzschaltungen konventioneller Art auf, die sich im klanglichen Bereich eventuell durch Begrenzung und damit durch Verzerrungen bemerkbar machen könnten. Es wird vielmehr eine Schaltung verwendet, die in Form einer Überstromsicherung das Integral des Netzteil-

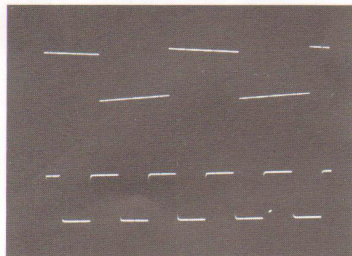
nung abhängt, soll hierdurch erreicht werden, daß eine Sättigung durch Übersteuerung zuerst am Ausgang und nicht schon in den Vorstufen auftritt. Auch diese Maßnahme dient folglich der Vermeidung von dynamischen Verzerrungen. Insgesamt macht die Schaltungskonzeption einen wohl-durchdachten Eindruck. Erwähnenswert erscheint noch, daß die E2 laut Herstellerangabe im Kleinleistungsbereich als Class-A-Verstärker arbeitet; dies ergibt sich eigentlich automatisch aus dem Tatbestand, daß Power-FETs einen höheren Ruhestrom als bipolare Transistoren benötigen. Im



Rechtecke an reeller Last, $P_a = 5 \text{ W}$, oben 40 Hz, unten 10 Hz



Rechtecke an komplexer Last, $P_a = 5 \text{ W}$, oben 40 Hz, unten 10 kHz



Rechtecke an 8 Ohm/2 μF , $P_a = 5 \text{ W}$, oben 40 Hz, unten 10 kHz

übrigen Leistungsbereich ist AB-Betrieb vorgesehen.

Meßwerte und Kommentar

Bei den Messungen zeigte sich, daß die E2 138 Watt an 4 Ohm bei 1 % Klirr leistet; an 8 Ohm sind es 105 Watt. Der Frequenzumfang reicht von 2,5 Hz bis 170 kHz und ist im Hörbereich linealglatt. An TIM-

Verzerrungen wurden bei 66 Watt 0,23% gemessen; es muß allerdings erwähnt werden, daß dieses Ergebnis mit der recht strengen TIM-100-Methode erzielt wurde. Vielleicht hat sich hier ausgewirkt, daß die Leistungsbandbreite mit 100 kHz niedriger liegt als der Frequenzumfang. Die übrigen, an 4 Ohm gemessenen Verzerrungen sind sehr gering, lediglich die 40-Hz-Kurve zeigt einen zunächst linearen und dann abgeflachten Anstieg bis zum Clipping. Als sehr gut muß das Klirrspektrum bei kleinen Ausgangsleistungen betrachtet werden, sicherlich eine Folge des vollkomplementären Schaltungskonzeptes. Der Dämpfungsfaktor der E2 liegt bei Werten um 40, was in der Praxis völlig ausreicht. Eingangsimpedanz und Empfindlichkeit sind gut

gewählt, Anschlußprobleme mit Vorverstärkern dürfte es nicht geben. Das Verhalten an ohmschen und komplexen Lasten ist tadellos, die kaum sichtbaren Flanken der Rechtecke zeigen, daß Spannungssprünge gut verarbeitet werden. Auch die Störgeräusche am Ausgang geben keinen Anlaß zur Kritik, -78 dB Geräuschspannungsabstand dürften allen Erfordernissen gerecht werden. Ein eventuell nützliches Ausstattungsdetail wären Pegelsteller. Unter Berücksichtigung aller Ergebnisse kann man die Restek E2 guten Gewissens als hochwertiges Gerät einstufen. Ob und inwieweit die verwendeten FETs klangliche Unterschiede zu anderen Geräten bewirken, muß einem Hörtest vorbehalten bleiben.

Gerhard Köhler

MESSPROTOKOLL ENDVERSTÄRKER Modell RESTEK E2

Testingenieur: Marquardt
Datum: 25.11.81
Seriennummer: 200084

aus Verzerrungsdiagramm:

Klirrfaktor	40 Hz	1 kHz l/r	10 kHz	IM
bei -1 dB (unter 1%)	0,05%	0,07%	0,17%	0,3%
bei 5 Watt	0,01%	0,01%	0,1%	0,01%
bei 50 mW	0,009%	0,004%	0,013%	0,013

Sinusleistung (Maximal bei 1%)

		links
4 Ohm	40 Hz	23,5 V = 138 W
	1 kHz	23,5 V = 138 W
	10 kHz	23,5 V = 138 W
8 Ohm	40 Hz	29 V = 105 W
	1 kHz	29 V = 105 W
	10 kHz	29 V = 105 W

Dauertonleistung (Maximal bei 1%, 1 kHz über 10 min. an 4 Ohm) 235 V = 138 W

Frequenzumfang 2,5 Hz bis 170 kHz

Leistungsbandbreite 2,8 Hz bis 100 kHz

TIM-100-Verzerrungen bei 66 Watt mit 0,23%

Ausgangswiderstand (Dämpfungsfaktor)

	Spannungsverh.	R_i	Dämpfungsfaktor
			4 Ohm/ R_i
bei 40 Hz	4,547 4,440	= 0,19279 Ohm	= 41
bei 1 kHz	4,570 4,464	= 0,18996 Ohm	= 42
bei 10 kHz	4,570 4,454	= 0,20835 Ohm	= 38

Eingangsempfindlichkeit

Verstärkungsfaktor $V = 25$

Empf. für 5 Watt Ausgangsleistung

180 mV

Empf. für Vollaussteuerung

940 mV

Eingangsimpedanz

45 kOhm

Störgeräusche

	bezogen auf 5 W	bezogen auf 50 mW
Fremdspannung	0,105 mV = -92,5 dB	0,12 mV = -71,5 dB
Geräuschspannung	0,056 mV = -98 dBA	0,056 mV = -78 dBA

Abmessungen (BxHxT)

18x11x37 cm

ungefährer Handelspreis (pro Stück)

DM 1350,-

Vertrieb: Restek Elektronik, Untere Feldstr. 13, 3501 Fuldebrück