



## Krankenhausradio Elmshorn

# Eingangsstufen und Verstärkerschaltungen

Eingangsstufen und Verstärkerschaltungen  
Eine kleine Abhandlung für den täglichen Bedarf...

Eine Abhandlung von Jens Kelting  
Copyright 2004 - Alle Rechte vorbehalten  
Nachdruck nur mit Zustimmung des Verfassers!  
Krankenhausradio Elmshorn - Radio K.R.E.

V1.2 – November 2004

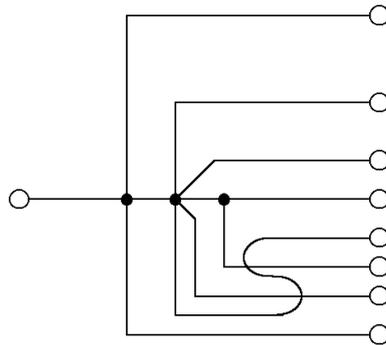


## Vorwort

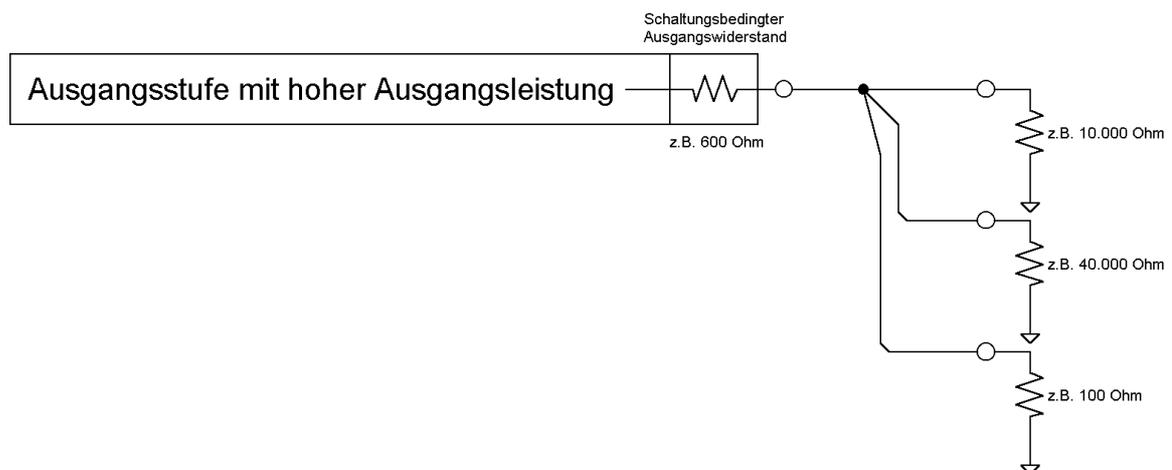
Immer wieder ist es erforderlich, Audiosignale zu verteilen oder über längere Strecken zu übertragen. Dabei ist es meistens sinnvoll, eine kleine Verstärkerschaltung zu verwenden, die nicht gerade mit Elektronenröhren aufgebaut wird. Welche Möglichkeiten es gibt, soll auf den nächsten Seiten kurz und handlich erläutert werden.

## Verteilen von Signalen

Ein Audiosignal soll nach dem Mischpultausgang rückwirkungsfrei auf unterschiedliche Signalziele verteilt werden. Wie aber ist dies zu realisieren. Die absoluten Praktiker unter uns wissen es schon: Die übliche, „ich klemm’s zusammen“ Methode leistet hier wirkungsvolle Dienste. Ein typisches und kompliziertes Schaltungsbeispiel soll im nächsten Bild dargestellt werden:



Es ist wirklich einfach und mit nur einer Lüsterklemme zu realisieren. Was jedoch passiert, wenn an den unterschiedlichen Ausgängen verschiedene Eingangsimpedanzen (Eingangswiderstand des nachfolgenden Gerätes) durch unterschiedliche Geräte angeschlossen werden? Oder – an einem der vielen Ausgänge ein Kurzschluss passiert? Sehen wir und einen typischen „Ausgang“ einmal näher an:



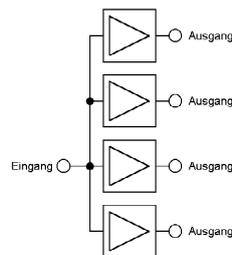
Wie sehr klar zu sehen ist, hängt der Ausgangswiderstand – und die damit verbundene „Treiberleistung“ eines Gerätes (Mischpult, Limiter oder Exciter...) vom sogenannten „Ausgangswiderstand“ ab. Dies ist nun keine Größe, die aus dem Weltall kommt – sondern



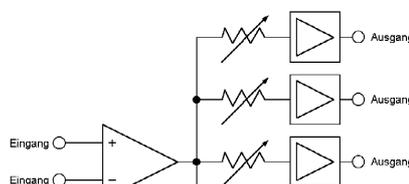
vielmehr das Ergebnis der Innenschaltung, die im Gerät verwendet wird. Wird dieser Ausgang nun „belastet“ – d.h. es fließt ein Strom durch diesen Widerstand – fällt nach dem Ohmschen Gesetz ( $U=I \cdot R$ ) auch eine Spannung an diesem Widerstand ab. Diese fehlt natürlich am wirklichen Ausgang (z.B. der Klinkenausgangsbuchse) und steht nicht mehr zur Verfügung. Der Ausgangspegel ist „zusammengebrochen“. Hält sich dieser Ausgangsstrom in Grenzen, ist dieser Spannungsabfall so gering, das wir nichts davon mitbekommen. Dies ist zum Beispiel der Fall, wenn ein üblicher Geräteausgang von 600 Ohm auf einen hochohmigen Eingang mit 40 Kilo Ohm trifft. Setzt man die beiden Werte gegenüber, so ergibt sich ein Verhältnis von rund 1 zu 66. Dabei bleibt genügend Ausgangsspannung über. Anders sieht es jedoch aus, wenn auch der Eingang 600 Ohm hat. Jetzt ist nämlich der Ausgangswiderstand genauso groß wie der Eingangswiderstand. Die Spannung am Eingang „halbiert“ sich, so das hier sehr wohl ein Verlust auftritt. Das ganze wird übrigens auch „Leistungsanpassung“ genannt – so nur am Rande. Zurück aber zum „zusammenschalten“. Üble Folgen hat diese Schaltungstechnik immer dann, wenn unterschiedliche, meistens „unbekannte“ Größen von Eingängen auf einen Ausgang treffen. Im schlimmsten Fall „gewinnt“ der niederohmige Eingang und „zieht“ den Ausgangspegel“ einfach herunter. Das Ergebnis ist ein schwaches Ausgangssignal, das Opfer eines „gierigen“ Eingangs wurde. Ach ja, wird noch an einem Ausgang (zu, Beispiel der Mitschnittausgang in der Studiokonsole für den Anschluss eines mitgebrachten Aufnahmegerätes) ein Kurzschluss gemacht, bricht das ganze Ausgangssignal zusammen. Dies darf eigentlich unter keinen Umständen passieren.

### Abhilfe

An dieser Stelle bietet sich der Einsatz eines typischen „Trennverstärkers“ an. Dieser kann entweder mit Transistoren oder Operationsverstärkern aufgebaut werden. Hier entschließen wir uns für den einfachen Operationsverstärker, auf dessen Arbeitsweise in einem anderen Kapitel eingegangen wird. Zuerst die einfache Basisanwendung einer Verteilung – oder auch „Splitter“ oder „Signal-Distributor“ genannt:



Dabei kann die Schaltung nach den benötigten Anforderungen auch abgeändert oder modifiziert werden. Dies ist immer dann von Vorteil, wenn unterschiedliche Signalpegel benötigt werden. Dabei ist es empfehlenswert, am Eingang eine Eingangstufe zu verwenden, die auch symmetrische Signale verarbeiten kann:

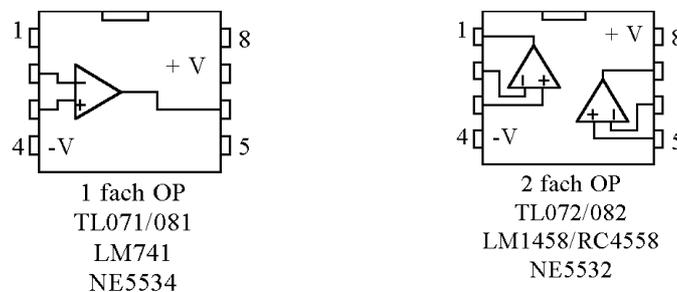


Jetzt kann für jeden Ausgang der Pegel getrennt eingestellt werden. Für Stereoanwendungen muss die gesamte Schaltung natürlich zweimal aufgebaut werden...! Übrigens gibt es solche „Splitter“ auch von namhaften Herstellern, die das ganze dann ein 19Zoll Gehäuse verpacken und zu einem hohen Preis verkaufen. Hier lohnt sich der Selbstbau auf jeden Fall, denn die Innenschaltung besteht nur aus wenigen Operationsverstärkern der Gruppe „preiswert verlöten“.

### Die Eingangsstufe

Um ein symmetrisches Eingangssignal zu verarbeiten benötigen wir zwei Eingänge, die jeweils das positive Signal (Tip,+ oder 0°) und das negative Signal (Ring,- oder 180°) aufnehmen. Ein Differenzverstärker wird hier ein Operationsverstärker vom Typ NE5532 oder NE5534 eingesetzt. Dabei unterscheiden sich die beiden Typen nur durch die Anzahl Operationsverstärker, die in einem IC-Gehäuse untergebracht sind.

Der Typ NE5534 beinhaltet einen OP – der NE5532 hingegen 2 OP's. Nachfolgend das Anschlussbild dieser IC's für den späteren Nachbau:

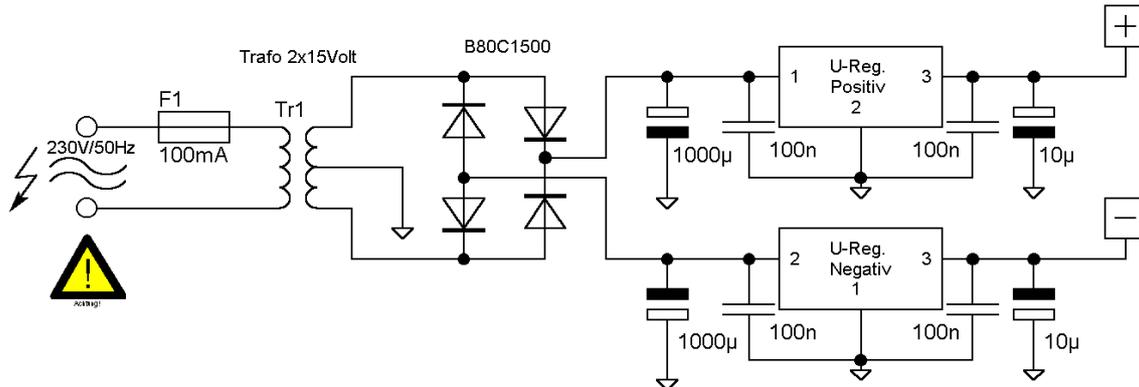


Nun sind nicht alle Typen gleich für den Einsatz in Audio Schaltungen geeignet. Die Typen LM741 und LM1458 sollten auf Grund ihrer Rauscheigenschaften nicht im o.g. Bereich eingesetzt werden. Für die Verwendung in Gleichrichtern (Peakmeter) oder Pegelanzeigen können sie durchaus eingesetzt werden.

### Schaltung und Stromversorgung

Sehen wir und zunächst eine einfache, asymmetrische Eingangsschaltung mit einem Operationsverstärker an. Vorher jedoch: Grundsätzlich wird bei dieser Schaltungstechnik IMMER eine symmetrische Versorgungsspannung verwendet. Dies bedeutet, es gibt eine Spannung von +12V und auch -12V. Am besten bedient man sich zur Erzeugung dieser Spannungen integrierter Spannungsregler der Typen MC87xx und 79xx (3-Bein Stabi's genannt). Diese besitzen einen Eingang, einen Masseanschluss und einen Ausgang für die stabilisierte, sehr brummfreie Ausgangsspannung. Die Kondensatoren um den Spannungsregler gewöhnen ihm das Schwingen ab, denn unter ungünstigen Bedingungen fangen diese kleinen „Spannungswächter“ schon mal wie wild an zu schwingen. Dann ist es erforderlich, diesem Treiben durch eine saftige Kapazität Einhalt zu gebieten. Aber auch hier ist Vorsicht geboten, denn eine zu große Kapazität bewirkt genau das Gegenteil! Um diese nämlich aufzuladen, muss der Regler kurzzeitig sehr stark arbeiten, was ihm nicht schmeckt - und er sich wieder mit einer Schwingung bedankt. 10µF sind ein brauchbarer Wert - wobei, dieser auch von der nachfolgenden Schaltung - und deren Strombedarf - abhängig ist.





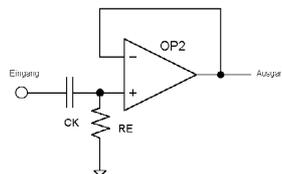
Auf die Sicherheitshinweise im Umgang mit Netzspannung (am Eingang des Transformators) ist in jedem Fall zu achten!

Am Ausgang dieses Netzteiles stehen die benötigten Spannungen von +/- 12Volt zur Verfügung. Wer keinen Transformator mit Mittelanzapfung bekommt, kann selbstverständlich auch zwei einzelne Wicklungen verwenden.

Von den „gurkigen“ Schaltungen, in denen mit nur zwei Dioden eine Halbwelle pro benötigte Gleichspannung genutzt wird - um dann freudestrahlend davon eine +/- Spannung zu machen, rate ich ab - jedenfalls dann, wenn es um „Brummfreiheit“ und benötigten Strömen ab 100mA geht...

#### Die typische, asymmetrische Eingangsstufe

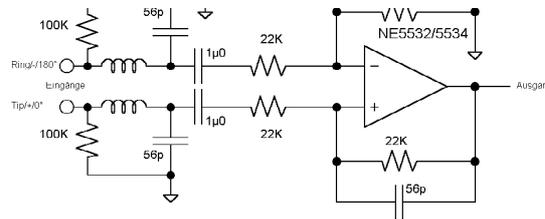
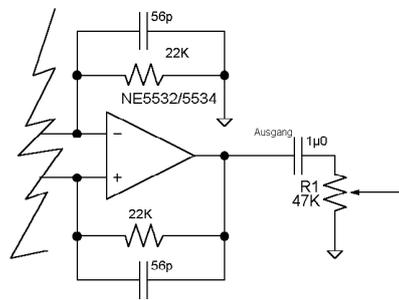
Dies ist die einfachste Form einer Eingangsstufe, die mit einem Operationsverstärker aufgebaut werden kann. Dabei sollte der Eingangskondensator verwendet werden, damit eventuell anliegende Gleichspannungen nicht zu Arbeitspunktverschiebungen führen können. Der Frequenzverlauf wird nicht beeinträchtigt, solange das Verhältnis zwischen dem Eingangswiderstand  $R_E$  und dem Koppelkondensator eingehalten wird. Dabei gilt als grobe Faustformel: Bei 47K Ohm Eingangswiderstand mit mindestens  $1\mu F$  verwenden. Kleinere Kondensatoren erhöhen die Grenzfrequenz und es entsteht ein Hochpassfilter. Dieses filtert den „Bass“ aus dem Musiksignal heraus, was zu einem nicht gewollten Effekt führt.



Eine einfache, asymmetrische Eingangsstufe mit OP

Soll jetzt ein verbesserter Eingang eingesetzt werden, empfiehlt sich die symmetrische Eingangsstufe. Diese verfügt bereits über eine wirkungsvolle Abblockung hochfrequenter Störungen. Hier kann sich keine HF unbemerkt in das Gerät schummeln, denn sie wird wirkungsvoll durch die Spulen am Eingang abgeblockt. Äußern tut sich eine HF übrigens in „Radioempfang“ oder „Rauschen“, das durch die eingeschummelte Hochfrequenz im Gerät entsteht. Der Radioempfang (AM) ist meistens das Ergebnis einer Demodulation an einer der vielen Halbleiterstrecken (Dioden) im Gerät.





## Symmetrische Eingangsstufe mit HF-Schutz

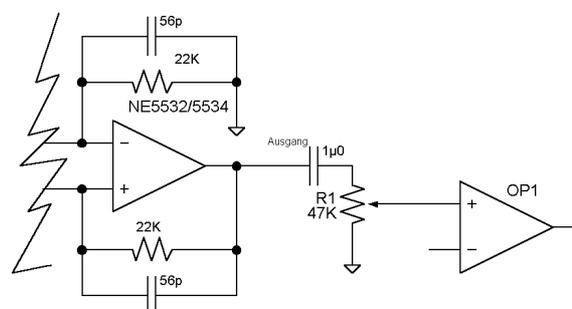
Die Spulen am Eingang sind typische „Breitbandfilter-Drosseln“. Sie können aber auch weggelassen werden, wenn kein Bedarf an HF-Unterdrückung besteht. Die hier vorgestellte Eingangsschaltung nimmt alle üblichen Studiopegel auf und setzt diese in ein asymmetrisches Signal für den Splitter um.

### Die PegelEinstellung

Um den Ausgangspegel der einzelnen Stufen einstellen zu können, sind Potentiometer erforderlich. In diesem Fall können auch Trimmer verwendet werden, die eventuell nur durch die Frontplatte zu erreichen sind. Einmal eingestellt, brauchen die meisten Pegel nicht wieder verändert werden. Wer dann möchte, kann die Schlitze der Trimmer von hinten mit einer LED beleuchten. Die Auswahl der Trimmer ist weniger kritisch, da diese nicht sehr oft bewegt werden. Mindestens sollte jedoch auf Typen von Piher oder Radiohm zurückgegriffen werden. Wer mag und die Kosten nicht scheut, kann auch auf die Typen von Bourns, Beckman oder Cermet (um nur einige zu nennen) zurückgreifen.

Es ist auf jeden Fall wichtig, Gleichspannungen von den Potentiometern oder Trimmern fernzuhalten. Diese äußern sich nämlich in Krachen bei Bewegung des Schleifers. Hier wird ein Kondensator zwischen Signalquelle und Potentiometer geschaltet:

Grund für diese Maßnahme sind die kleinen – jedoch nicht zu vernachlässigenden „Offset-Spannungen“ der Operationsverstärker. Gerade bei höheren Verstärkungen können diese Spannungen bis in den mV Bereich (200mV und mehr!) ansteigen. Wird dann ein Poty mit



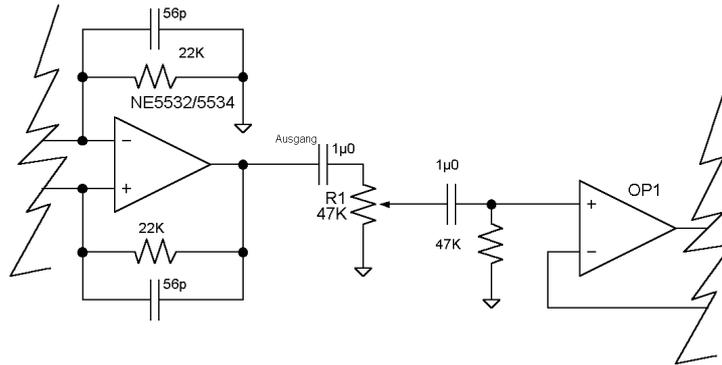
47K Ohm verwendet, stellt sich ein Strom von  $4,2\mu\text{A}$  ein. Dies mag zwar gering erscheinen – aber bei einem nachfolgenden Eingang von 100 K Ohm reicht es aus, um am Potentiometer die sogenannten „Kracher“ zu erzeugen.

## PegelEinstellung mit Potentiometer und DC-Blockkondensator

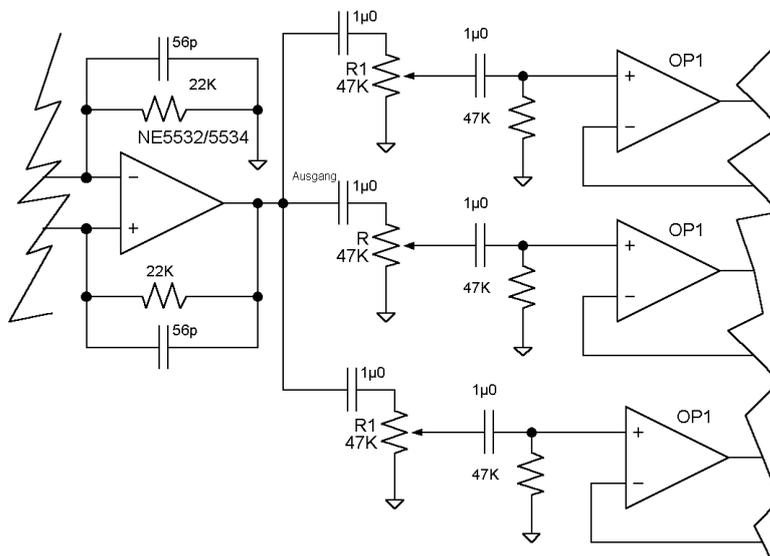


### Nachfolgende Stufen

Für den nachfolgenden Eingang ist es wichtig, immer eine „feste“ Eingangsimpedanz vorzufinden. In der hier gezeigten Variante ist der „Eingangswiderstand“ des zweiten OP's von der Stellung des Potentiometers abhängig. Da es wenig sinnvoll ist, für das Potentiometer einen sehr kleinen Widerstand zu wählen (Frequenzgang verändernde Komponente C am Ausgang von OP1) ist es besser, einen „festen“ Abschluss am Eingang des OP2 vorzunehmen. Diese Verbesserung der Eingangsbeschaltung wird mit der nachfolgenden R-C Kombination erreicht:



Jetzt kann der OP1 als allgemeiner Treiber-OP dienen und alle nachfolgenden Ausgangsstufen mit Trimmer oder Potentiometer versorgen:

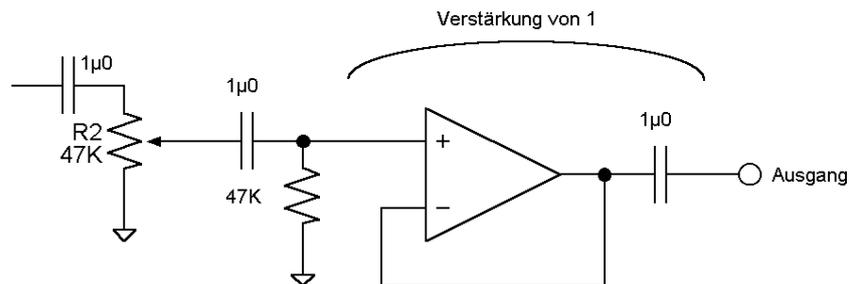


Der Aufbau der Ausgangsstufen ist nun an die Erfordernisse anzupassen und kann für jede der verschiedenen Stufen unterschiedlich sein. Aus diesem Grund ist auch die Beschaltung der „-“ Eingänge nicht eindeutig beschrieben. Dazu mehr in dem nachfolgenden Kapitel Ausgangsstufen.



### Ausgangsstufen

Die einfachste Art einer Ausgangsstufe ist der sogenannte „Spannungsfolger“ mit OP. Hierbei wird einfach das Ausgangssignal unbeeinflusst wieder auf den invertierenden Eingang gelegt. Durch diese Schaltungart ergibt sich eine Verstärkung von 1, was für den Anwender bedeutet,



es kommt „soviel raus wie rein geht“. Die Stufe hat also KEINE Pegelverändernde Wirkung auf den Ausgang.

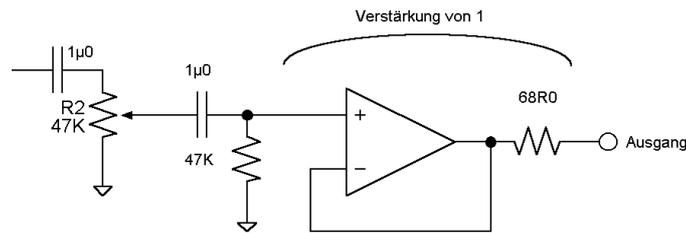
In dieser Schaltung dient der OP als „Ausgangstreiber“ um einen Ausgang mit fester Impedanz zu bilden. Dabei kann an diesem rückwirkungsfrei ein Signal abgenommen werden. Änderungen – oder fehlerhafte Anpassungen und Beschaltungen beeinflussen den Eingang nicht. Selbst Fremdspannungen im kleinen Bereich werden wirkungsvoll vom Eingangssignal abgehalten. Wird auf diesen Ausgang versehentlich Signal gelegt, hat dies keine Auswirkungen auf den Gesamteingang.

Der am Ausgang befindliche Kondensator soll eventuell auftretende Gleichspannungen vom Ausgang fernhalten. Wird der OP jedoch in der o.g. Schaltungsart betrieben, ist die Wahrscheinlichkeit einer entstehenden Offsetspannung sehr gering. In diesem Fall kann der Kondensator auch durch einen Widerstand von 68 Ohm ersetzt werden.

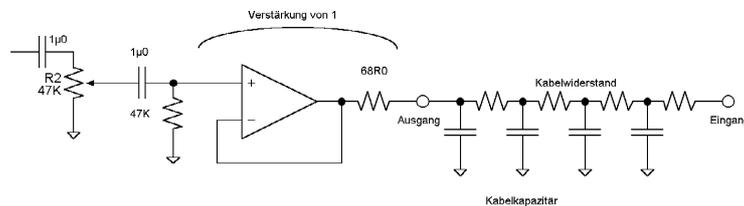
### Widerstand am Ausgang?

Nun kann ein Widerstand am Ausgang verwendet werden, der auch vorsichtig als passive Stromgegenkopplung bezeichnet werden kann. Dabei fließt durch den Widerstand ein Strom, der einen Spannungsabfall bewirkt. Hierbei gehen wir davon aus, dass der Innenwiderstand des OP's nahezu 0 Ohm ist. Dies wäre der praktisch nicht erzielbare Idealfall.





Durch den Widerstand jedoch erfährt die Ausgangsspannung eine Reduzierung durch den Spannungsabfall an diesem. Somit erscheint der Ausgang nicht vollkommen fest für das nachfolgende Gerät. Dies hat den besonderen Vorteil, das der Ausgang dynamisch die nachfolgenden Leitung und den daran angeschlossenen Eingang treibt. Schwingungen durch Kabelkapazitäten werden hierbei wirkungsvoll unterdrückt. Dazu sehen wir uns das typische Bild einer Leitung am Ausgang an:



Die frequenzabhängige Belastung durch das nachfolgende Kabel wird durch den Widerstand abgefangen. Da der Blindwiderstand  $X_c$  (durch die Kabelkapazitäten) eine Art „Kurzschluss“ für Wechselspannungen darstellt, treibt der Ausgang des OP gnadenlos gegen diesen an. Die Folge ist eine unnötige Belastung des OP, der eventuell an zu „schwingen“ fängt. Durch den verwendeten Widerstand fällt diese Spannung – hervorgerufen durch den „Kurzschlussstrom“ des Kabels - an diesem Widerstand ab und steht nicht am Ausgang des OP. Das diese Schaltung nur in kleinen Bereichen ihre Wirkung zeigt, sollte jedem klar sein. Eine Leitung von zum Beispiel 100 Kilometern kann auch ein Operationsverstärker in diese Schaltung nicht annähernd zufriedenstellend treiben. Um einfach zum Punkt zu kommen: Der am Ausgang befindliche Widerstand ist durchaus sinnvoll und einzusetzen, zumal er nicht viel kostet und die Schaltung nicht wesentlich komplizierter gestaltet.

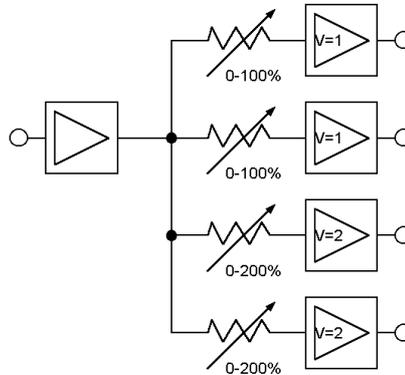
#### Ausgang mit veränderter Verstärkung

Nun macht es manchmal Sinn, einen Ausgang auch mit einem höheren Pegel anzusteuern. Zwar kann das Potentiometer den Wert von 100% erreichen – jedoch ist die Ausgangsspannung bei den verwendeten OP nicht größer als das Eingangssignal. Da wie bisher nur OP als Spannungsfolger verwenden ( $V=1$ ), kann auch keine Verstärkung im Gerät erfolgen. Nun könnte man einfach denken, die Verstärkung in der Eingangsstufe zu erhöhen und somit stehe an allen Potentiometern eine größerer Pegel zur Verfügung. Dies ist korrekt – bis auf einen kleinen Schönheitsfehler: Durch die Verstärkung in der Eingangsstufe wird auch physikalisch bedingt ein erhöhtes Rauschen erzeugt. Dies steht dann auch den Ausgangsstufen zur Verfügung, die nur ein „einfach“ verstärktes Signal benötigen.

In diesem Fall macht es Sinn, nur in den Ausgangsstufen eine Verstärkung einzurichten. Bei den Ausgängen, die auf jeden Fall zur Abschwächen – aber nicht anheben sollen – wird auf die erweiternde Verstärkerschaltung verzichtet. Somit ergibt sich zum Beispiel für die Ausgänge 1 und 2 der Wert 0 bis 100% und für Ausgänge 3 und 4 der Wert 0 bis 200%.



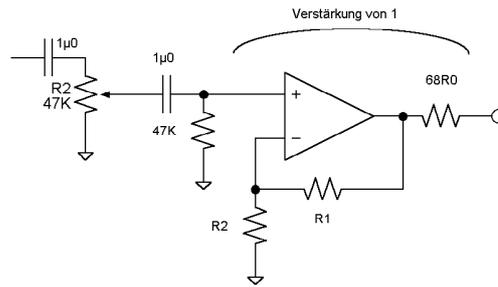
Welcher Ausgang mit welcher Verstärkung arbeitet, kann natürlich vom Anwender selbst festgelegt werden.



Die einzelnen Ausgangsstufen werden jetzt auf die Erfordernisse angepasst. So kann auch für eine besondere Anwendung ein sehr hoher Ausgangspegel nötig sein. Dabei ist jedoch zu bedenken, dass die maximale Aussteuerbarkeit des OP an die Versorgungsspannung gebunden ist. So ist bei einer Versorgungsspannung von  $\pm 12V$  ein maximaler Hub von  $\pm 10V$  möglich. Sollten größere Spannungswerte Spitze-Spitze erreicht werden, muss auch die anliegende Versorgungsspannung vergrößert werden. Dabei ist allerdings auf den maximal zulässigen Versorgungsspannungsbereich des verwendeten OP zu achten. Dieser liegt bei den Beispieltypen bei 36Volt zwischen  $V_{SS}$  und  $V_{CC}$ . Anders gesagt  $\pm 18V$ . Eine Überschreitung dieses Wertes führt zu einer unzulässigen Erwärmung des OP und verkürzt die Lebensdauer und Zuverlässigkeit erheblich. Für besondere Anwendungsfälle werden von unterschiedlichen Herstellern auch OP mit bis zu  $\pm 36V$  angeboten.

Nun macht es Sinn, an der Schaltung mit dem OP Änderungen vorzunehmen, die die Verstärkung der Stufe einstellbar machen. Dabei kann für den Widerstand R1 auch ein Trimmer zur variablen Verstärkung eingesetzt werden:

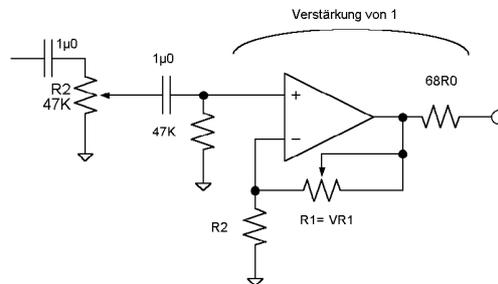




Eine Berechnung der entstehenden Verstärkung kann nach der nachfolgenden Formel durchgeführt werden:

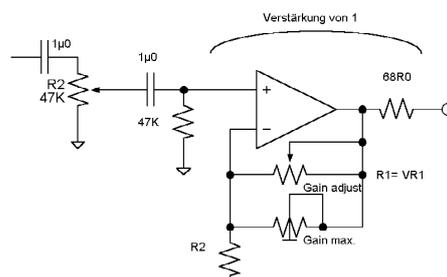
$$V = \frac{R1}{R2}$$

Dabei sind als realistische Widerstandswerte für R1 47K Ohm und für R2 10 K Ohm zu verwenden. Kleinere Werte (z.B. R1=100 Ohm und R2 47 Ohm) führen zwar auch zum Ziel – belasten aber infolge der niedrigen Widerstandswerte den OP unnötig. Die Folge ist ein kleinerer Ausgangspegel und erhöhte Verzerrungen durch den OP. Als Beispiel die Schaltung

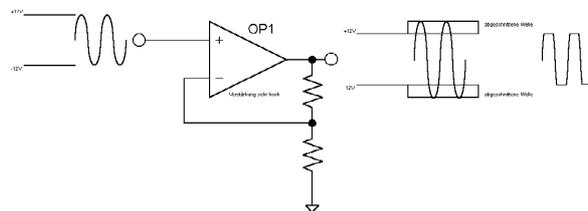


mit einem Trimmer – oder Potentiometer für eine variable Einstellung der benötigten Verstärkung:

Wird nun am Gerät ein Potentiometer verwendet das von außen zu bedienen ist, kann auch innen ein Trimmer für die maximal zulässige Verstärkung eingesetzt werden. Somit ist ein „Gain-Limit“ möglich, das keine übermäßigen Einstellungen am Potentiometer zulässt (z.B. Leitungstreiber, Record Level oder „Telefonhybrid Send to Line“):

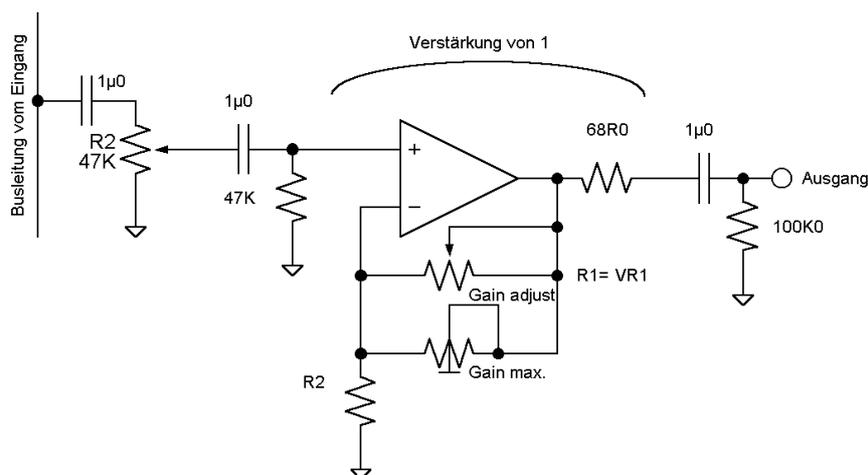


Für alle, die nun wissen möchten wie der Operationsverstärker arbeitet – eine kleine, einfache Erklärung dazu: Verstärkt wird immer nur die Differenz, die zwischen den beiden Eingängen anliegt. Dabei wird die benötigte Verstärkung durch externe Komponenten – hier der Spannungsteiler aus R1 und R2 – eingestellt. Auch veränderbare Widerstände können hier eingesetzt werden – vorausgesetzt, man bedenkt die maximal erreichbaren Verstärkungen und Aussteuerungsgrenzen. Aussteuerungsgrenze? Einfach gesagt ist dies der maximale Spannungshub, den der OP durchführen kann. Liegt z.B. eine Versorgungsspannung von 12V



an, kann die Ausgangsspannung nicht mehr als 12V sein. Wäre sie plötzlich 15V hat der OP eigenständig 3V erzeugt und kommt garantiert nicht von diesem Planeten...!

Der Operationsverstärker zieht zwar das sinusförmige Eingangssignal in die Höhe, kann aber den maximalen Spannungshub nicht mehr durchführen. Somit werden die Bereiche der Sinuskurve – die über der Aussteuerungsgrenze liegen – abgeschnitten. Hörbare Verzerrungen sind die Folge. Aus diesem Grund ist bei der einstellbaren Verstärkung immer auf einen abgeglichenen und ausreichenden Arbeitsbereich zu achten. Genaue Erklärungen zum OP



werden später in einer extra Abhandlung folgen. Nun aber zurück zu unserer Schaltung – dem Splitter oder Verteilungsverstärker. Hier nun die komplette Ausgangsschaltung:

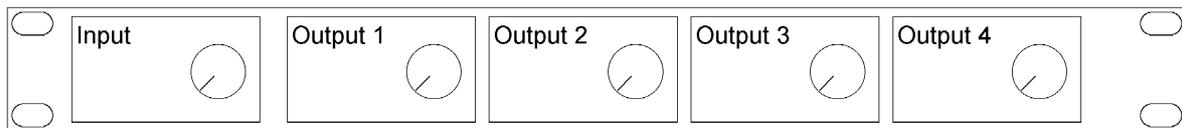
Der Kondensator am Ausgang soll die eventuell entstehende Offsetspannung von den nachfolgenden Eingangsstufen fernhalten. Ein Widerstand von 100K soll verhindern, das der



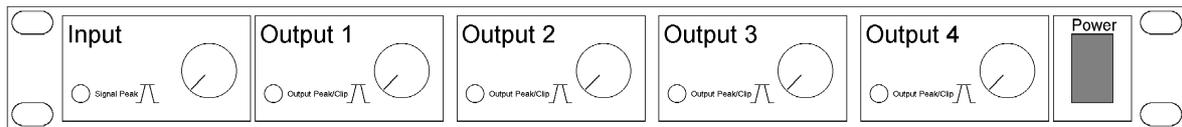
Ausgang unbeschaltet noch eventuelle Ladungen des Kondensator abgeben kann. Dies würde unter Umständen beim verbinden des Ausgangs mit einem Eingang während des Betriebs zu starken Krachgeräuschen führen (Umladung oder Entladung des Kondensators).

Wie die Ausgangsschaltung noch weiter optimiert werden kann (Stabilisierung gegen kapazitive und induktive Leitungseinflüsse) erscheint in der nächsten Ausgabe zum Thema Operationsverstärker.

Jetzt kann das gerät zum Beispiel in ein 19 Zoll Gehäuse eingebaut werden. Auf diese Art kann ein Verteilerverstärker – oder Splitter - aufgebaut werden. Nachfolgend eine Ansicht als Beispiel, wie der Splitter aussehen könnte:



Wer dann noch möchte, kann auch einen Power Schalter – sowie eine Anzeige für Peak-Level hinzufügen:



Der Gestaltungskreativität sind in diesem Fall keine Grenzen gesetzt. Wie die Peak-Anzeige aufgebaut wird und wie diese arbeitet – dazu mehr im nächsten Kapitel „Zusatzschaltungen“.

V1.0 vom 22.01.2004

V1.1 vom 03.03.2004

V1.2 vom 11.11.2004

*Wer Rechtschreibfehler in diesem Dokument findet, darf diese BEHALTEN! Für Anregungen und sinnvoll-konstruktive Kritik bezüglich aller Rechtschreibdifferenzen bei Form- und Ausdrucksfehler bezüglich der neuen Regelungen sind wir jederzeit sehr dankbar. Änderungen werden umgehend – sofern durchführbar – umgesetzt. Auf Wunsch erscheint der Name des „aufmerksamen Kritikers“ im Dokument. Manchmal läßt bei der Menge an technischen Informationen - die wir gern kostenlos veröffentlichen möchten - die Konzentration beim Schreiben nach. Vielen Dank für die Mithilfe!*

