

## Der Tube-Clipper, ein röhrenbestückter Klangformer

von Dr. phil. nat. Hansjörg Friedli

**Der Tube-Clipper ist ein Effektgerät, das in den NF-Pfad einer Stereoanlage eingeschlaucht werden kann und einen röhrenähnlichen Klang erzeugt. Es gibt viele Audiophile, die Röhrensound lieben, aber das nötige Kleingeld für einen teuren Röhrenverstärker nicht aufbringen wollen. Da sie ohne gefährliche Hochspannung auskommt, ist die Schaltung ideal geeignet für erste Gehversuche in Röhrentechnik.**

Ein ähnlicher **Vorverstärker für Röhrensound** wurde bereits in *Elektronik aktiv 10/97* vorgestellt, bei der es darum ging, den manchmal etwas harten und kalten Sound einer CD klanglich so zu verformen, dass es wie aus einem Röhrenverstärker tönt. Zudem hat man damit die Möglichkeit, Uebersteuerungen im Eingangssignal „abzufangen“. Die hier vorgestellte Schaltung weist die folgenden Features auf:

- Einstellung der Begrenzung für beide Stereokanäle mit nur einem Potentiometer möglich
- Vermeidung von signalführenden Koppelkondensatoren
- Einstellung der Symmetrie jeder einzelnen Röhre möglich
- Keine Erzeugung von Spannungen über 12V notwendig
- erzeugt Röhrensound
- Optische Anzeige, wenn das Eingangssignal tatsächlich begrenzt wird

### Prinzip

Die Idee des sogenannten Tube-Clippers (zu deutsch Röhrenbegrenzer) besteht, wie der Name schon sagt, darin, ein NF-Signal auf einen bestimmten einstellbaren Maximallevel zu begrenzen. Bekanntlich tun das Röhren auf recht sanfte Art: sie schneiden zu hohe Spannungen nicht so „hart“ ab wie Transistoren, wenn diese in Sättigung gelangen, sondern beim Anstieg der Spannung auf den Begrenzungswert zu, beginnen Röhren allmählich zu begrenzen. Folge: statt einer eckigen Begrenzung ergibt sich eine abgerundete Kurve, wie es die Kurve ganz rechts in Figur 1 zeigt.

Wird ein solches Signal untersucht, so findet man im Spektrum interessanterweise nur Oberwellen, die einem ganzzahligen Vielfachen der Grundfrequenz entsprechen. Für Musiker ist klar: Klänge, denen Oberwellen dieser Art zugemischt werden, erzeugen keine Dissonanzen. Der Originalklang wird durch die Begrenzung zwar verfälscht, aber in einer Art, die fürs Ohr keine unangenehmen Verzerrungen hervorrufen. Im Gegenteil, durch die hinzugekommenen oktavierten Oberwellen wird der Klang gewissermassen aufgefüllt. Der Effekt ist jedem Gitarristen wohlbekannt: genau aus diesem Grund schwören sie auf Röhrenverstärker, die bei Uebersteuerungen wacker mithelfen, den Sound einer Elektrogitarre zu verschönern. Natürlich ist es jedem Audiofreak ein Greuel, wenn er ein NF-Signal nicht eins zu eins zu seinen Lautsprecherboxen bringt. Er wird sich fragen, was ein solcher Klangverformer dann in seiner HiFi-Anlage zu suchen hat. Ganz recht, aber leider sind die auf CD oder durchs Radio ankommenden Signale nicht immer von der Top-Qualität, die man erwartet. Häufig werden CD's unsorgfältig aufgenommen, in dem Sinne, dass man hohe Spannungspeaks innerhalb einer

Einspielung auf Kosten eines günstigen Signal-zu-Rauschen-Verhältnisses lieblos abschneidet, manchmal auch abschneiden muss. Und damit sind eckige Begrenzungen auf der CD für alle Zeiten eingebrannt; von Originalklang kann in diesen Fällen keine Rede mehr sein (siehe den Artikel „*Digitale Uebersteuerungsanzeige*“, *Elektor 10/98, p.24*). Die hier beschriebene Schaltung kann also ohne weiteres auch in teure Audioketten eingeschleust werden und kommt genau dann zum Zug, wenn der Originalklang selber schon missliebige Begrenzungen aufweist.

### **Erläuterung der einzelnen Stufen**

Das Schaltschema in Figur 2 zeigt die einzelnen Teile des T-Clippers. Herzstück für jeden der beiden Stereokanäle ist eine Doppeltriode ECC83 und ein Vierfach-Operationsverstärker TL074. Für die Steuerung der Gitterspannung und der LED-Anzeige wird ein weiterer TL074 (oder TL084) eingesetzt. Figur 3 verdeutlicht das Prinzip der Schaltung, indem nur der NF-Weg eines Kanals verfolgt wird.

Das NF-Signal gelangt zunächst zum Opamp 1 des TL074, der einen Impedanzwandler darstellt. Das Ausgangssignal gelangt an das Gitter der ersten Triode der ECC83. Die Triode ist als Kathodenfolger geschaltet, die Anode wird ohne Widerstand direkt an die 12V-Versorgungsspannung angeschlossen. Am Kathodenwiderstand liegt nun eine zur Eingangsspannung phasenrichtige Spannung. Mittels des Potis und Opamp 9 wird nun die Kathodengleichspannung solange gegenüber dem Gitter nach negativen Werten verschoben, bis die Triode mehr oder weniger stark übersteuert wird. Die erste Triode begrenzt also nur positive Spannungsspitzen. Mit Opamp 2 wird das Signal einfach umgekehrt und der zweiten Triode der ECC83 zugeführt, welche in gleicher Art und Weise die negativen Spannungen des Eingangssignals begrenzt. Das Widerstandsverhältnis 39k/33k sorgt für eine geringfügige Verstärkung, die in der Anwendung zu einem etwa gleichlauten Signal führt und wurde empirisch ermittelt. Der nachfolgende Opamp 3 erfüllt zwei Aufgaben: er sorgt für eine niederohmige und gleichermassen verstärkte Ausgangsspannung für die nachfolgende Stufe (z.B. einer Endstufe) und zusammen mit Opamp 4 für eine gleichspannungsfreie Ausgangsspannung. Opamp 4 ist ein Integrator: die an Opamp 3 abgegriffene Ausgangsspannung gelangt über den 1M $\Omega$ -Widerstand an Opamp 4, dessen Ausgang mit dem nichtinvertierenden Eingang von Opamp 3 verbunden ist. Enthält das Ausgangssignal eine kleine beispielsweise positive Gleichspannung, so steigt die Spannung am Ausgang von Opamp 4. Diese Spannung wirkt via nichtinvertierendem Eingang diesem Offset entgegen und korrigiert die Ausgangsspannung solange, bis der Gleichspannungsanteil null ist. Mit diesem Verfahren wird ein relativ grosser Elko im NF-Signal vermieden, womit in der ganzen Kette *kein* Kopplungskondensator liegt. Für den anderen Stereokanal wird eine genau gleiche Schaltung mit den Opamps 5 bis 8 (=TL074) und einer weiteren ECC83 aufgebaut.

Opamp 9 stellt eine niederohmige Spannungsquelle für alle vier Kathoden dar, deren Wert mit dem Potentiometer P eingestellt werden kann. Für die Bedienung ist also nur *ein* Poti für beide Stereokanäle nötig. Mit den beiden Trimmern stellt man das Ausgangssignal symmetrisch ein, so dass Exemplarstreuungen auskorrigiert werden können. Damit lassen sich ohne Probleme auch ECC81 verwenden.

An den Punkten A,B,C und D werden die Eingangs- und Ausgangsspannung der beiden Kanäle abgegriffen. Mit diesen Spannungen lässt sich nun eine geeignete Anzeige ansteuern. Eine mögliche Variante wird durch die Doppel-Led und die drei Opamps 10, 11 und 12 realisiert.

Andere Varianten mit Spitzenwertdetektoren sind ebenfalls denkbar, hier kommt es auf den Geschmack des Anwenders an. Zur hier realisierten Schaltung: Die Doppel-Led leuchtet grün, wenn das Stereosignal nicht begrenzt wird, gelblich, wenn ein Kanal begrenzt wird und rot, wenn beide ECC83 begrenzen. Das Eingangssignal bei Punkt A wird mit einer Diode gleichgerichtet und mit einem Kondensator geglättet. Dieser Kondensator bleibt geladen, auch wenn das Signal wieder kleiner wird, er speichert gewissermassen eine aufgetretene Spitzenspannung. Ueber den parallelgeschalteten Widerstand wird der Kondensator dann doch allmählich entladen, allerdings so langsam, dass die LEDs genug lang leuchten. Dasselbe gilt auch für die Spannung an Punkt B, also nach dem Clipping. Die beiden Spannungen werden direkt an die beiden Eingänge des Opamps 10 geführt, der als Komparator entweder fast die ganze positive oder negative Betriebsspannung abgibt, je nachdem, ob Spannung A grösser oder kleiner als Spannung B ist. Opamp 11 hat genau dieselbe Aufgabe für die Spannungen C und D. Liegt keine Begrenzung vor, dann ist A grösser als B, der Opamp-Ausgang 10 ist tief und die grüne LED am Ausgang des invertierenden Opamps 12 leuchtet. Begrenzt nur ein Kanal, so springt die Ausgangsspannung von Opamp 10 oder 11 auf positiv, und die rote LED leuchtet ebenfalls, was die Mischfarbe gelb bis orange ergibt. Sind beide Kanäle begrenzt, so erlischt die grüne LED und ein tiefes rot zeigt diesen Zustand an. Eine kleine positive Spannung an Punkt E sorgt dafür, dass bei sehr kleinen NF-Spannungen die grüne LED leuchtet, was schöner aussieht.

Ein einfaches Netzteil ist in Figur 4 abgebildet. Eine 15V-Wechselspannung lädt über zwei Dioden abwechslungsweise einen Elko auf. Deren Spannungen werden mittels zweier Spannungsregler 7812 und 7912 auf 12V stabilisiert und den IC's sowie der Röhrenheizung zugeführt.

Wer will, kann mittels eines Relais eine Umschaltung von Direct zu Tubeclipping realisieren. Allerdings empfiehlt es sich dann, das Relais mit der negativen Versorgungsspannung zu betreiben, damit die Spannungsregler einigermassen gleichmässig belastet werden.

## **Aufbau der Platine und Inbetriebnahme**

*(Hier Beschreibung der Bestückung, Einbauhinweise, Röhrensockel, etc; der abschnitt wird nach Fertigung Ihrer Platine geschrieben ( Figur 5))*

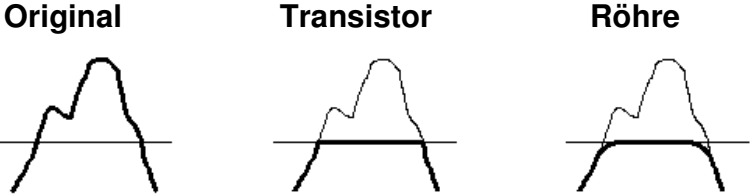
Nach Anschliessen einer Sinus-Spannung kann man mit den Trimmern jeden Kanal einzeln auf symmetrisch einstellen und den Clipping-Level kontrollieren. Damit ist das Gerät einsatzbereit. Die Schaltung benötigt keine Hochspannung, sie ist also bestens geeignet für erste Gehversuche mit Röhren. Die Heizspannung beträgt 12.6V (an Stift 4 und 5) . Es ist aber durchaus möglich, die +12V-Versorgungsspannung zu verwenden, denn die ECC83 verlangt keine Wechselspannung. Allerdings sollte in diesem Fall der Pluspol an Stift 5 der Doppeltriode liegen. Diese und andere Beschaltungen der Heizung zeigt Figur 6 zusammen mit der Stiftbelegung der ECC83, welche auch für die Doppeltroden ECC81 und ECC88 gültig ist.

## **Die Röhrenkennlinie**

Mit einfachen Mitteln kann man sich mit der Funktionsweise einer Triode vertraut machen. Man nehme drei Vielfachmessgeräte und zwei Spannungsquellen und beschalte damit eine Triode, so wie es Figur 7 zeigt. Misst man bei konstanter Anodenspannung den Anodenstrom in Funktion der Gitterspannung erhält man die Kurven in Figur 8. Die drei bei unterschiedlicher Gitterspannung gemessenen Werte zeigen die typische Form einer Röhrenkennlinie: wird die Anodenspannung allmählich erhöht, steigt der Anodenstrom zunächst linear an. Wird diese weiter vergrößert, biegt die Kennlinie - im Gegensatz zu Transistoren - sanft in einen horizontalen Abschnitt ab; der Anodenstrom erreicht seinen Maximallevel. Sorgt man nun dafür, dass alle Gitterspannungswerte eines NF-Signals im linearen Bereich sind, bleibt das Signal unverzerrt; verschiebt man sie nach höheren Werten hin, ergeben sich zu positive Spannungen und Anodenstromsättigung tritt ein. In der beschriebenen Schaltung fließt dieser Anodenstrom auch im Kathodenwiderstand und erzeugt in diesem eine zum Strom proportionale Spannung. Auch der hier beschriebene Kathodenfolger lässt sich austesten, wie es Figur 9 zeigt.

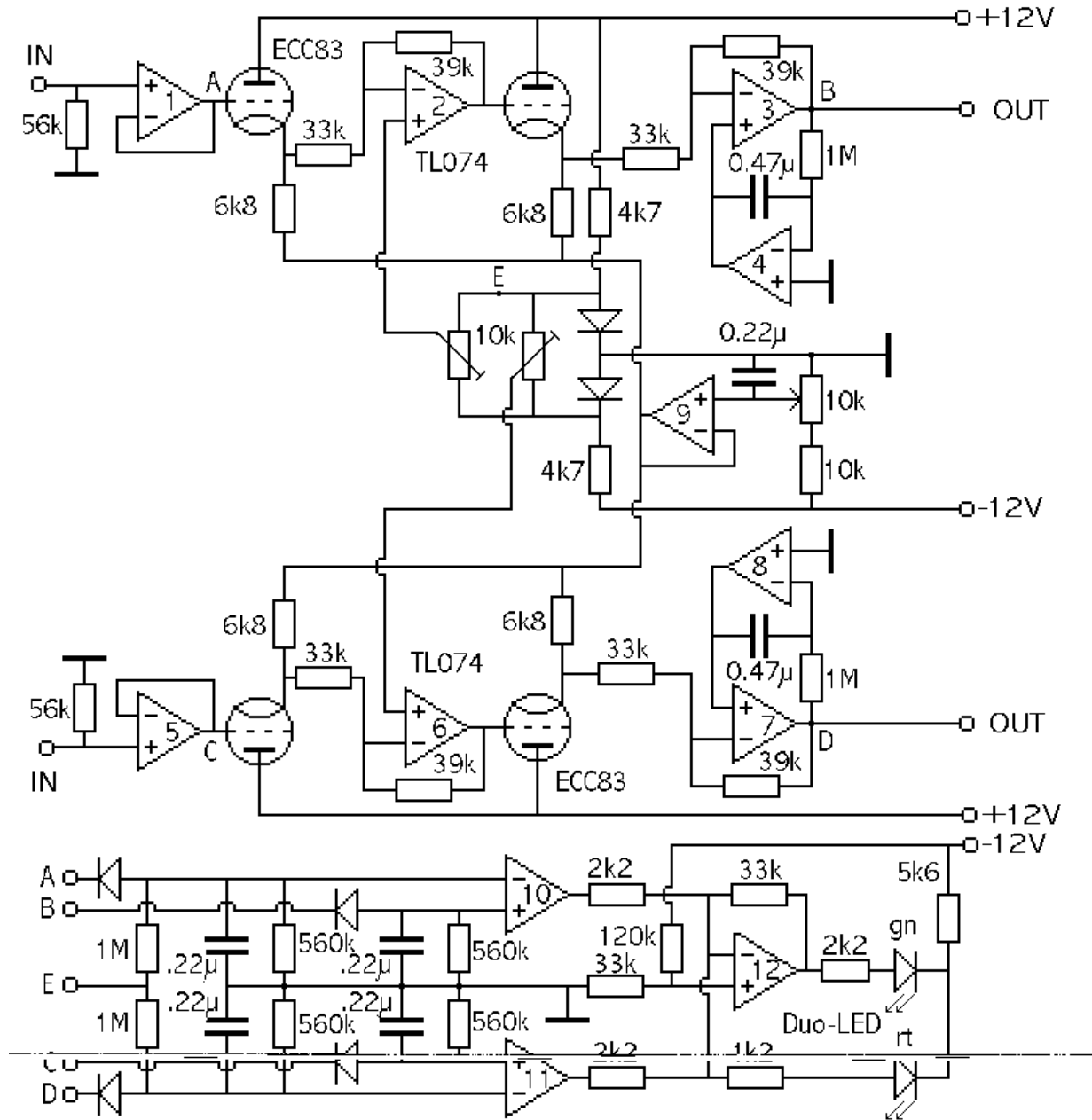
Dr. phil.nat. H. Friedli

FIGUR 1



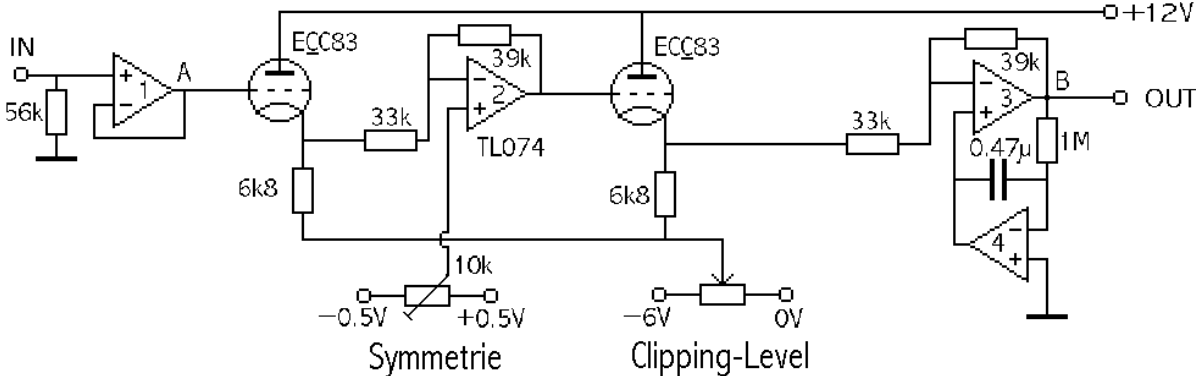
FIGUR 2

TUBE-CLIPPER

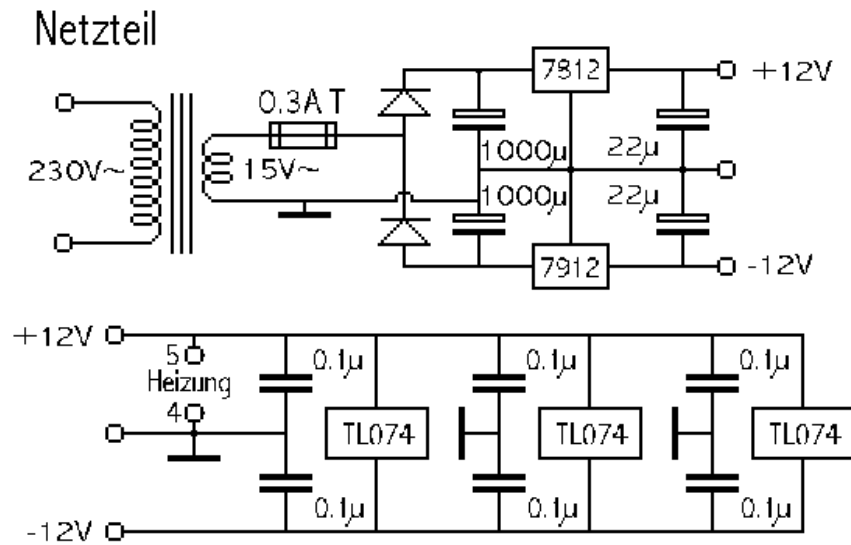


FIGUR 3

TUBE-CLIPPER Prinzip



FIGUR 4

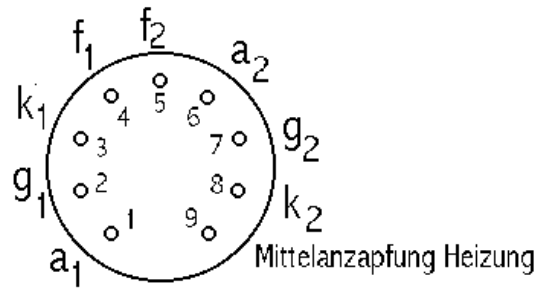


FIGUR 5

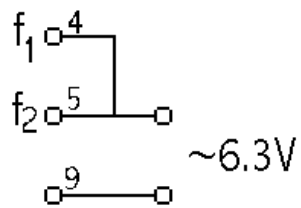
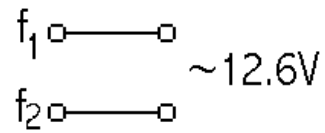
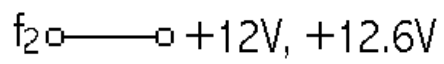
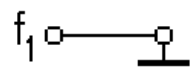


FIGUR 6

Stiftbelegung ECC83

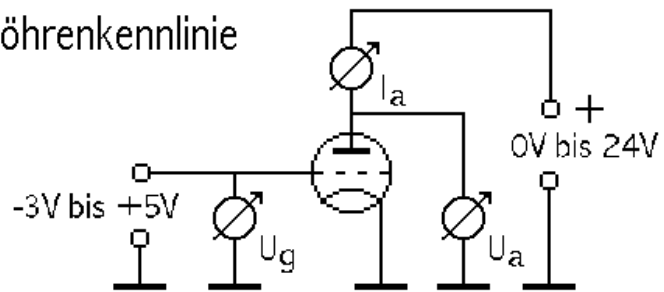


Sockel von unten

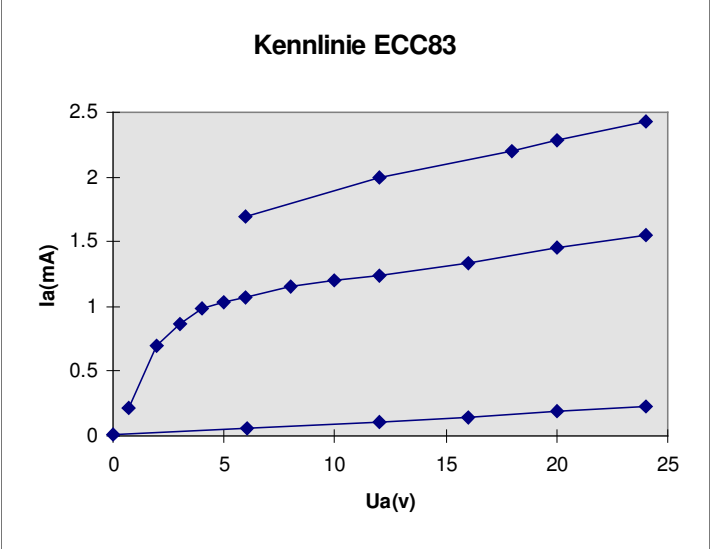


FIGUR 7

Röhrenkennlinie



FIGUR 8 (für  $U_g=5\text{mV}/500\text{mV}/1000\text{mV}$ )



FIGUR 9

