

Höherer Aufwand bringt besseren Sound

Träume werden wahr

Gitarren-Verzerrer mit allen Finessen

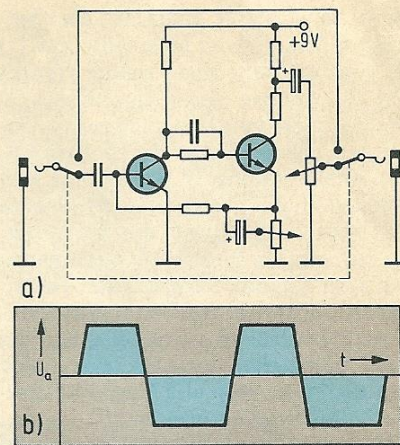
Die Elektro-Gitarristen sind anspruchsvoll geworden: der Kratz-Sound von 1965 ist passé, der Gitarrenton soll zwar aggressiv klingen, aber nicht zum Geräusch ausarten. Hier ist eine nachbausichere Schaltung, die Sound-Träume wahr macht.

Die ersten Verzerrer kamen Anfang der 60er Jahre auf. Die Schaltungen bestanden aus einem einfachen Transistorverstärker, etwa wie in Bild 1a; sie wurden durch das Gitarrensinal kräftig übersteuert. Das Ausgangssignal hatte also Trapezform (Bild 1b). Zwei Drehknöpfe und ein Tretschalter waren die einzigen Bedienungselemente; damit konnte man die Verstärkung, also den Grad der Verzerrung, sowie die Lautstärke des verzerrten Signals einstellen bzw. zwischen verzerrtem und normalem Klang umschalten. Diese Gerätchen mit dem Namen „Fuzz Box“ oder ähnlich wurden jahrelang in großen Mengen produziert; ihr Klang war meist ausgesprochen häßlich und kratzend, weshalb sie bis heute auch weitgehend wieder von der Bildfläche verschwunden sind. Wenig später folgten Ausführungen mit

Zweiweg-Gleichrichterschaltungen – ihr Klang war noch wesentlich schärfer. Auch diese gibt es kaum noch.

Der Sound im Wandel der Zeit

Die Soundvorstellungen der Musiker haben sich gewandelt. Der alte Kratz-sound ist verpönt; der Gitarrenton soll zwar aggressiver sein als bei „sauberer“ Wiedergabe, aber die spezielle klangliche Eigenart des verwendeten Gitarrenmodells soll noch erhalten bleiben. Als Ideal gilt allgemein der Klang eines übersteuerten Röhrenverstärkers. Außerdem wird eine größere Vielseitigkeit bei der Klangregelung gewünscht.



① Einfachst-Verzerrer aus der Anfangszeit der Gitarrenelektronik:

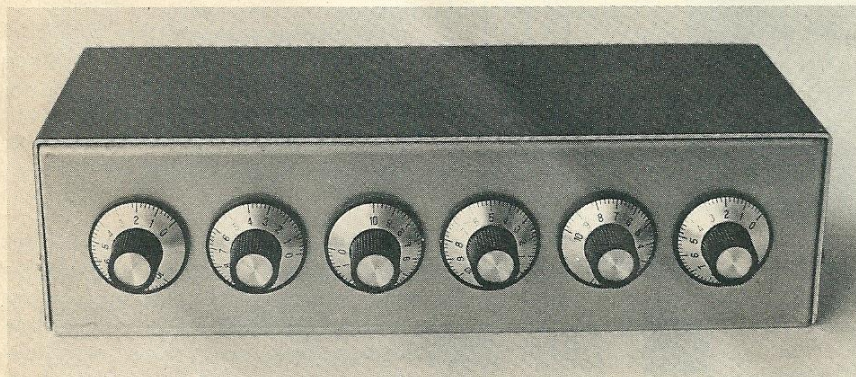
a) Schaltprinzip (ohne Bauteilwerte, da nicht zum Nachbau empfohlen), b) Kurvenform des Ausgangssignals (Kurvenzug scharf abgeschnitten, nicht notwendigerweise symmetrisch, wenn Arbeitspunkt außerhalb der Mitte)

Der Trend führte zu modernen Verzerrern mit ICs statt Einzeltransistoren und antiparallelen Dioden, die das Signal weich abkappen (Bild 2). Die Umschaltung zum unverzerrten Klang erfolgt nun rein elektronisch ohne Knacken; Klangregler ermöglichen ein Anheben oder Absenken der Höhen. Namen wie „Tube Screamer“ kamen auf. Dennoch sind viele Musiker mit diesen Geräten immer noch nicht völlig zufrieden.

Viele Faktoren spielen mit

Will man den Sound noch weiter verbessern, so darf man den Blick nicht nur auf den eigentlichen Verzerrer beschränken. Auf die Auslegung der gesamten Tonübertragungskette kommt es an, von der Gitarre bis zum Lautsprecher. Der letztendlich erzielte Sound hängt von weit mehr Faktoren ab als nur von der Art der Kurvenabplattung. Im einzelnen sind folgende Faktoren zu berücksichtigen:

1. In den Tonabnehmern der E-Gitarre werden die Saitenschwingungen, deren Frequenzspektrum bis über 20 kHz hinaufreicht, in elektrische Wechselspannungen umgewandelt. Die Übertragung hat aber keinen linearen Frequenzgang,

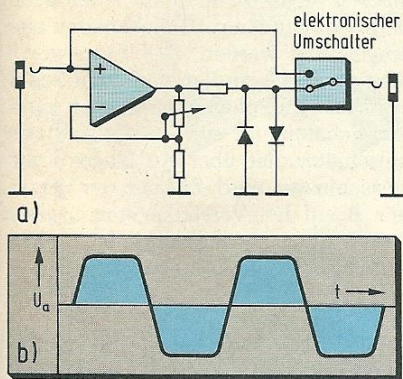


Ein „ausgereifter“ Gitarrenverzerrer. Mit den sechs Potentiometern ist er zwar nicht leicht beherrschbar, läßt für den Musiker aber keine Wünsche offen

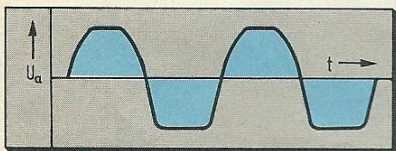
sondern entspricht einem Tiefpaß 2. Ordnung mit mehr oder weniger ausgeprägter Resonanzüberhöhung. Die Resonanzfrequenzen der einzelnen Tonabnehmertypen sind unterschiedlich [1], meist zwischen 2 und 5 kHz.

2. Der Verzerrungseffekt kommt durch die Abplattung der Signalkurve zustande. Die Verzerrer vom alten Transistor-Übersteuerungstyp schneiden die Kurve oben und unten scharf ab (Bild 1b). Dabei entstehen Obertöne, deren Frequenzspektrum sehr hoch hinaufreicht, bis über die Grenze des Hörbereichs hinaus. Gehörmäßig äußert sich das in einem sehr starken Geräuschanteil im Klang, der als lästig empfunden wird. Bei abklingendem Gitarrenton geht der Übergang vom verzerrten zum unverzerrten Klang relativ plötzlich vor sich, was ebenfalls stört. Bei Verzerrung mit antiparallelen Dioden, wo die Abplattung weicher geschieht (Bild 2b), ist der Anteil an hochfrequenten Obertönen geringer, der Klang deshalb gefälliger. Der Übergang vom verzerrten zum unverzerrten Klang ist außerdem weicher, was von Musikern bevorzugt wird.

Geschieht die Abplattung bei beiden Halbwellen symmetrisch, so entstehen



② **Verbesserter Verzerrer:** a) Schaltprinzip, b) Ausgangssignal (weich abgeplattet, symmetrisch)



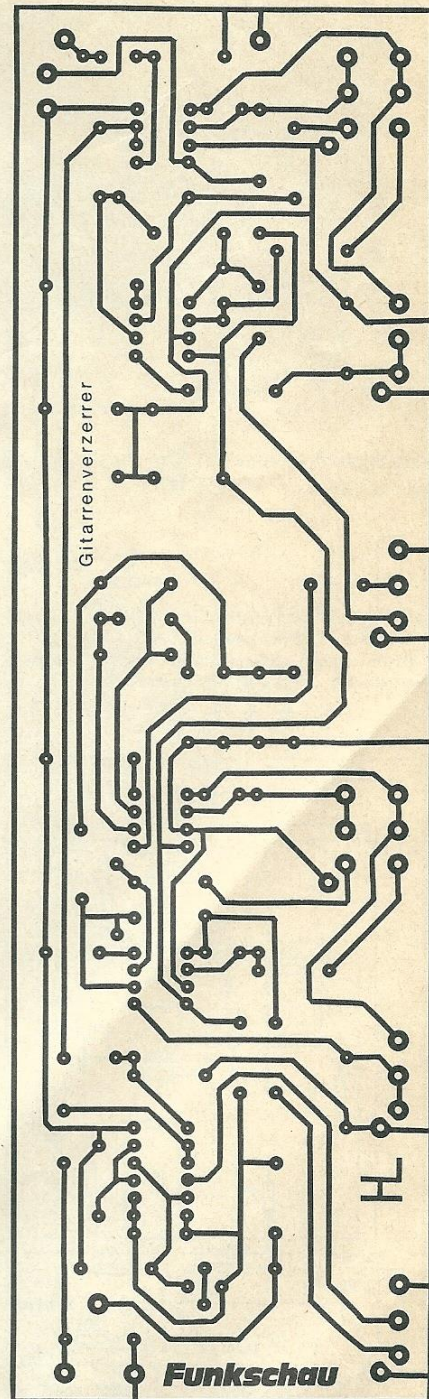
zusätzlich nur Obertöne mit ungeradzahligem Vielfachen der Grundfrequenz. Bei unsymmetrischer Abkappung werden darüber hinaus auch geradzahlig Vielfache erzeugt. Letzteres ist bei einer übersteuerten Röhre (Triode) der Fall. Will man deren Verhalten mit Halbleitern nachahmen, so reicht die einfache Diodenschaltung von Bild 2a nicht aus. Es genügt aber bereits, zu zwei antiparallelen Siliziumdioden eine einzelne Germaniumdiode parallelzuschalten. Diese fängt bereits bei etwa 0,3 V an zu leiten und kappt so die positive Halbwelle zuerst ab (Bild 3). Bei etwa 0,6 V setzen dann die beiden Siliziumdioden mit ihrem sehr viel kleinerem Durchgangswiderstand ein und begrenzen das Signal symmetrisch. Bei großer Aussteuerung hat die Germaniumdiode keine Wirkung mehr. Auf dieser Basis arbeitet die in Bild 4 beschriebene Verzerrerschaltung.

3. Der Klang hängt ferner sehr stark von den Eigenschaften des nachfolgenden Verstärkers und des Lautsprechers ab. Optimal ist eine Anhebung im Präsenzbereich (etwa 2...5 kHz) und dann ein steiler Abfall zu den Höhen hin (oberhalb etwa 6 kHz). Die üblichen Gitarrenlautsprecher sind bereits auf diesen Frequenzgang hingezüchtet; mit dem Höhensteller im Verstärker ist dann noch eine gewisse Variation möglich, allerdings in engen Grenzen. Ungeeignet sind Lautsprecher mit starker Höhenwiedergabe, also etwa mit Metallkalotte, oder zusätzliche Mittel-/Hochton-Hörner. Hiermit kommt das unerwünschte Kratzgeräusch voll zur Wirkung.

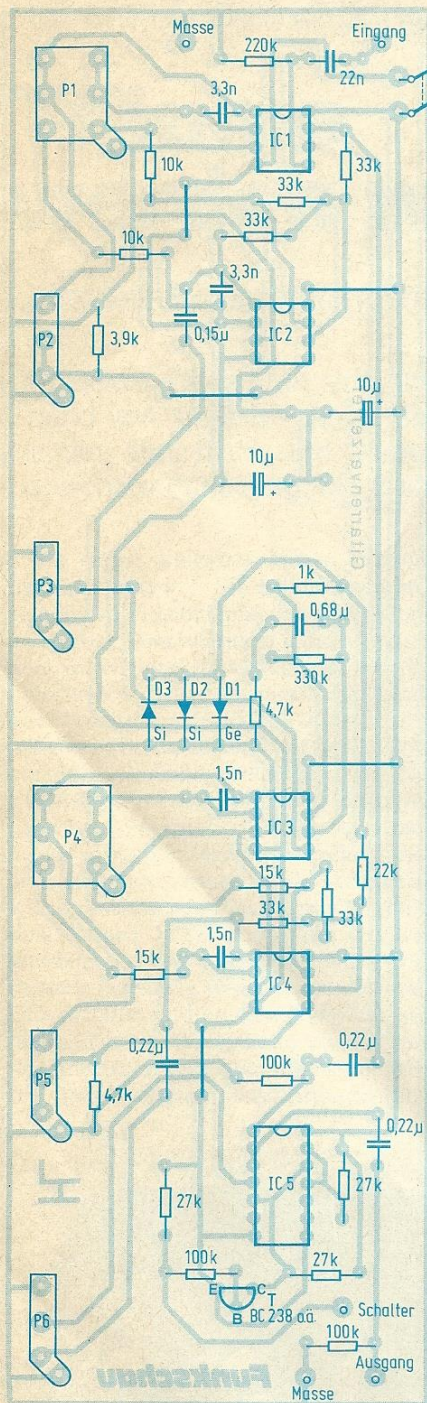
Die Lösung: Verzerrer mit Filtern

In vielen Fällen ist das Kratzen auch noch mit dem bestgeeigneten Lautsprecher zu stark, bzw. der Klang ist ganz

③ **Unsymmetrische Verformung** durch eine zusätzliche einzelne Germaniumdiode parallel zu den zwei Siliziumdioden – man sorgt damit für geradzahlig Obertöne



⑦ **Platinenvorlage** in Originalgröße. Damit diese Vorlage zum Belichten einer Platine verwendet werden kann, ist die Rückseite blau bedruckt



⑧ **Bestückungsplan.** Für die Kondensatoren sind zum Teil mehrere Löcher vorgesehen, damit verschiedene Rastermaße verwendet werden können

allgemein noch unbefriedigend. Abhilfe bringt ein Tiefpaß zwischen Verzerrer und Verstärker, am besten mit Resonanzüberhöhung im Präsenzbereich, die sich nach Geschmack einstellen läßt. Sehr gut eignet sich hierfür eine Schaltung, die in der Fachwelt den Namen „state variable filter“ trägt. Sie besteht aus drei Operationsverstärkern und einigen passiven Bauteilen. Die Resonanzfrequenz läßt sich mit einem Doppelpotentiometer variieren, die Überhöhung mit einem Einfachpotentiometer. Bild 5 zeigt einige typische Frequenzgänge. Die klanglichen Möglichkeiten hiermit sind äußerst vielfältig.

Noch mehr Variationen sind möglich, wenn man zusätzlich vor die Verzerrerschaltung noch ein derartiges Filter setzt. Starke Höhen von der Gitarre, die eine wesentliche Ursache für die Geräuschanteile im verzerrten Klang sind, werden dadurch von vornherein ferngehalten. Auch lassen sich durch Betonung bestimmter Frequenzen noch spezielle Soundeffekte erzielen, die sonst kaum möglich sind (allenfalls etwa mit einem Wah-Wah-Pedal vor dem Verzerrer). Der Hörtest zeigt, daß man den Variationsbereich der Resonanzfrequenz beim Eingangsfilter tiefer ansetzen muß als beim Ausgangsfilter. Auch hier sind wieder drei Operationsverstärker erforderlich, ein weiterer dient am Eingang der Schaltung als Impedanzwandler.

Die Stromversorgung der vollständigen Schaltung in Bild 4 geschieht mit zwei 9-V-Batterien, die beim Einstecken eines Klinkensteckers in die Eingangsbuchse automatisch eingeschaltet werden. Die Funktion der einzelnen Potis ist oben im Kasten aufgelistet.

Funktion der Einstellelemente

- P1 Resonanzfrequenz Eingangsfilter (850 Hz...4,8 kHz)
- P2 Resonanzgüte Eingangsfilter (0,33...4,35)
- P3 Verzerrungsstärke
- P4 Resonanzfrequenz Ausgangsfilter (1,7...7,1 kHz)
- P5 Resonanzgüte Ausgangsfilter (0,33...3,67)
- P6 Lautstärke des verzerrten Signals

Als Operationsverstärker sind im Prinzip die meisten Zweifach-Typen im 8poligen DIL-Gehäuse geeignet. In der Praxis zeigt sich allerdings, daß teurere Spezialausführungen wie der hier verwendete NE 5532 wesentlich weniger rauschen als die üblichen Billig-Typen wie 1458, 4558, TL 082 usw.

Die Umschaltung zwischen verzerrtem und normalem Klang geschieht rein elektronisch mit dem CMOS-Baustein CD 4066B. Zum Vermeiden von Schaltknacken müssen von allen Seiten eventuell vorhandene Gleichspannungen ferngehalten werden. Der Transistor T dient als Pegelwandler, damit der Schalter mit einem Pol an Masse liegen kann. Der Schalter ist ein handelsüblicher Fußschalter, der über ein langes Kabel angeschlossen wird. So kann der Verzerrer z. B. auf dem Verstärker stehen, wo er dann leichter zugänglich und zu bedienen ist als auf dem Boden.

⑤ **Typische Frequenzgänge der hier verwendeten Tiefpaßfilter.** Mit dem Doppelpoti läßt sich die Grenz- bzw. Resonanzfrequenz des Filters einstellen, mit dem Einfachpoti die Filtergüte (von sofortigem Abfall bis zu starker Resonanz)

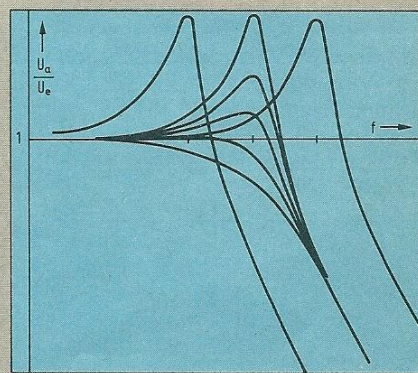
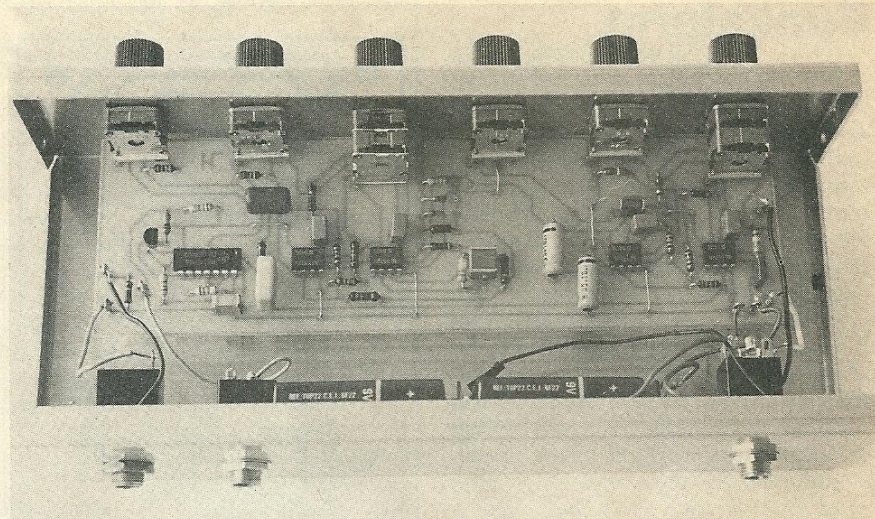


Bild 6 zeigt das fertig aufgebaute Gerät. Die Gehäuseabmessungen betragen $235 \times 100 \times 60 \text{ mm}^3$. Die Platine (Layout Bild 7, Bestückung Bild 8) hängt fest an den sechs Potis und braucht nicht zusätzlich befestigt zu werden. Die Eingangsbuchse ist eine Klinkenbuchse mit zwei Schaltern, Ausgangs- und Schalterbuchse sind normale zweipolige Ausführungen.

Mit den Potis „spielen“

Natürlich ist es nicht ganz so einfach, mit den vielen Potis auf Anhieb zurechtzukommen. Die Möglichkeiten sind so enorm zahlreich, daß man schon eine gewisse Zeit braucht, um die gehörmäßige Wirkung von jedem zu verstehen und zu durchschauen. Das Wiederfinden eines einmal eingestellten Sounds wird wesentlich erleichtert, wenn man Rastpotis verwendet (hier von Preh mit elf Stellungen), versehen mit Drehknöpfen mit Zahlen 0...10. Man braucht sich dann nur jeweils die sechs Zahlen zu

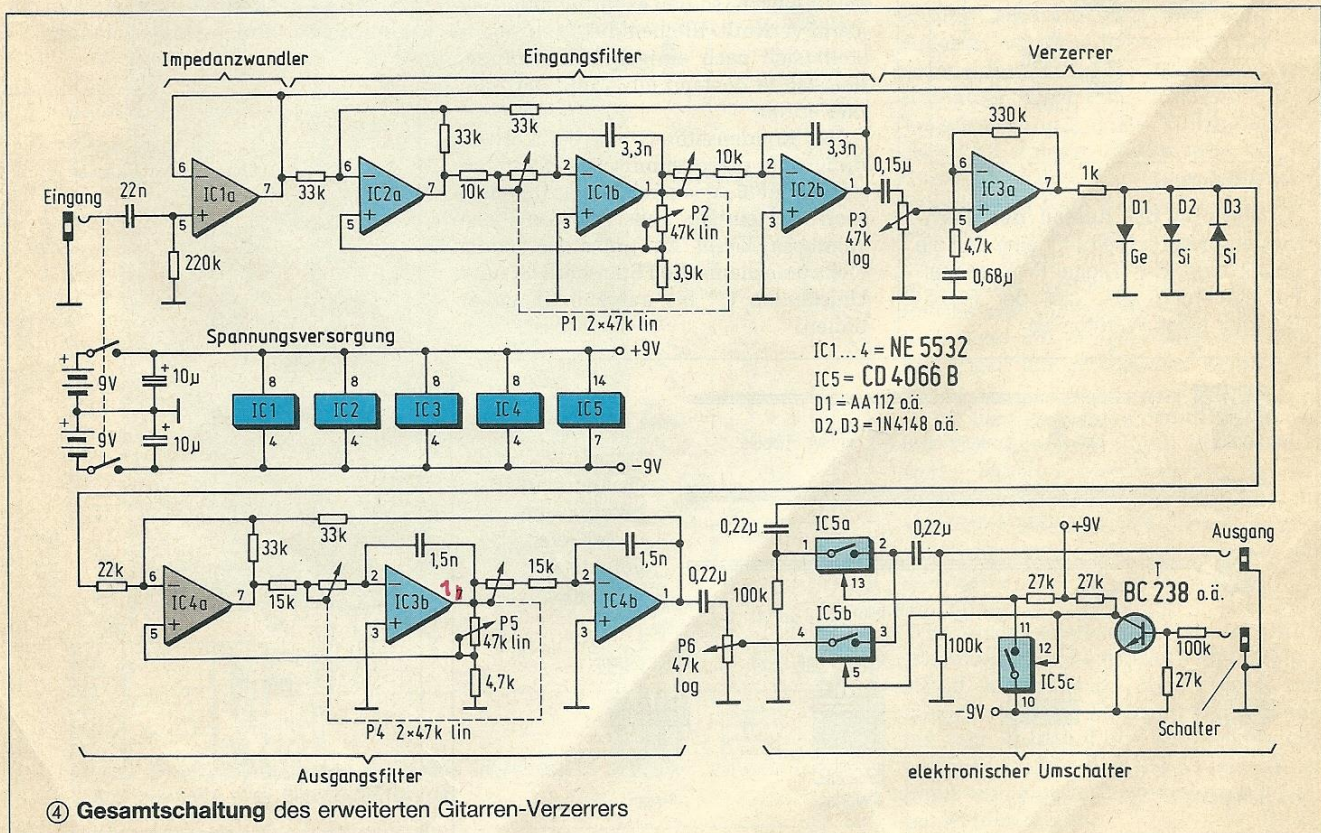


⑥ Das fertige Gerät – da die Potis auf der Platine sitzen, sind nur wenige Anschlüsse zu verdrahten
(Fotos: H. Lemme)

notieren – den Zettel kann man auf die Oberseite des Gehäuses kleben. (Ganz schlaue Leute können natürlich auch die Potis durch D/A-Umsetzer ersetzen und mit Hilfe eines Mikrocomputers programmieren.)
Helmuth Lemme

Literatur

- [1] Lemme, H.: Gitarren-Verstärker. Frech-Verlag, Topp-Bd. Nr. 450, Stuttgart 1978.
- [2] Lemme, H.: Gitarrenverstärker heute. FUNK-SCHAU-Sonderheft Nr. 39, 1982; „Musik mit Elektronik“, S. 3...8.



Nachtrag

Nach einiger Zeit im Betrieb hat die Schaltung noch ein paar Verbesserungen erfahren:

- 1) Bassabschwächung zwecks Mulmbeseitigung:
Kondensator hinter IC2b (hier 0,15 μ F) auf 47 nF verkleinert. Dahinter eine Serienschaltung aus einem Poti 100 k log. (aus Platzgründen im Gehäuse hinten montiert) und einem Widerstand 4,7 k gegen Masse eingefügt. Das zusammen wirkt als Hochpass mit einstellbarer Grenzfrequenz.
- 2) Frequenzbereich des Ausgangsfilters eingengt auf ca. 2,5 - 4 kHz, weil noch höhere und noch niedrigere Resonanzfrequenzen klanglich ungünstig sind. Dazu die beiden mit dem Poti P4 in Serie geschalteten Widerstände von 15 k auf 82 k vergrößert, die beiden 1,5-n-Kondensatoren auf 470 p verkleinert.
- 3) Alle vier Operationsverstärker ausgetauscht gegen TL062, weil die NE5532 Stromfresser sind. Rauschmäßig ist zwischen beiden kaum ein Unterschied hörbar.
- 4) Spannungsversorgung so umgebaut, dass das Gerät mit einer einzigen Batterie auskommt. Dazu eine Ladungspumpen-Schaltung gebaut mit einem CMOS-IC CD40106 (6-fach Schmitt-Trigger). Der eine Schmitt-Trigger arbeitet als Oszillator (Frequenz etwa 50 kHz), die anderen fünf sind parallel geschaltet und arbeiten als Treiber. Die Ausgangsspannung ist etwa -8 V. Der etwas kleinere Wert im Vergleich zur positiven Spannung macht nichts.

Damit hat der Verzerrer jetzt seine volle Praxistauglichkeit erreicht.

