

FRIED REIM

FR

KOPFHÖRER
VERSTÄRKER
KOCHBUCH



FRIED REIM

Klangpionier und Autor dieses Buchs

Fried Reim hat mit seinen innovativen Entwicklungen und seinem tiefgehenden Fachwissen die Welt der professionellen Audiotechnik und im speziellen der Kopfhörerverstärkertechnologie nachhaltig geprägt und Maßstäbe in Klangqualität und Präzision gesetzt.

Als Gründer von Lake People hat er seit 1986 mit Leidenschaft und technischer Finesse daran gearbeitet, höchste Ansprüche an Klangtreue und Zuverlässigkeit zu erfüllen, die er mit dem ersten dedizierten Kopfhörerverstärker Phone-Amp V6 auf den Markt brachte.

Seine Vision damals wie heute: Audiogeräte zu entwickeln, die nicht nur technisch überzeugen, sondern auch eine emotionale Verbindung zur Musik schaffen. Dank seines Engagements, seines Weitblicks und seiner Innovationskraft hat sich das Unternehmen stetig weiterentwickelt, neue Technologien eingeführt und sein Portfolio mit den Marken Violectric und Niimbus erweitert.

Heute sind die Produkte von Lake People bei Toningenieuren, Produzenten und Audiophilen auf der ganzen Welt hochgeschätzt.

Die Philosophie von Fried Reim und Lake People basiert auf Authentizität, Reinheit und Präzision des Klangs – Werte, die sich in jedem einzelnen Produkt widerspiegeln.

In diesem Buch gibt er Einblicke in seine jahrzehntelange Erfahrung in der Audiotechnik, beschreibt mit Leidenschaft für Musik und Sounddesign technische Entwicklungen und erklärt die feinen Nuancen perfekten Klangs.

Die zweite, überarbeitete Auflage des Kopfhörerverstärker-Kochbuchs ist nicht nur eine technische Abhandlung, sondern auch eine Inspirationsquelle für Klangbegeisterte, die sich mit der Kunst der perfekten Audio-Wiedergabe beschäftigen.

FRIED REIM

DAS KOPFHÖRER- VERSTÄRKER- KOCHBUCH

Oder: Warum überhaupt Kopfhörerverstärker?



INHALT

#01 WARUM ÜBERHAUPT KOPFHÖRERVERSTÄRKER?

#01.1 Warum eine variable Verstärkung sinnvoll ist: PRE-GAIN	10
#01.2 Warum eine hohe interne Betriebsspannung wichtig ist	11
#01.3 Warum ein hoher Dämpfungsfaktor wichtig ist	12
#01.4 Warum ein Relais beim Ein- und Ausschalten sinnvoll ist	16
#01.5 Warum es sinnvoll ist, den Frequenzgang zu begrenzen	16
#01.6 Warum ein guter Lautstärkereglер wichtig ist	17

#02 LAUTSTÄRKE

#02.1 Das Poti	20
#02.2 Der Stufenschalter	21
#02.3 Der elektronische Schalter	22
#02.4 Der VCA	23
#02.5 Monolithische integrierte Schaltkreise	23
#02.6 Der DCA	24
#02.7 Der RCA	24

#03 SYMMETRIE: THEORIE

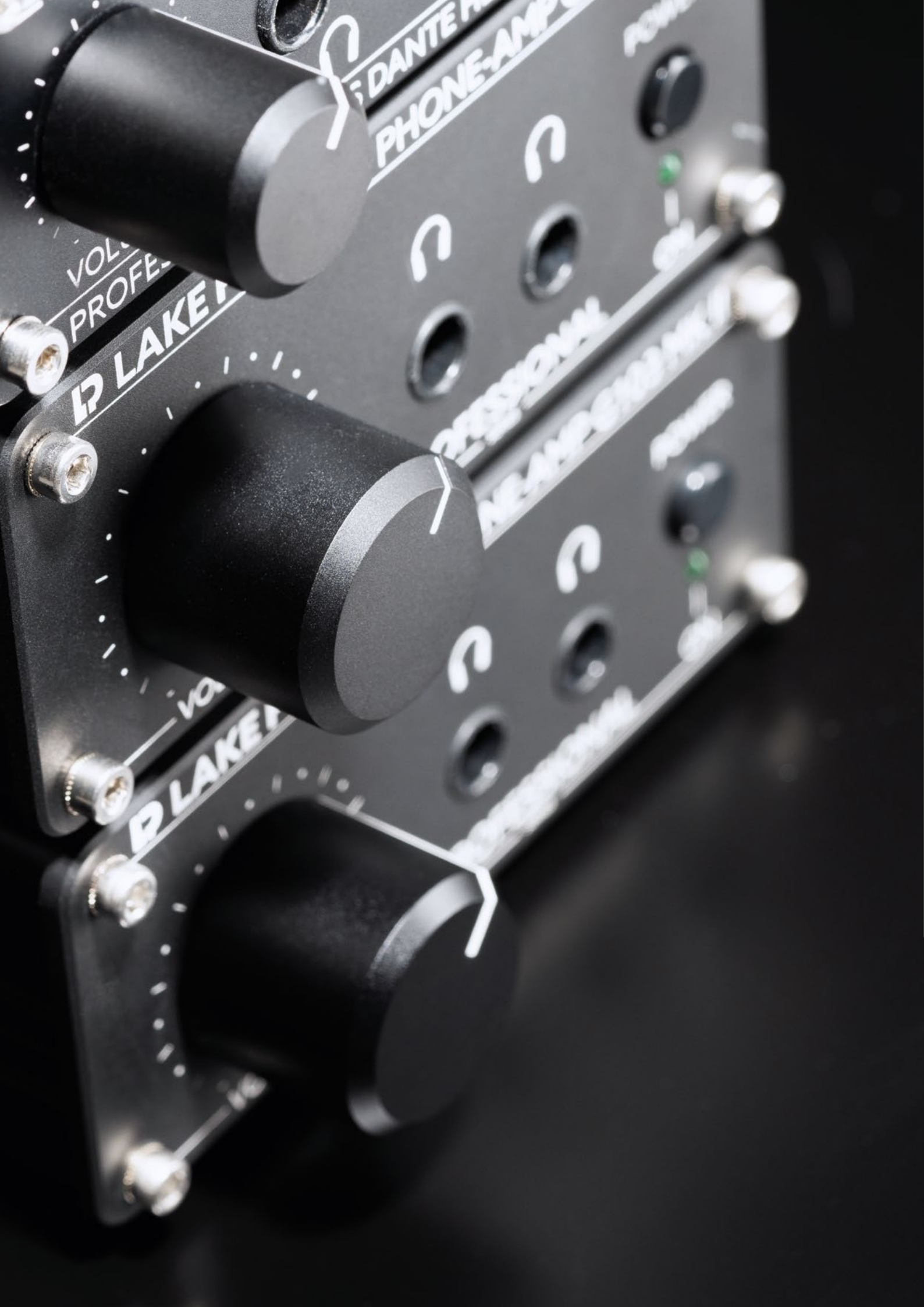
#03.1 Warum eine symmetrische Signalführung zwischen Geräten Vorteile hat	28
#03.2 Warum Verstärker mit symmetrischen Ausgängen Vorteile haben	29
#03.3 Verschiedene Arten von Symmetrien	30

#04 SYMMETRIE: PRAXIS

#04.1 Die Praxis	36
#04.2 Symmetrie für Lautsprecher und Kopfhörer	38

#05 DIE KOPFHÖRERVERSTÄRKER VON LAKE PEOPLE

#05.1 Unsere Manufaktur	45
#05.2 Zukunft braucht Herkunft	48
#05.3 Zuverlässigkeit und Langlebigkeit	53



DANTE
PHONE-AMP

VOL
PROFE

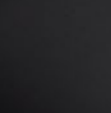
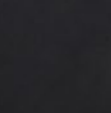
BLAKE

VOL
BLAKE



PROFE

BLAKE



PROFE

BLAKE

PROFE

BLAKE

PROFE

BLAKE

PROFE

BLAKE

PROFE

BLAKE

PROFE

#01 WARUM ÜBERHAUPT KOPFHÖRER- VERSTÄRKER?

Kopfhörer stellen ganz andere Anforderungen an einen Verstärker und decken einen deutlich größeren Impedanzbereich ab als Lautsprecher.

Um den wichtigen Kenngrößen Impedanz und Empfindlichkeit gerecht zu werden, braucht es einen leistungsstarken Kopfhörerverstärker.

EINFÜHRUNG

Ist es nicht so, dass ein Kopfhörer nur ein kleiner Lautsprecher ist und deshalb lediglich – wenn überhaupt – einen kleinen Verstärker braucht?

Während es ein Verstärker für Lautsprecher meist nur mit zwei Impedanzen zu tun hat, nämlich 4 und 8 Ohm, ist diese Spanne bei Kopfhörern wesentlich größer, nämlich 8 bis 600 Ohm – zuzüglich einiger Ausreißer nach oben und unten. Daneben sollte ein Verstärker für Lautsprecher ebenso wie ein Verstärker für Kopfhörer die teilweise nicht unerhebliche Kraft aufbringen, um die unterschiedlichen Wirkungsgrade der Schallwandler zu bedienen.

Der Kopfhörerverstärker ist ein Gerät zum Konditionieren eines Audiosignals mit dem Zweck, es auf die speziellen Besonderheiten eines Kopfhörers anzupassen. Das klingt im ersten Augenblick nicht sonderlich sensationell und kann oft auch mit wenig Aufwand erledigt werden. Es zeigt sich aber, wie bei fast allen Dingen, dass der Teufel im Detail steckt und ein gewisser Aufwand nötig ist, um möglichst **einen Verstärker für alle** Kopfhörer zu haben. Konditionieren heißt aber auch, dass der Kopfhörerverstärker das Signal nicht unbedingt verstärken muss; teilweise dämpft er sogar. Dann ist seine Aufgabe die eines Impedanzwandlers: Er soll das Signal so niederohmig wie möglich bereitstellen.

Es ist für viele Kopfhörer richtig, dass meist nur wenige Milliwatt für einen „zufriedenstellenden“ Betrieb benötigt werden. Der Kopfhörer per se ist aber sehr variabel.

Hier gibt es zwei Kenngrößen: Impedanz und Empfindlichkeit/Wirkungsgrad. Generell kann man sagen, dass Kopfhörer mit hoher Impedanz unempfindlicher sind als Kopfhörer mit niedriger Impedanz, die sind im Allgemeinen empfindlicher. Das stimmt zwar nicht immer – aber meistens.

Die Empfindlichkeit von Kopfhörern wird meist in Dezibel [dB] (Schalldruck) pro Milliwatt [mW] angegeben. Die Extreme sind hier der AKG K1000 mit 74 dB/mW einerseits und der Sennheiser HD 25 mit 108 dB/mW andererseits. Es braucht somit über 250-mal mehr Leistung, um den K1000 auf gleichen Schalldruck wie den HD 25 zu bringen. Weil $P=U^2/R$ kommt erschwerend hinzu, dass Kopfhörer mit hoher Impedanz meist auch viel Spannung brauchen, um wirklich laut zu sein – man braucht also einen Verstärker, der mit hoher Betriebsspannung arbeitet.

Speziell bei hochohmigen Kopfhörern reicht es also nicht, einen „kleinen“ Verstärker zu haben. Aber auch für niederohmige Kopfhörer sollte der Leistungsbedarf nicht unterbewertet werden. Weiterhin müssen noch andere technische Details beachtet werden, auf die im Weiteren eingegangen wird.



Der G108: Präziser Kopfhörerverstärker für professionelle Studioarbeit.

GRUNDSÄTZLICHE QUALITÄTEN

Bei der Gestaltung eines Kopfhörerverstärkers haben sich einige grundlegende Überlegungen als essenziell erwiesen. Dazu gehört die variable Verstärkung, die bei Lake People und Vioelectric als „PRE-GAIN“ bezeichnet wird. Diese „Vorverstärkung“ ermöglicht es, unterschiedliche Kopfhörer – von empfindlichen In-Ears bis zu hochohmigen Over-Ears – an denselben Verstärker anzuschließen, ohne Kompromisse bei der Klangqualität eingehen zu müssen.

Weitere entscheidende Größen sind Spannung, Leistung und der Dämpfungsfaktor. Eine hohe

Betriebsspannung optimiert die Wiedergabe von schnellen Transienten, besonders bei hochohmigen Kopfhörern. Außerdem verbessert sie die Dynamik und den Headroom (die Reserven für verzerrungsfreie Signalspitzen) des Verstärkers, was zu einer präziseren und detailreicheren Wiedergabe führt.

Ausreichende Reserven in Spannung und Leistung verlängern die Lebensdauer des Kopfhörers, da sie Verzerrungen und Überlastungen vermeiden. Der Dämpfungsfaktor trägt entscheidend zur Linearität der Darstellung bei.

#01.1 WARUM EINE VARIABLE VERSTÄRKUNG SINNVOLL IST: PRE-GAIN

Die variable Verstärkung heißt bei Lake People und Violectric PRE-GAIN. Sie dient dazu, das Rauschen des Verstärkers zu reduzieren und unvermeidbare Ungenauigkeiten zwischen linkem und rechtem Kanal bei mechanischer Lautstärkeregelung zu minimieren.

Aufgrund der Tatsache, dass die Schallwandler eines Kopfhörers sehr nah am Ohr sind, ist das Eigenrauschen des Verstärkers oft hörbar, bei sogenannten IEM (In-Ear-Monitors) kann dies sogar extrem störend sein. Bei Lautsprechern ist es ebenso, fällt aber meist nur auf, wenn man nahe an die Hochtöner herangeht.

Das statische Rauschen eines Verstärkers ist aus physikalischen Gründen immer vorhanden, seine Höhe hängt direkt von der Grundverstärkung des (End-)Verstärkers ab – und natürlich von der Sorgfältigkeit der Schaltungsentwicklung.

Leider ist es so, dass eine hohe Verstärkung – und damit ein vermeidbar hoher Rauscheintrag – den stabilen Betrieb eines Verstärkers begünstigt. Je niedriger die Verstärkung, desto höher sind die Schwingneigung (die Tendenz des Systems, unkontrolliert zu wackeln oder zu zittern) und der technische Aufwand, diese zu vermeiden.

Weil sie einfacher herzustellen sind, gibt es deshalb oft Kopfhörerverstärker im Markt mit einer unnötig hohen Verstärkung von ca. 10–20 Dezibel = Faktor 3–10. Eine hohe Verstärkung ist für empfindliche Kopfhörer eigentlich auch nicht nötig, ein hochohmiger (etwas unempfindlicherer) Kopfhörer braucht sie hingegen. Um niedrigstes Rauschen einerseits und eine mögliche hohe Verstärkung andererseits zu haben, ist also eine variable Verstärkungseinstellung vor einer Endstufe mit möglichst geringem Verstärkungsfaktor wünschenswert – dieses Feature haben wir **PRE-GAIN** genannt. PRE-GAIN ist bei uns meist in wenigstens 5 Stufen einstellbar, der Bereich umfasst bis zu –18 bis +24 Dezibel.

Dazu zwei extreme Beispiele, die fixe Größe ist dabei ein Kopfhörerverstärker mit einer Verstärkung von 6 Dezibel (2-fach) in der Endstufe.

1. Beispiel:

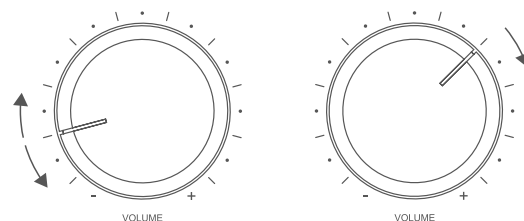
Der (Vor-)Verstärker liefert eine Spannung von 4 Volt, der Kopfhörer braucht aber nur 2 Volt, um 100 Dezibel

Schalldruck zu erzeugen. Bei aufgedrehtem Lautstärkeregelwürde der Kopfhörerverstärker bei 6 Dezibel Verstärkung 8 Volt Spannung liefern, man dürfte also den Lautstärkeregel nur vorsichtig bedienen, um keinen Hörschaden davon zu tragen. Weiter sollten laute Störgeräusche am Eingang vermieden werden, weil die auch gnadenlos verstärkt werden.

Durch PRE-GAIN kann man den Eingangspegel um 12 Dezibel (1/4) vermindern, aus 4 Volt Eingangspegel wird 1 Volt. Dieses Volt wird wieder 2-fach verstärkt, es werden also 2 Volt daraus – man kann den Lautstärkeregel beruhigt aufdrehen.

2. Beispiel:

Der (Vor-)Verstärker liefert eine Spannung von 1 Volt, der Kopfhörer braucht aber 10 Volt, um 100 Dezibel Schalldruck zu erzeugen. Bei aufgedrehtem Lautstärkeregelwürde der Kopfhörerverstärker mit 6 Dezibel Verstärkung 2 Volt Spannung liefern – viel zu wenig für den Kopfhörer. Durch PRE-GAIN kann man den Eingangspegel um 12 Dezibel (4-fach) erhöhen, aus 1 Volt Eingangspegel werden 4 Volt. Das wird wieder 2-fach verstärkt, es werden also 10 Volt daraus. Und das ist genau richtig für den Kopfhörer.



Ein weiterer Grund für PRE-GAIN ist der immer vorhandene Pegelfehler zwischen Links und Rechts, den JEDER mechanische Lautstärkeregel aufgrund seiner Konstruktion aufweist. Ein Potentiometer hat immer eine Abweichung zwischen linkem und rechtem Kanal, die geringer ausfällt, je hochwertiger das Poti gefertigt ist. Dieser Pegelfehler nimmt leider zum Linksanschlag hin zu – muss man also besonders leise regeln, weichen

linker und rechter Kanal tendenziell stärker voneinander ab. Mit PRE-GAIN kann der Regelweg in den präziseren mittleren Bereich des Potis verschoben werden, sodass die Kanalabweichung minimiert wird.

Während in Mittelstellung (12 Uhr) der Pegelfehler bei Vioelectric Geräten nicht größer als nicht wahrnehmbare 0,3 Dezibel sein darf, kann er bei weniger guten Potis in

8-Uhr-Stellung schon mehr als deutlich wahrnehmbare 3 Dezibel betragen.

Durch PRE-GAIN kann die Verstärkung des Kopfhörerverstärkers so eingestellt werden, dass sich der Lautstärkereger für „normales“ Hören immer rechts von 12 Uhr befindet und damit der natürliche Pegelfehler minimiert wird.

#01.2 WARUM EINE HOHE INTERNE BETRIEBSSPANNUNG WICHTIG IST

Je höher die Impedanz eines Kopfhörers, desto mehr Spannung benötigt er, um schnelle Transienten entsprechend darstellen zu können. Eine hohe interne Betriebsspannung schont den Kopfhörer außerdem.

Ein Kopfhörer braucht zwar nicht viel Leistung, aus $P=U^2/R$ ergibt sich jedoch, dass bei gegebenem (Last-) Widerstand des Schallwandlers die Spannung quadratisch in die Leistung eingeht. Je hochohmiger ein Kopfhörer ist, desto mehr Spannung braucht er also.

Dies hat nur bedingt mit der absolut erzielbaren Lautstärke zu tun: Musik lebt von schnellen Transienten¹, die hohe Anforderungen an die Übertragungstechnik stellen. Und so kann ein schneller Impuls einen gewöhnlichen Verstärker mit +/-15Volt oder weniger Betriebsspannung leicht an sein Limit bringen. Lake People und Vioelectric Geräte haben meist eine interne Betriebsspannung von +/-25 bis +/-30Volt. Dadurch gewinnt

man wesentlich mehr Aussteuerungsfähigkeit und die Sicherheit, den Kopfhörer auch bei hohen Lautstärken im linearen, unverzerrten Bereich zu betreiben. Das kommt der Lebensdauer des teuren Kopfhörers zugute.

Leider bedeuten hohe Betriebsspannungen im Falle eines Kurzschlusses oder anderer Anomalien hohe Ströme, die den Verstärker oder die Stromversorgung zerstören können. Dies sollte berücksichtigt werden und kann durch Schaltungen zur Strombegrenzung in verschiedenen Teilen des Verstärkers vermieden werden. Ein gutes Design wird daher nicht die niedrige Ausgangsimpedanz des Verstärkers beeinträchtigen (siehe unten den Dämpfungsfaktor).

Warum eine hohe Leistung wichtig ist

Ausreichend dimensionierte Leistungsreserven im Verstärker schützen den Kopfhörer und erhöhen seine Lebensdauer.

Gut, so richtig hoch muss die Leistung eines Kopfhörerverstärkers nicht sein, verglichen mit einem Verstärker für Lautsprecher. Für niederohmige und/oder wirkungsgradschwache Kopfhörer sollten aber auf jeden Fall mehr als 1.000Milliwatt bei 50 bis 100Ohm Last-

Impedanz zur Verfügung stehen. Es gilt – wie bei den hohen Betriebsspannungen für hochohmige Kopfhörer – unter allen Betriebsbedingungen ein sauberes und verzerrungsfreies Signal zur Verfügung zu stellen. Das kommt der Lebensdauer des teuren Kopfhörers zugute.

¹ Als „Transienten“ bezeichnet man die sehr schnellen, impulshaften Einschwingvorgänge, die den Ansatz eines musikalischen Signals bilden. Sie tragen entscheidend zur Erkennbarkeit von Instrumenten bei.

#01.3 WARUM EIN HOHER DÄMPFUNGSFAKTOR WICHTIG IST

Der Dämpfungsfaktor unterdrückt den Fehlstrom, der durch die Bewegung eines Treibers unweigerlich entsteht. Ein zu geringer Dämpfungsfaktor beeinträchtigt den Frequenzgang eines Kopfhörers.

Jedes elektrodynamische System erzeugt nach einer Wirkung eine Rückwirkung, Gegen-EMK (Elektromotorische Kraft) genannt.

Wird die Schwingspule eines Kopfhörers durch den Verstärker ausgelenkt, entsteht ein (Fehl-)Strom, wenn sie wieder in ihre Ausgangslage zurückfällt. Dieser Strom muss so gut wie möglich unterdrückt werden – und das gelingt am besten, wenn die Ausgangsimpedanz des Verstärkers so niedrig wie möglich ist. Dann ist nämlich seine Fähigkeit zur Stromaufnahme so hoch wie möglich.

Der **Dämpfungsfaktor** beschreibt also das Verhältnis des Ausgangswiderstandes (= Ausgangsimpedanz) eines Verstärkers zu einer gegebenen Last.

Da technische Vorschriften fehlen, definieren wir bei Lake People und Vioelectric die Last (Impedanz der Schwingspule) mit 50 Ohm. Daraus ergeben sich bei Lake People und Vioelectric Geräten Dämpfungsfaktoren über 250 auf Basis der Ausgangsimpedanzen $< 0,2 \text{ Ohm}$.

Wenn die Ausgangsimpedanz eines Verstärkers zu hoch ist, wirkt sie sich ungünstig auf die Linearität des Frequenzgangs des Kopfhörers aus und „verbiegt“ ihn meist im unteren Frequenzbereich. Dies umso mehr, je höher die Ausgangsimpedanz des Verstärkers und je niedriger die Impedanz des Kopfhörers ist. Meist erfolgt eine Überhöhung der tiefen Frequenzen, was oft sogar als angenehm empfunden wird. Leider ist dieser „tolle“ Bass jedoch nur eine Resonanz und fällt deshalb nicht „knackig“, sondern eher „schwammig“ und wenig präzise aus.

Dieses Resonanz-Verhalten erklärt auch, warum ein Kopfhörer an einem spezifischen Verstärker „gefällt“, an einem anderen hingegen nicht.



Der Vioelectric HPA V550 ist ein Kopfhörerverstärker mit PRE-GAIN Funktion, die für Eingangssignale von -18 bis +18 Dezibel eingestellt werden kann, um eine optimale Anpassung an verschiedene Quellen und Kopfhörer zu ermöglichen.



KURZÜBERSICHT

- Eine variable Verstärkung (PRE-GAIN) kann das Rauschen minimieren und die Pegelgleichheit zwischen Links und Rechts optimieren.
- Eine hohe interne Betriebsspannung garantiert die makellose Darstellung von schnellen Transienten insbesondere bei hochohmigen Kopfhörern.
- Hohe Leistungs- und Spannungsreserven reduzieren Verzerrungen und schützen Kopfhörer und Gehör vor Überlastung.
- Ein hoher Dämpfungsfaktor erhält den Frequenzgang des Kopfhörers und vermeidet klangliche Verfälschungen.

SCHALTUNGS- FRAGEN

Es ist wichtig, sich über einige grundlegende Eigenschaften der Gesamtschaltung klar zu sein, bevor die zentralen Elemente genauer hervor gehoben werden.

Die Ein- und Ausschaltvorgänge eines handels- üblichen Verstärkers können Schäden an den Kopfhörern verursachen. Daher sollten Relais verbaut werden, die erst verzögert die Kopfhörer in die Elektronik schalten, um die Schallwandler vor gefährlichen Stromspitzen zu bewahren. Auch Frequenzen, die über das menschliche

Hörvermögen hinausgehen, können Schäden verursachen. Aus diesem Grund sollte der Fre- quenzgang nicht vollständig geöffnet, sondern in den Randbereichen eingeschränkt werden. Das hörbare Spektrum bleibt somit unberührt, es geht also keine Information verloren.

Außerdem ist entscheidend, dass die Lautstärke- regelung qualitativ hochwertig umgesetzt ist. Genauere Informationen zur Lautstärke folgen im nächsten Kapitel.

1 MK II

POWER



AL

ON



#01.4 WARUM EIN RELAIS BEIM EIN- UND AUSSCHALTEN SINNVOLL IST

Ein Relais verhindert, dass schädliche Stromspitzen beim Ein- und Ausschalten den Kopfhörer erreichen.

Jeder Verstärker verursacht während des Ein- und Ausschaltvorgangs Störungen. Diese können die angeschlossenen Kopfhörer beschädigen.

Über ein Relais und die zugehörige Elektronik kann der Kopfhörer verzögert mit dem Verstärker verbunden und nach dem Ausschalten sofort wieder getrennt werden. So wird der Kopfhörer nach dem Einschalten

während des Hochlaufens der Betriebsspannungen vor der Geräte-Elektronik geschützt, solange keine klar definierten Verhältnisse zu erwarten sind.

Nach dem Ausschalten des Verstärkers wird der Kopfhörer sofort von der Elektronik getrennt. Das bewahrt ihn vor Verzerrungen, die durch den Zusammenbruch der Betriebsspannungen generiert werden.

#01.5 WARUM ES SINNVOLL IST, DEN FREQUENZGANG ZU BEGRENZEN

Das Spektrum der vom Menschen hörbaren Frequenzen ist begrenzt. Frequenzen außerhalb dieses Spektrums enthalten keine Informationen, können aber die Wiedergabe beeinträchtigen oder sogar Schaden verursachen.

Töne sind elektrische Wechselformen. Hören kann man sie als junger Mensch von ca. 20 bis 20.000 Hertz. Je älter der Mensch, desto weniger hört er vor allen Dingen die hohen Frequenzen. Um diese Frequenzen möglichst gut zu übertragen, muss der Frequenzgang eines Verstärkers möglichst breit und möglichst glatt sein.

Nach unten ist diese Grenze durch die Gleichspannung (0 Hertz) gesetzt, tiefer geht es nicht. Gleichspannungen sind immer im Signal vorhanden und können von der Quelle kommen oder werden im Verstärker selbst unbeabsichtigt gebildet. Sie lenken die Membran des Schallwandlers unhörbar in eine Richtung aus, je nachdem ob diese Spannung positiv oder negativ ist. Sie belasten den Verstärker und die Schwingspule, können die Amplitude begrenzen und sogar den Schallwandler zerstören!

Nach oben kann sich die Grenzfrequenz grundsätzlich in fast jeder beliebigen Höhe befinden – jedoch wird das Gerät dadurch auch empfindlich für elektromagnetische Einstrahlungen. Die hört man zwar erstmal nicht, sie mischen sich aber mit den Nutzfrequenzen und dann können sie hörbar werden. Außerdem können Sie Oszillationen hervorrufen und damit den Verstärker, seine Stromversorgung und den Schallwandler zerstören.

Ein beliebig offener Frequenzgang zeugt also nicht unbedingt von bemerkenswerter Ingenieursleistung, sondern eher von Verantwortungslosigkeit. Deshalb ist der Frequenzgang bei Lake People und Violectric Geräten auf ein sinnvolles Maß begrenzt.

#01.6 WARUM EIN GUTER LAUTSTÄRKEREGLER WICHTIG IST

Je besser der Lautstärkereglер, desto genauer erfüllt er seinen Zweck, ohne zusätzlich ungewollte Veränderungen am Signal vorzunehmen.

Ein Lautstärkereglер ist ein mechanisches Stellglied, das es im Weltmarkt beliebig günstig gibt. Zwar wird es inzwischen oft durch elektronische Schaltungen ersetzt, die haben jedoch bezüglich Dynamik, Rauschen und Verzerrungen deutliche Nachteile.

Für hochwertige Anwendungen sind Widerstandsbahnen aus Leitplastik, präzise „Multitap“-Schleifer und getrennte Kammern für die einzelnen Sektionen ideal. Eine hohe mechanische Qualität ist dabei unerlässlich, um einen langfristig zuverlässigen Betrieb zu gewährleisten.

Die beste verfügbare Option für hochwertige Potentiometer ist, wie wir seit vielen Jahren feststellen, das RK27-Poti von Alps.

Tatsächlich ist die Lautstärkeregelung so komplex und bedeutend, dass sich das folgende Kapitel ganz diesem Thema verschreibt.



Das RK27-Poti von Alps – beste verfügbare Option für präzise Lautstärkeregelung.

KURZÜBERSICHT

- Relais verhindern Stromspitzen beim Ein- und Ausschalten und schützen so die Kopfhörer.
- Ein gezielt begrenzter Frequenzgang optimiert die Wiedergabe und schont die Schallwandler.
- Hochwertige Lautstärkereglер sind entscheidend für exzellente Klangqualität.

256-step
PROCONTROL

WTC

VOLUME

#02 LAUTSTÄRKE

Es gibt theoretisch eine ganze Reihe von Möglichkeiten, eine Lautstärkeregelung elektronisch umzusetzen; praktisch taugen aber nur wenige dieser Möglichkeiten tatsächlich. Stufenschalter, elektronische Schalter, VCAs und ICs sind aus verschiedenen Gründen nur eingeschränkt oder gar nicht als Lautstärkereglern geeignet.

Die wohl am weitesten verbreitete und sinnvollste Lösung ist das Potentiometer oder kurz „Poti“. Dabei schleift ein Kontakt auf einer kreisförmigen Leiterbahn, um einen Widerstand zu regeln. Die Güte eines Potis ist variabel und hängt von den verwendeten Materialien und ihrer Verarbeitung ab; entsprechend können Potis in verschiedenen Preisklassen ganz unter-

schiedlich klingen. Je hochwertiger und besser das Poti, desto präziser und störungsfreier ist die Lautstärkeregelung. Daher ist die Qualität des Bauteils entscheidend.

Die beste Möglichkeit, eine bestmögliche Lautstärkeregelung zu realisieren, ist der RCA. RCA steht für „Relay Controlled Attenuator“, also „relaisgesteuerter Abschwächer“. Dabei wird mit einer Reihe von Relais zwischen Festwiderständen umgeschaltet. So ergibt sich eine sehr exakte, kanalgleiche und störungsresistente Lautstärkeregelung, die allerdings mit großem technischem und materiellem Aufwand verbunden und entsprechend teuer ist.

ÜBER VERSCHIEDENE ARTEN DER LAUTSTÄRKEREGELUNG

Zur Regelung der Lautstärke ist ein variabler Spannungsteiler nötig, der nur bestimmte Anteile des Pegels der Vorstufe zur Endstufe eines Gerätes durchlässt.

Die einfachste Variante dieses variablen Spannungsteilers ist ein mechanisches Stellglied, das als Potentiometer oder kurz Poti bezeichnet wird.

#02.1 DAS POTI

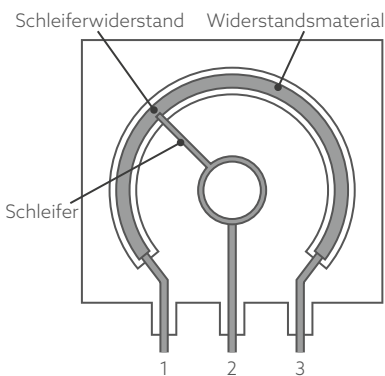
Potentiometer sind mechanische Stellglieder und in ihrer Güte daher abhängig von der Qualität und Verarbeitung der Komponenten. Außerdem unterliegen diese Komponenten Alterungsprozessen, die sich zunehmend auf die Funktion auswirken können. Rein passive Potis bereiten aufgrund der Impedanz oft zusätzliche Probleme. Für einen tadellosen Betrieb ist also die Qualität eines Potis entscheidend; das RK27 von Alps hat sich als hochwertiger Standard etabliert.

Ein Poti zur Lautstärkeregelung kann man sich als einen „nackten“ Widerstand vorstellen. Dieser ist mit der einen Seite (3) an das Signal der Quelle angeschlossen, die andere Seite (1) liegt an Masse. Auf der Oberfläche dieses

Widerstands kann ein mechanischer Schleifer (2) bewegt werden. Ist er näher an der Seite der Quelle, ist das Signal lauter; ist er näher an der Masse-Seite, ist das Signal leiser. Liegt der Schleifer direkt auf Masse, ist das Signal stumm.

Für Stereoanwendungen ergeben sich weitere Komplikationen, denn die Widerstandsbahnen müssen für den linken und rechten Kanal möglichst gleich sein (schwierig) und sich am besten räumlich getrennt in unterschiedlichen Kammern befinden.

Um einen problemlosen Betrieb über Jahre sicherzustellen, sollten die Oberflächen der Widerstandsbahnen möglichst hart und glatt sein. Die Schleifer sollten wenigstens an den Kontaktflächen aus besonderem Material wie Silber oder Gold sein.



Es ist unschwer vorstellbar, dass solch ein mechanisches Stellglied mit mehr oder weniger großem Aufwand hergestellt werden kann. Die Widerstandsbahnen können aus besserer oder schlechterer Kohle, aus Keramik oder Leitplastik gefertigt werden, die Schleifer aus einfachem oder besonderem Material, einfacher oder spezieller geformt.

Die Leiterbahnen in Potis zur Lautstärkeregelung haben einen sogenannten logarithmischen Verlauf, um der Wahrnehmungscharakteristik des Ohres nahezukommen. Der Widerstand verändert sich von links nach rechts (bzw. von leise zu laut) zuerst stark, danach immer schwächer.



Alps RK14 Stereopotentiometer



Alps RK27 Stereopotentiometer

Das Poti ist mit speziellem Fett gefüllt. Alterung und Materialabrieb lassen ein Poti früher oder später kratzen, weil der Schleifer durch Abrieb und Staub nicht mehr akkurat auf der Widerstandsbahn sitzt. Wer jetzt meint, dem Poti mit Kontaktspray etwas Gutes zu tun, liegt restlos falsch. Durch das Spray wird der Abrieb fortgespült und das Poti kratzt zwar Anfangs nicht mehr, nach kurzer Zeit aber umso schlimmer, weil auch das Fett aufgelöst wurde.

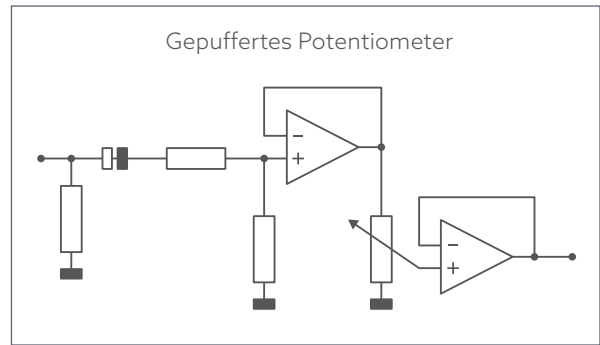
Die Anforderungen an die Mechanik sind ebenfalls hoch. Die Achsen sollten nicht wackeln, ein „sattes“ Drehgefühl ist genauso erstrebenswert wie ein identisches Drehmoment bei Geräten mit mehreren Potis.

Durch mechanische Maßnahmen innerhalb des Potis können Rasterungen realisiert werden um eine (Re-)Positionierung zu erleichtern:

- Für die Lautstärke wird gern eine 31- oder 41-fach Rasterung genommen,
- Ein Balance-Poti hat oft eine Mittelrast,
- Für die Klangregelung empfiehlt sich ein 13-fach Raster.

Diese Rasterungen haben nichts mit den Stufen eines Stufenschalters zu tun! Sie dienen lediglich einer besseren Positionierbarkeit und vermitteln ein gewisses Präzisionsgefühl.

Prinzipbedingt stellt das Poti für die Quelle eine recht konstante und hohe Impedanz dar, für die nächste Verstärker-Stufe jedoch eine höchst variable. Um Störeinflüsse auszuschließen, sollte diese Impedanz jedoch ebenfalls klein sein. Das lässt sich nur mit zusätzlichem elektronischem Aufwand bewerkstelligen, am besten durch einen Pufferverstärker.



Obiges ist ein Grund dafür, dass passive Stellglieder im Signalweg meist mehr Probleme bereiten als lösen! Potis können recht einfach automatisiert werden, indem man über ein Getriebe einen Motor anbaut. Eine Rutschkupplung sorgt dafür, das vorn per Hand gedreht werden kann, während hinten der Motor läuft.

Potis gibt es im Weltmarkt (fast) beliebig günstig, oder auch exorbitant teuer – für ein paar Cent oder für einige hundert Euro wie das Alps RK50. Der Markt für richtig gute Potis ist klein, deshalb haben Hersteller wie Noble oder Panasonic nichts mehr im Angebot. Das RK27 Poti von Alps ist das Mittel der Wahl, wenn es um vernünftige Qualität zu einem akzeptablen Preis geht. Da Potis oft teuer sind und früher oder später anfällig werden, wird schon lange über Ersatz nachgedacht.

#02.2 DER STUFENSCHALTER

Stufenschalter arbeiten allgemein präziser und langlebiger als Potentiometer. Dafür sind sie in der Anzahl der Stufen stark eingeschränkt und können nicht automatisiert werden.

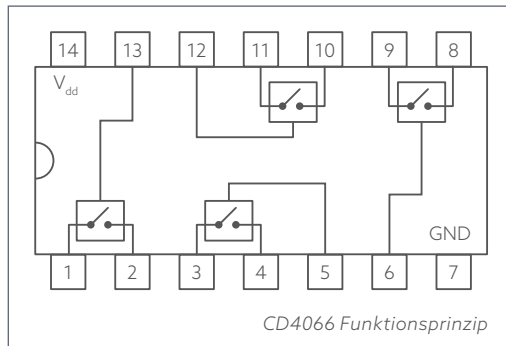
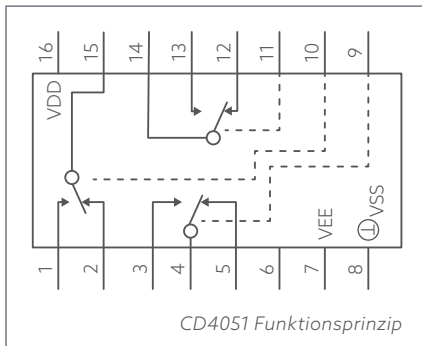
Ein Stufenschalter kann recht gut als Poti-Ersatz dienen. Hier gibt es keine Widerstandsbahn, sondern einen durch je zwei Widerstände pro Schaltstufe gebildeten Spannungsteiler. Die Vorteile sind ein sehr guter Kanalgleichlauf, bei guter Qualität der Kontakte und einer nachhaltigen Konstruktion ist der Schalter langlebiger als ein Poti.

Die Nachteile sind allerdings auch beträchtlich. Durch die begrenzte Anzahl der Stufen (12 oder 24) ist solch ein Stufenschalter nur bedingt zur Regelung der Lautstärke geeignet. Er ist auch teuer, speziell die 24-stufige Variante, aufwendig in der Herstellung und nicht automatisierbar.



#02.3 DER ELEKTRONISCHE SCHALTER

Elektronische Schalter sind kostengünstig, aber genügen den klanglichen Ansprüchen an eine hochwertige Lautstärkeregelung nicht.



Elektronische Schalter eignen sich für eine Reihe von Funktionen, aber nicht für die Regelung der Lautstärke. Sie neigen zu Verzerrungen und überzeugen klanglich nicht.

Ein elektronischer Schalter ist ein Element, das von einem „recht hochohmigen“ Widerstand (hoher Widerstand, wenig Stromfluss) zu einem „recht niederohmigen“ Widerstand (niedriger Widerstand, mehr Stromfluss) umgeschaltet werden kann. Lautstärke wird dadurch nicht direkt geregelt, da der Schalter nur zwischen zwei Widerstandszuständen wechselt, nicht stufenlos wie ein Potentiometer.

Die ersten Varianten dieser elektronischen Schalter hatten ein Problem mit dem „recht niederohmigen“ Zustand. Dieser war nämlich nicht wirklich niederohmig – der Widerstand war höher als gewünscht und schwankte –, was zu unzuverlässigem Stromfluss und Signalverlusten führte, ein Problem für präzise Anwendungen. Auch ist der „Schalter“ ein Feldeffekt-Transistor (FET), der für nicht unwesentliche zusätzliche Verzerrungen verantwortlich sein kann und nach speziellen „Einbauorten“ in der Schaltung verlangt.

Unter gewissen schaltungstechnischen Voraussetzungen können elektronische Schalter als Relais-Ersatz zum Beispiel zur Eingangsumschaltung verwendet werden. Es gibt inzwischen auch elektronische Schalter, die enger tolerierte und niedrigere „ON“-Widerstände haben. Niedrigere „ON“-Widerstände sind erstrebenswert, da sie besseren Stromfluss, weniger Signalverlust und Verzerrungen ermöglichen, was die Schalter effizienter und zuverlässiger macht. Aber: Trotz allen Fortschritts taugen elektronische Schalter kaum als Poti-Ersatz.

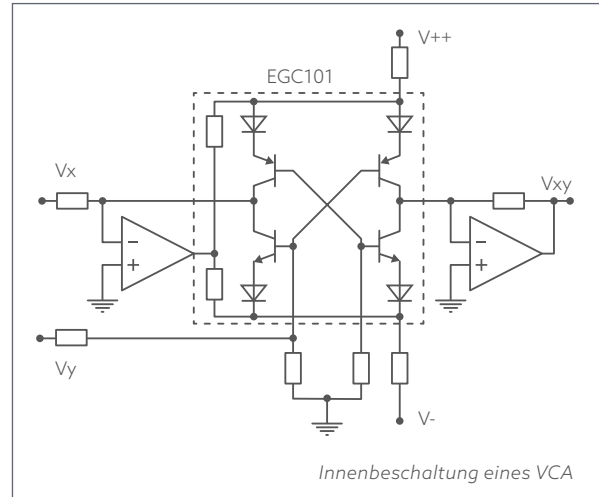
Abgesehen davon, dass ein solcher Schalter kaum Kratzgeräusche verursacht, überzeugt das Klangergebnis in der Regel nicht. Aufgrund der stark gesunkenen Preise stellen elektronische Schalter jedoch eine kostengünstige Alternative dar. Ein weiterer Vorteil ist ihre einfache Automatisierbarkeit.

#02.4 DER VCA

Voltage Controlled Attenuators erzeugen Verzerrungen und sind daher für Anwendungen mit hohen Anforderungen an den Klang nicht geeignet.

Der VCA ist ausgeschrieben ein „Voltage Controlled Attenuator“, also ein „spannungsgesteuerter Abschwächer“. Bekannt aus frühen Analog-Rechnern und dort auch Vier-Quadranten-Multiplizierer genannt, wurde er in den frühen 1980er Jahren für die Audiotechnik weiterentwickelt. In der Studiotechnik kam er in Limitern und Noise-Gates zur Anwendung. Auch frühe Mischpult-Automatiken bedienten sich des VCA.

Er produziert im dämpfenden Zustand nicht zeitgemäße Verzerrungen und ist deshalb für klangkritische Anwendungen untauglich. Die Steuerspannung des VCA ist vergleichsweise klein (meist 6 Millivolt pro 1 Dezibel Dämpfung) und damit für guten Kanal-Gleichlauf nur bedingt zu gebrauchen. Auch ist er nur mit recht viel Aufwand automatisierbar.



#02.5 MONOLITHISCHE INTEGRIERTE SCHALTKREISE

ICs sind günstig und vielseitig, haben aber starke klangliche Nachteile durch hohe Verzerrungen und Rauschen.

Einen frühen Ansatz verfolgte Anfang der 1980er Jahre Philips mit den Bausteinen TCA730 und TCA740. Dies waren Chips, die mit einfachen linearen Potis die Lautstärke, Balance, Höhen und Tiefen für zwei Kanäle regeln konnten. Die Idee dahinter war der Einsatz billigster Potis

und eine reduzierte Verdrahtung. Leider hatten die ICs schon in den 1980ern ihren Ruf als „Rausch- und Klirrgeneratoren“ weg. Für hochwertigen Klang absolut ungeeignet.

#02.6 DER DCA

Digitally Controlled Attenuators arbeiten analog, sind aber digital steuerbar. Sie erzielen gute Klangwerte und werden oft eingesetzt.

Der Fortschritt in der Chipstechnologie brachte seit Ende der 1990er den DCA, den „Digitally Controlled Attenuator“ oder „digital steuerbaren Abschwächer“. Dabei ist der Abschwächer selbst analog, das Setzen der internen „Schalter“ erfolgt aber digital über Datenworte. Intern ist ein DCA eine intelligente Kombination aus vielen elektronischen Schaltern, Präzisionswiderständen und Pufferverstärkern.

Eines der ersten tauglichen Exemplare war der CS3310 von Cirrus Logic. Dieser und nachfolgende Bausteine sind zweikanalig und verfügen meist über 256 Stufen zu je 0,5 Dezibel. Ein Schalten im Nulldurchgang des Signals

ist vorgesehen und überhaupt ist die ganze Angelegenheit schon recht audiophil was die Linearität, zusätzliches Rauschen und Klirren angeht. Eine Automatisierung ist sehr einfach durchführbar.

Ein Nachteil des CS3310 ist, dass er nur mit 5 Volt zu betreiben ist, die Aussteuerungsfähigkeit ist also eingeschränkt. Dies ist bei Derivaten anderer Hersteller teilweise verbessert worden. Der CS3310 und seine Kollegen werden oft und gern eingesetzt. Sie sind aber von ernsthaftem High End noch ein ordentliches Stück entfernt.

#02.7 DER RCA

Der xRelay Controlled Attenuator“, also der „relaisgesteuerte Abschwächer“, vereint die Vorzüge aller zuvor genannten Alternativen und vermeidet deren spezifischen Nachteile. Relais schalten dabei zwischen Festwiderständen um und erzielen maximale Präzision, Kanalgleichheit und Übersprechdämpfung.



Als Lautstärkereger nutzt der Nimbis US 5 ein nahezu unhörbares Reed-Relais mit 256 Stufen in 0,4 Dezibel Schritten.

Durch die Relais werden Widerstandskombinationen geschaltet, ähnlich dem Stufenschalter, jedoch je nach Aufwand mit deutlich mehr Stufen – außerdem ist die Angelegenheit automatisierbar, also fernbedienbar. Bei Lake People und Vioelectric gibt es derzeit eine 256-stufige Variante mit einer Schrittweite von

0,4 Dezibel, wodurch ein Regelumfang von über 100 Dezibel erreicht wird. Natürlich kommen nicht 256 Relais pro Kanal zum Einsatz – stattdessen ermöglichen acht Relais pro Kanal durch ihre Schaltkombinationen insgesamt $2^8 = 256$ Stufen.

Die Vorteile

- Kein Kratzen, weil keine Widerstandsbahn vorhanden ist
- Beste Kanalgleichheit durch den Einsatz von 1%- und 0,1%-Widerständen²
- Beste Übersprechdämpfung durch die räumliche Trennung der Kanäle
- Regelbereich theoretisch größer als bei einem Potentiometer
- Multikanalbetrieb sehr einfach und präzise realisierbar
- Keine Gefahr von zusätzlichem Klirr oder Rauschen, da sich nur Festwiderstände im Signalweg befinden

Fazit: Der relaisgesteuerte Abschwächer ist die absolut beste Möglichkeit, die Lautstärke zu regeln.

Natürlich gibt es auch Nachteile

- Es ist die technisch aufwendigste und damit teuerste Lösung
- Es kommt zu mechanischen Geräuschen während der Einstellung
- Teilweise können leichte Tonstörungen und Knacksen während der Einstellung auftreten

Eine relaisgesteuerte Lautstärkeregelung kann im Betrieb deutlich hörbar schalten. Dies lässt sich vermeiden durch die Verwendung von Reed-Relais. In einem Reed-Relais sind die Leiter berührungslos gekapselt. Potenziometer zur Lautstärkeregelung besitzen oft einen logarithmischen Verlauf, um der Hörwahrnehmung gerecht zu werden. Der Widerstand verändert sich exponentiell mit dem Drehwinkel.

KURZÜBERSICHT

- Aus allen Schaltungsmöglichkeiten für eine präzise Lautstärkeregelung sind nur Potentiometer, DCA und Relais-Schaltung sinnvoll realisierbar.
- Potis gibt es in allen Preisbereichen, wobei sich ein höherer Preis auch sehr deutlich in der Qualität niederschlägt.
- DCAs bieten ebenfalls bereits gute Ergebnisse, erreichen aber keine Bestwerte.
- Relaisgesteuerte Festwiderstände sind aufwendig, bieten aber die besten Eigenschaften für eine erstklassige Lautstärkeregelung.
- Stufenschalter, elektronische Schalter, VCAs und ICs sind nur bedingt oder gar nicht für die Lautstärkeregelung geeignet.

²Die Prozentangaben beschreiben die Toleranzen der Bauteile. Derart geringe Toleranzen ermöglichen eine besonders exakte Klangwiedergabe.



HE-560

HPA V281 LIMITED EDITION

XLR RCA1 RCA2

HEAD MUTE LINE

POWER

#03 SYMMETRIE: THEORIE

Symmetrie in der Signalübertragung bedeutet, dass ein Nutzsignal über zwei getrennte Leiter gleichzeitig übertragen und im Empfängergerät wieder zusammengesetzt wird. Durch Phasendrehung wird der Einfluss von Einstreuungen auf dem Signalweg im Vergleich zur unsymmetrischen Übertragung deutlich reduziert oder sogar vollständig ausgeschaltet.

Die Symmetrierung verbessert zudem die Kanaltrennung zwischen linkem und rechtem Kanal, denn die Restenergie fließt nicht über eine ge-

meinsame Masse zurück und kann somit nicht mehr auf die Nutzsignale übersprechen.

Es gibt zwei Möglichkeiten zur Erzeugung einer symmetrischen Übertragung: Die Trafo-Symmetrierung erreicht beste Störsicherheit und Präzision, ist dafür aber vergleichsweise teuer und bietet Herausforderungen beim Frequenzgang sowie Frequenzumfang des Signals. Eine elektronische Symmetrierung lässt sich günstiger umsetzen, erreicht aber nicht den gleichen Level von Signalintegrität.

#03.1 WARUM EINE SYMMETRISCHE SIGNALFÜHRUNG ZWISCHEN GERÄTEN VORTEILE HAT

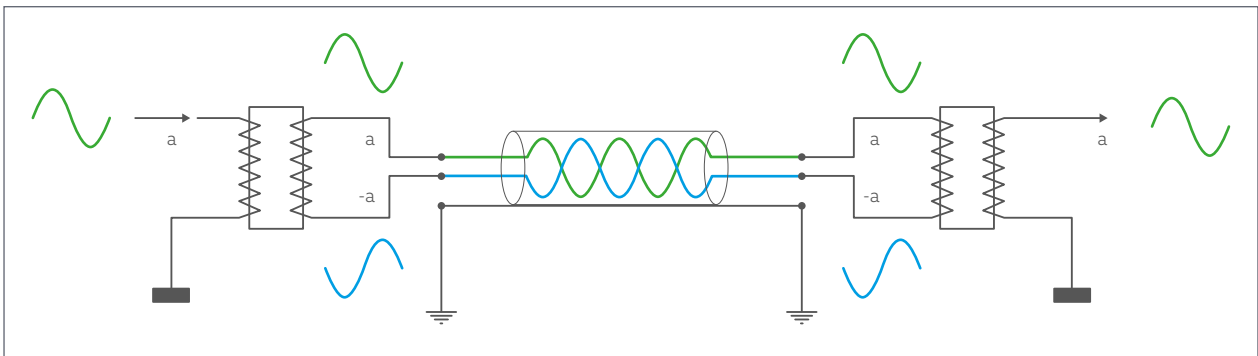
Durch die symmetrische Signalführung werden Störeinflüsse auf das Nutzsignal effektiv ausgelöscht.

Bei der unsymmetrischen Signalübertragung erfolgt der Potentialausgleich³ über den Schirm der Leitung, der gleichzeitig auch die Massepotentiale der Geräte miteinander verbindet. Haben die Geräte metallische Gehäuse, so gibt es über die Gehäuse meist auch eine Verbindung zur Schutz Erde. Durch die kaum zu beeinflussenden Verbindungen von Masse, Schirm und Schutz Erde können sehr leicht Brummstörungen entstehen.

Im Gegensatz zu unsymmetrischen Signalen werden symmetrische Signale über zwei Leitungen geführt. Eine Masse ist nicht zwingend nötig, jedoch verfügen

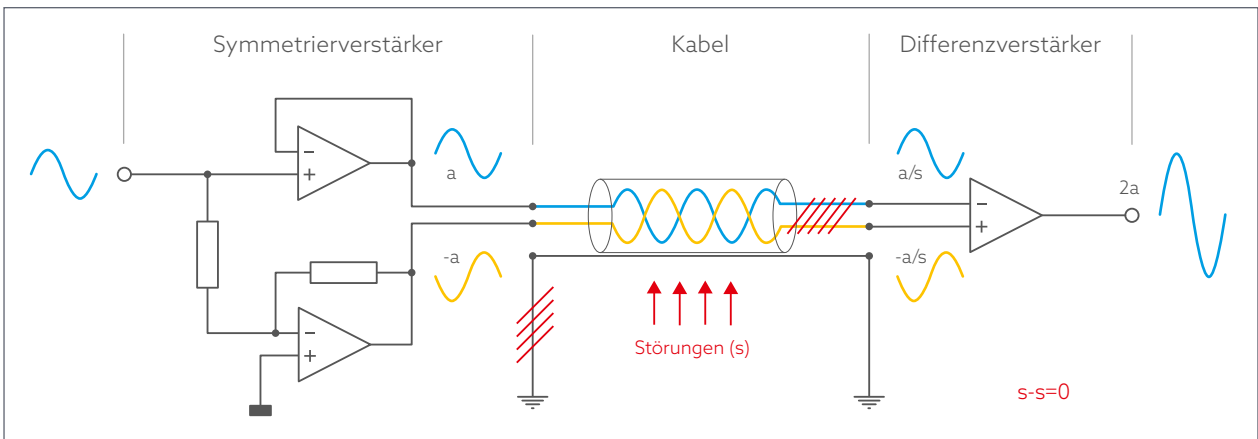
die meisten symmetrischen Leitungen über eine Schirmung. Durch die beiden Leitungen ist kein Potentialausgleich zwischen den verbundenen Geräten nötig. Es kann so eine klare Trennung zwischen Masse, Gehäuse und Schutz Erde stattfinden und Brummstörungen können gezielt vermieden werden.

Ein symmetrisches Signal wird erzeugt, indem im Ausgang eines Gerätes zum ursprünglichen (unsymmetrischen) Signal ein um 180° Grad phasenverschobenes, „invertiertes“ Signal erzeugt wird. Dies kann elektronisch oder über einen Trafo erfolgen.



Auf der einen Leitung liegt also das Signal (a), auf der anderen das Signal ($-a$). Im Empfängergerät wird das symmetrische Signal wieder auf einen Trafo oder auf einen Differenzverstärker geleitet. Beide Bauteile bilden die Differenz aus $(a) - (-a) = 2a$.

Eventuelle auf die Signalleitung einwirkende Störungen sind gleichphasig und werden im empfangenden Gerät durch den Trafo oder den Differenzverstärker ausgelöscht. Es wird die Differenz aus den Störsignalen gebildet: $(s) - (s) = 0$.

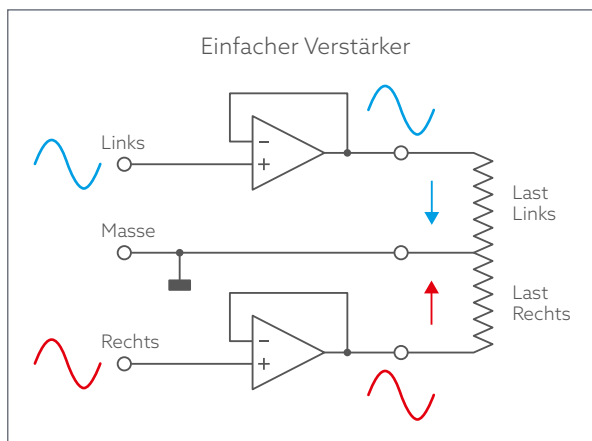


#03.2 WARUM VERSTÄRKER MIT SYMMETRISCHEN AUSGÄNGEN VORTEILE HABEN

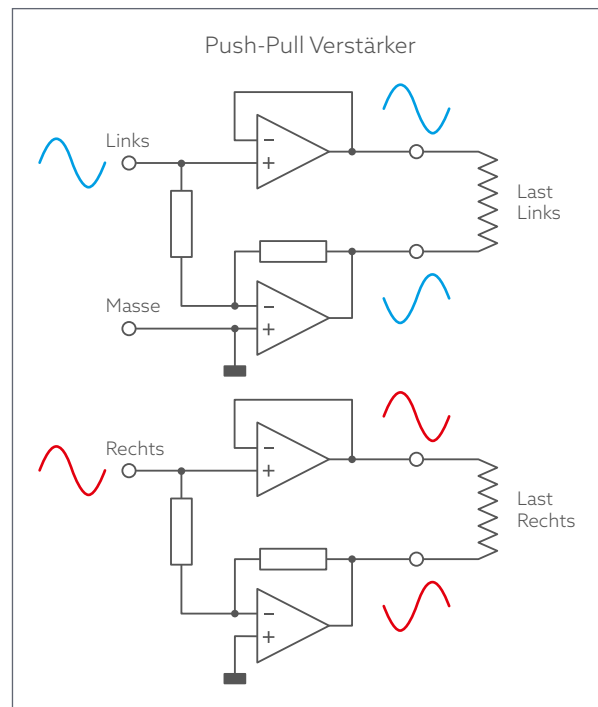
Bei der symmetrischen Signalführung wird die Kanaltrennung zwischen Links und Rechts deutlich verbessert. Die Ausgangsverstärker können im Push-Pull-Betrieb arbeiten.

Beim üblichen unsymmetrischen Anschluss von Kopfhörern mit Klinkensteckern wird die Restenergie über das GEMEINSAME Massekabel auf die Gerätemasse zurückgeleitet, die selbst auch einen Widerstand hat. Weil die Signalleitung und die Masse Widerstände haben, fällt über ihnen auch eine Spannung ab.

Hierdurch wird die Masse, die eigentlich ruhen sollte, weil sie der Bezugspunkt ist, mit den Resten von Links und Rechts „verseucht“. Dieses Übersprechen ist als Intermodulation zwischen den Kanälen mess- und hörbar.



Im symmetrischen Betrieb wird jede Schwingspule des Kopfhörers durch zwei Verstärker angetrieben, die um 180° versetzt im „Push-Pull“-Betrieb arbeiten. Während der eine „drückt“, „zieht“ der andere. Dadurch wird nicht nur eine doppelt so hohe Ausgangsspannung – und damit eine wesentlich höhere Lautstärke – realisiert, auch ist die Masse jetzt frei von jeglichen Störeinflüssen.



³Bei der Übertragung von Audiosignalen wandern Ladungen von einem Gerät zum nächsten. Um den dadurch entstehenden Potentialunterschied auszugleichen, müssen die Ladungen über den Schirm zurückfließen.

#03.3 VERSCHIEDENE ARTEN VON SYMMETRIEN

Für die Symmetrierung eines Signals gibt es zwei Möglichkeiten. Die **Trafo-Symmetrierung** ist zuverlässig und exakt, aber teuer und bei hohen und tiefen Frequenzen problematisch. Die **elektronische Symmetrierung** erfolgt über Operationsverstärker (OpAmps), die kostengünstiger und flexibler sind, eine präzise Verstärkung schwacher Signale ermöglichen, jedoch empfindlich auf Störungen und thermisches Rauschen reagieren, was die Signalintegrität beeinträchtigen kann.

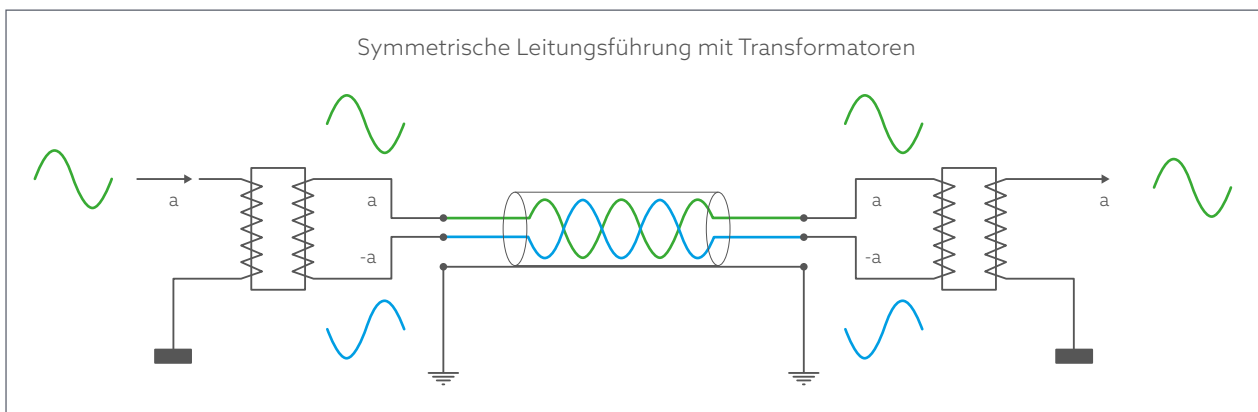
Die Trafo-symmetrische Leitungsführung

wird angewendet mit dem Ziel, maximale Stör-Unempfindlichkeit auf einer Signalleitung zu erreichen.

Wer mal bei der Bundeswehr gewesen ist, kennt vielleicht das Feldtelefon und die „Bongos“ mit ihren Kabeltrommeln auf dem Rücken. Beim Feldtelefon handelt es sich um ein Telefon in rudimentärer Form ohne jedwede Elektronik, ohne Stromversorgung. Ein Feldtelefon wird mit einem anderen durch eine simple

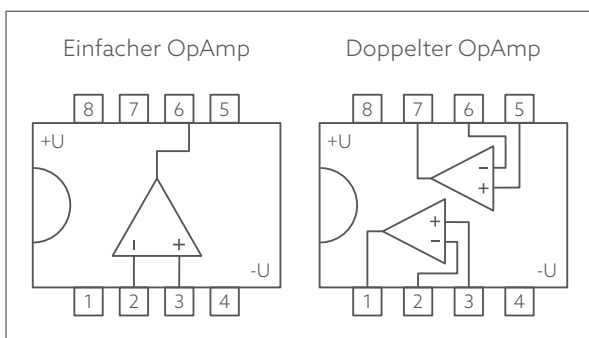
verdrillte zweiadrige Leitung verbunden. Diese kann durchaus einige Kilometer lang sein und die Verständigung klappt trotzdem. Das ist angewandte symmetrische Leitungsführung!

Die einfachste, zuverlässigste und sehr präzise Art der Symmetrierung erfolgt durch Transformatoren – die sind leider teuer und haben Probleme mit einem linearen Frequenzgang!



Die elektronisch symmetrische Leitungsführung

Für eine kostengünstige elektronische Symmetrierung ist ein universelles Verstärkerelement nötig.



Der OpAmp – das Mittel der Wahl

Der OpAmp – der Operationsverstärker – ist das universelle analoge Bauelement, auf dem praktisch die gesamte analoge Elektronik aufgebaut ist.

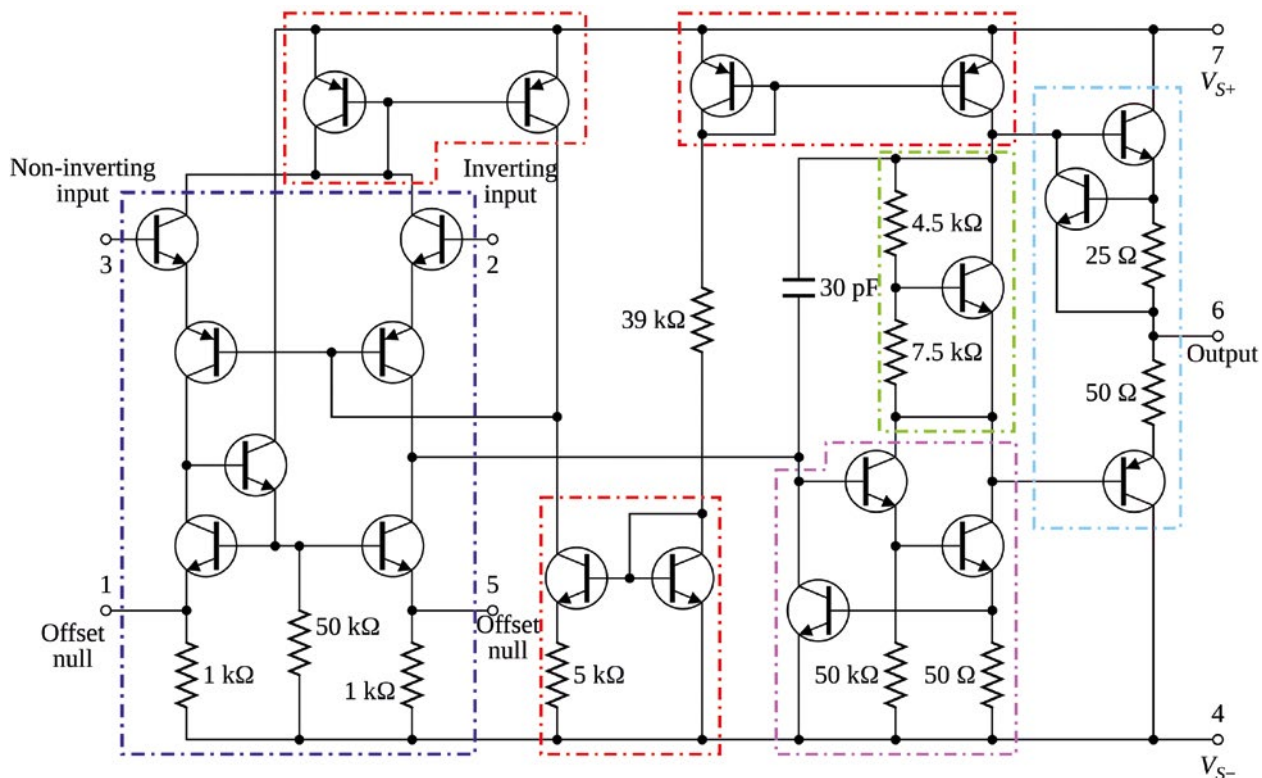
Die Bauform des OpAmp ist heute ein Chip mit meist 8 Anschlüssen, drin sind einer oder zwei OpAmps.

Seit der Entwicklung der ersten OpAmps Ende der 1960er Jahre wurden von den Mega-Playern im Markt (Texas Instruments, Motorola, Fairchild, ST) tausende unterschiedlicher OpAmps entwickelt, die für verschiedene Anwendungen optimiert sind:



- Low Noise: erzeugen ein möglichst geringes Eigenrauschen
- Low Offset: minimieren ungewollte Gleichspannungskomponenten am Ausgang
- Low Current: eignen sich durch den minimalen Stromverbrauch besonders für batteriebetriebene Geräte oder Sensoranwendungen
- High Output Power: liefern hohe Ausgangsströme und werden in Anwendungen verwendet, die leistungsstarke Treiber benötigen
- Einfache/Symmetrische Spannungsversorgung: Einige OpAmps sind für den Betrieb mit einer einzigen Versorgungsspannung (Single Supply) oder einer symmetrischen Versorgung (+/-V) ausgelegt
- Hohe Frequenzen: optimiert für schnelles Schalten und hohe Bandbreiten

Zur Veranschaulichung der Komplexität eines OpAmps werfen wir einen Blick auf einen einfachen LM741 von 1969:



Wenn man sich die Schaltungen von analog aufgebauten Leistungsverstärkern ansieht, wird man viele Parallelen entdecken.

Rot: Stromspiegel
 Blau: Differenzverstärker
 Lila: Class-A Verstärker
 Grün: Spannungsverstärker
 Hellblau: Ausgangsverstärker

KURZÜBERSICHT

- Bei symmetrischer Übertragung werden Einstreuungen und Störungen ausgelöscht.
- Die Intermodulation zwischen linkem und rechtem Kanal wird verhindert, sodass die Kanaltrennung verbessert wird.
- Symmetrische Ausgangsverstärker können als Push-Pull-Systeme aufgebaut werden. Sie erzielen so höhere Ausgangsspannungen und befreien die Masse von Störeinflüssen.
- Trafo-Symmetrierung ist sehr präzise, aber auch teuer. Oft wird die Symmetrierung daher über OpAmps realisiert, die kostengünstiger und kompakter sind, jedoch geringere Ausgangsleistung und höhere Störanfälligkeit aufweisen.



Der Vioelectric HPA V324 bietet trafosymmetrische Eingänge, einen symmetrischen True Balanced Kopfhöreranschluss mit vier Endstufen und PRE-GAIN auf der Front.



PHONE-AMP

RR STEREO

LL STEREO



ON

PHASE

PROFESSIONAL
SERIES

PHONE-AMP G108

POWER



MONO

STEREO

PHASE



PROFESSIONAL
SERIES
TRUE BALANCED HEADPHONE AMPLIFIER

C



#04 SYMMETRIE: PRAXIS

Im direkten Vergleich von unsymmetrischem und symmetrischem Verstärker-Design wird die Überlegenheit der symmetrischen Signalführung besonders deutlich. Der entscheidende Vorteil des symmetrischen Verstärkers liegt in seiner besseren Kanaltrennung: Da keine gemeinsame Masseleitung die Spannungsreste als Monosignal zum Gerät zurückführt, wird kein Übersprechen erzeugt – Links und Rechts bleiben vollständig getrennt.

Die Situation wird komplexer, wenn man die auftretenden Impedanzen mit berücksichtigt. Die Menge dieser Problemstellen wächst durch den

größeren konstruktiven Aufwand beim symmetrischen Verstärker; die klanglichen Vorteile der überlegenen Kanaltrennung wiegen diesen Nachteil bei entsprechend hochwertiger Konstruktion aber mehr als auf.

Die gängigen Verbindungstypen für symmetrische Kopfhörer sind der vierpolige XLR-Stecker sowie der 4,4-mm-Pentaconn-Anschluss. Viele Kopfhörer können für den symmetrischen Betrieb umgerüstet werden, indem einfach der Klinkestecker entfernt und ein entsprechender Anschluss angelötet wird.

#04.1 DIE PRAXIS

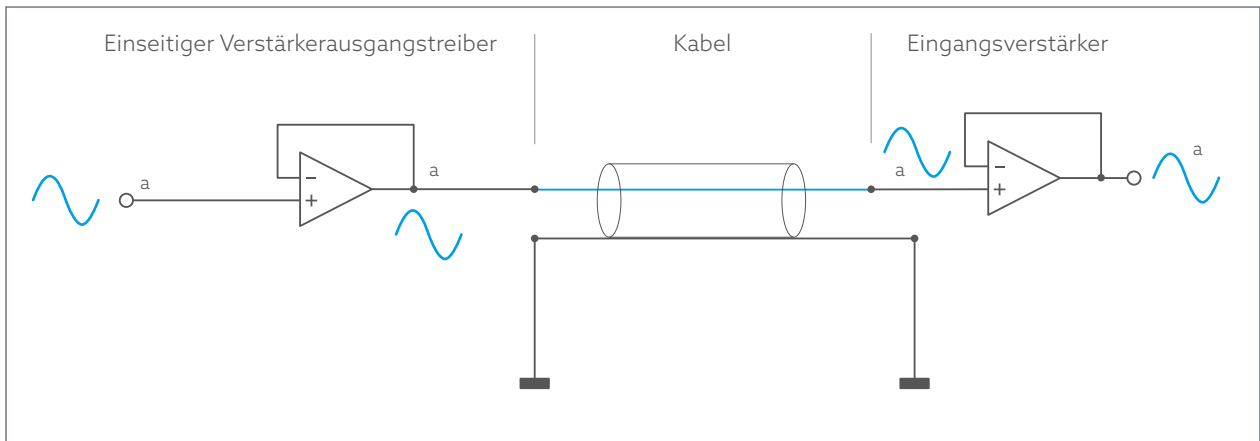
Der direkte Vergleich eines unsymmetrischen und eines symmetrischen Verstärkers unterstreicht die Vorteile des symmetrischen Aufbaus. Wie gut sich diese Vorteile in die Praxis übertragen, hängt wesentlich auch vom konstruktiven Aufwand ab.

UNSYMMETRISCH

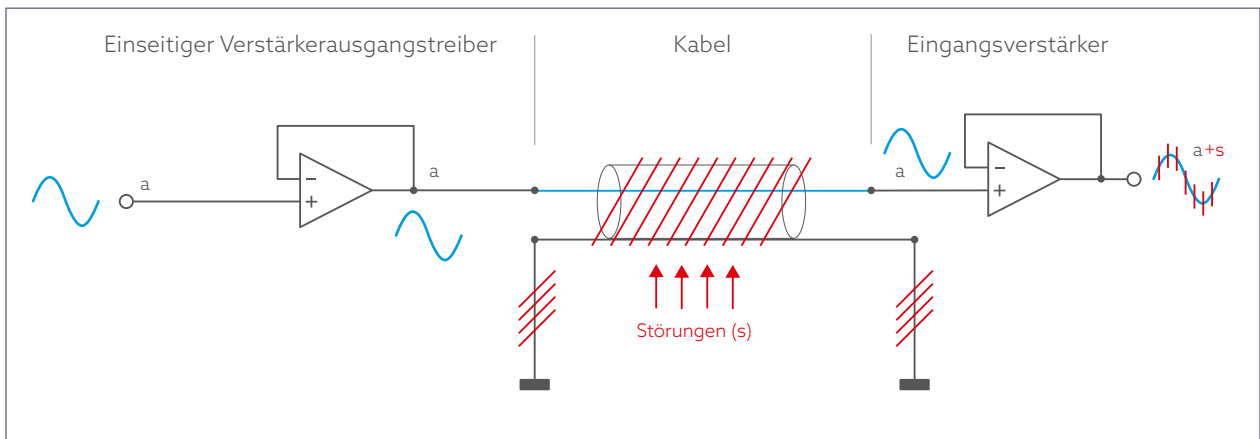
Die Ausgangsbasis ist ein unsymmetrischer Verstärker.

Der unsymmetrische Verstärker treibt ein unsymmetrisches Kabel.

Das unsymmetrische Signal gelangt in den Eingang des folgenden Gerätes.



Eventuelle Störungen werden bei unsymmetrischer Signalführung mitverarbeitet.

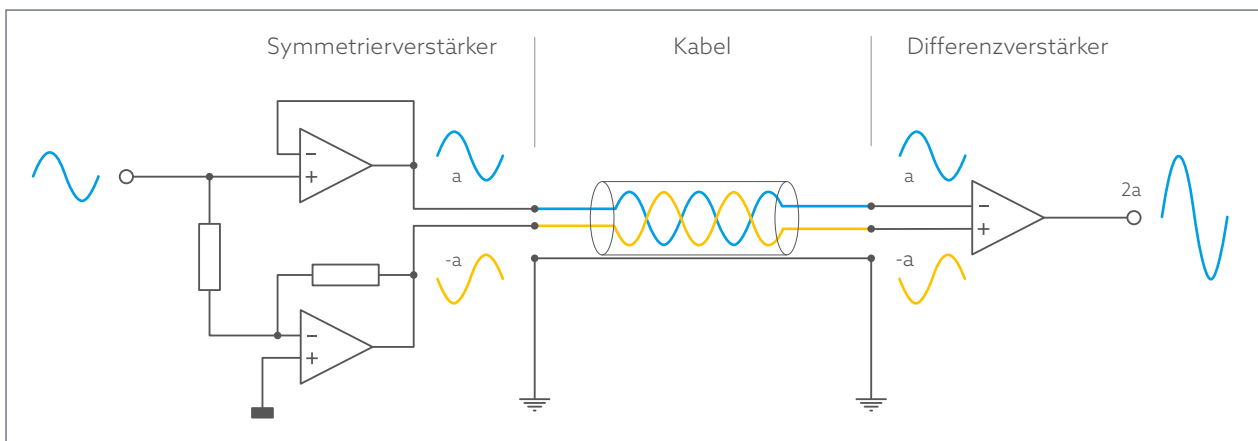


SYMMETRISCH

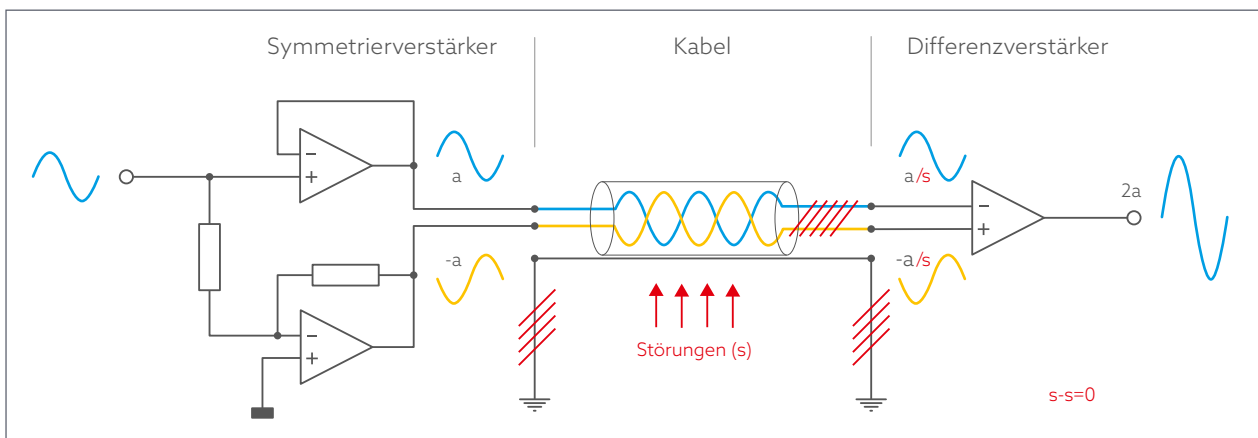
In einem elektronischen Symmetrierer wird zu einem vorhandenen unsymmetrischen Signal (a) ein invertiertes, um 180° gedrehtes Signal ($-a$) gebildet.

Beim symmetrischen Verstärker werden die Signale über eine zweiadrige verdrehte Leitung geschickt, die nicht einmal abgeschirmt sein muss.

Das symmetrische Signal gelangt in den differentiellen Eingang des folgenden Gerätes.



Eventuelle Störungen werden bei symmetrischer Signalführung unterdrückt.



Im Empfänger gelangt das Signal auf einen Differenzverstärker. Wie der Name schon sagt, bildet solch ein Bauteil eine Differenz, subtrahiert also ein Signal vom anderen. Und das geht so:

$$a - (-a) = 2a$$

Mit den Störeinflüssen, die gleichphasig auf das Kabel einwirken, macht der Differenzierer genau dasselbe:

$$s - s = 0$$

Im idealisierten Ergebnis erhält man im Empfänger die doppelte Signalstärke ohne Störeinflüsse. In der Wirklichkeit klappt das nicht zu 100 Prozent. Hier müssen Spannungs- und Impedanz-Verhältnisse berücksichtigt werden, was in der Praxis als Gleichtaktunterdrückung gemessen werden kann. Je mehr konstruktiver Aufwand getrieben wird, desto besser ist das Ergebnis.

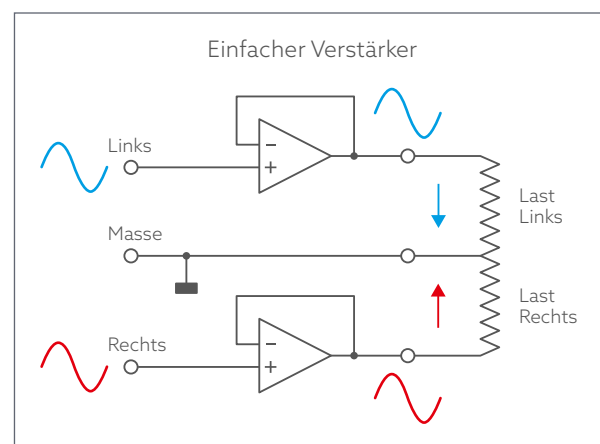
Die unsymmetrische Signalführung hat den weiteren Nachteil, dass der Signlrückfluss zwischen den Geräten über den Schirm des Kabels erfolgt, weil er die Gehäuse und die Massen der Geräte miteinander verbindet. Neben der deutlich höheren Störfreiheit im Vergleich zur unsymmetrischen Signalführung bietet die symmetrische Signalübertragung konstruktionsbedingt den weiteren Vorteil, dass der Schirm des Kabels nicht für den Signlrückfluss, sondern ausschließlich als Schutz für die Signale und zum Potentialausgleich zwischen den angeschlossenen Geräten dient - er hat also eine rein statische Funktion. Anders als bei der unsymmetrischen Anschlussart wird der Schirm und/oder die Masse nämlich nicht zum Rückfluss der Signale gebraucht. Weil Geräte mit symmetrischen Ein- und Ausgängen meist auch über Netzanschlüsse mit Schutzterde verfügen, haben diese Geräte oft eine klare Trennung zwischen der internen Masse und dem Gehäuse.

#04.2 SYMMETRIE FÜR LAUTSPRECHER UND KOPFHÖRER

Der entscheidende Vorteil der Symmetrie ist die ruhende Masse. In der praktischen Umsetzung müssen neben den beschriebenen Grundprinzipien auch die Impedanzen an verschiedenen Punkten des Signalwegs berücksichtigt werden.

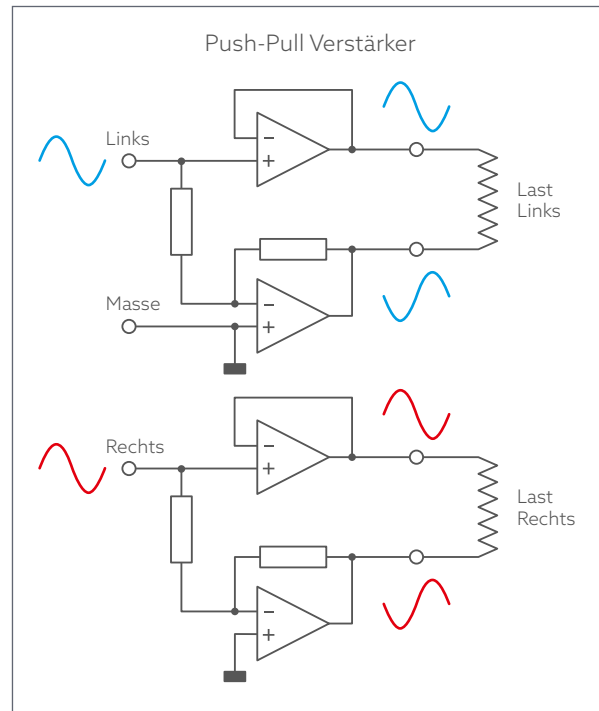
Während also eine symmetrische Leitung zwischen Geräten in erster Linie dazu dient, eine weitgehend störungsfreie Signalübertragung zu gewährleisten, stehen bei einem symmetrischen Verstärker andere Dinge im Vordergrund. Beide sollen aber eine statische Masse gewährleisten.

Dazu zuerst ein Blick auf das Prinzip eines einfachen Verstärkers: Die linken und rechten Eingangssignale werden verstärkt und der linken und rechten Last zugeführt.



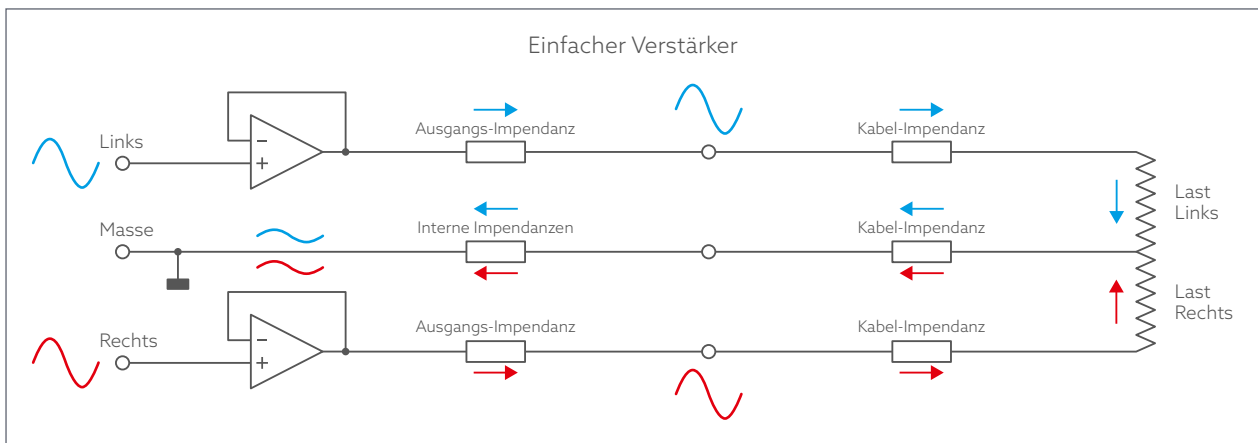
Symmetrische Verstärker sind grundsätzlich nichts Neues, sondern schon lange bekannt. So wird diese Technik beispielsweise im Autoradio genutzt, um bei begrenzter Spannung (12 Volt) vierfache Leistung zu erzeugen. Diese Schaltungstechnik wird gern auch Vollbrückenverstärker, Push-Pull-Verstärker oder BTL (Bridge-Tied Load/Bridge Transformer-Less) genannt.

So sieht sie aus: Die Eingangssignale werden jeweils über zwei Verstärker der Last zugeführt. Der Trick ist, dass einer der Verstärker „normal“ arbeitet, der andere invertiert, also um 180° phasenverschoben. Während der eine Verstärker die Schwingspule drückt (push), zieht (pull) der andere Verstärker. Bei gleicher Betriebsspannung ergeben sich gegenüber dem einfachen Verstärker doppelter Spannungshub beziehungsweise vierfache Leistung. Ein weiterer Vorteil ist die vollkommen unbelastete Masse, denn sie hat nichts mit der Last zu tun.



Einer der Nachteile der obigen Schaltung wird auch sofort ersichtlich: Verdoppelung der Bauelemente.

Leider ist das richtige Leben nicht so einfach wie die obigen Prinzip-Schaltbilder. Hier der „einfache“ Verstärker mit „Problemstellen“:



Außer der Last, die anzutreiben die Aufgabe ist, kommen noch reichlich parasitäre Impedanzen ins Spiel, die es zu berücksichtigen gilt. Sie können das Ergebnis des möglichst sauberen Antriebs der Schwingspule beeinträchtigen.

Impedanzen sind ein komplexer Mix aus ohmschen, kapazitiven und induktiven Parametern, die zum Bei-

spiel bei einem hohen kapazitiven Anteil eines Kabels zu Instabilitäten des Verstärkers führen können. Der Einfachheit halber soll im Folgenden nur der ohmsche Anteil berücksichtigt werden. An jeder ohmschen Last fällt eine Spannung ab, die für Nichtlinearitäten im System verantwortlich ist.

Aus obigem Schaltbild sind einige Probleme sofort ersichtlich:

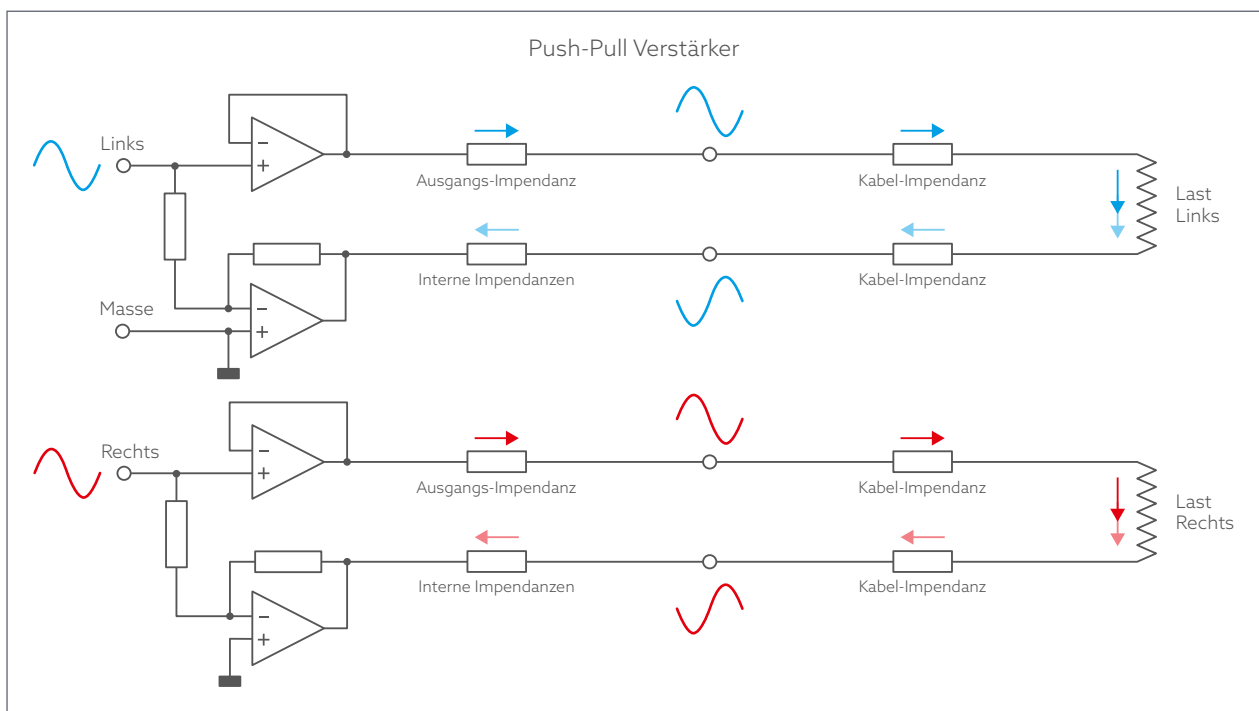
- Je höher die ohmsche Last, desto geringer ist der Einfluss der parasitären Impedanzen.
- Je geringer die ohmsche Last, desto höher ist der Einfluss der parasitären Impedanzen.
- Je geringer die Ausgangsimpedanz des Verstärkers, desto geringer ist sein Einfluss auf die Qualität der Übertragung.
- Je geringer die ohmsche Last, desto höher ist der Einfluss des Kabels und der Ausgangsimpedanz.
- Bei Kopfhörern mit Klinkenstecker entstehen große Fehler durch das für beide Kanäle gemeinsame Massekabel und die suboptimale Verbindung Klinkenstecker zu Klinkenbuchse mit ihren viel zu großen Kontaktstellen.
- Die Masse ruht nicht, sondern wird mit den über das Kabel und die internen Impedanzen abfallenden Spannungen von Links und Rechts belastet. Sie wird also mit dem Monosignal moduliert, was als Übersprechen beziehungsweise Intermodulation mess- und hörbar ist.

Die Übertragungsqualität wächst, weil keine gemeinsame Masseleitung zu berücksichtigen ist, ebenso wie es keine Belastung der Masse gibt. Allerdings ist nicht alles Gold beim Push-Pull-Verstärker. Neben der Verteuerung eines spezifischen Produktes durch die Verdoppelung der Bauelemente sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Verdoppelung der Ausgangsimpedanz wegen zweier Impedanzen pro Kanal
- Höheres statisches Rauschen durch doppelte Verstärkung
- Verdoppelte Ausgangsamplitude
- Gefahr von zusätzlichen Intermodulationen wegen doppelter Verstärker

Beim Einsatz eines symmetrischen oder Push-Pull-Verstärkers als Kopfhörerverstärker geht es im Kern nicht um die Maximierung der Ausgangsamplitude. Vor allem dann nicht, wenn niederohmige Kopfhörer getrieben werden sollen. Da gibt es Geräte im Lake People und Vioelectric Programm, die mehr als genug Amplitude bringen – auch an hochohmigen Kopfhörern.

Für einen symmetrischen Verstärker sieht es so aus: Anstatt sechs Problemstellen wie bei einem einfachen Verstärker hat man jetzt zum Glück nicht zwölf, sondern nur acht. Also immerhin schon mal keine Verdoppelung der Schwierigkeiten.





Was also macht einen symmetrischen Kopfhörerverstärker sinnvoll und erstrebenswert?

Durch die gemeinsame Masseleitung im unsymmetrischen Verstärker wird die Spannung des Nutzsignals ins Gerät zurückgeführt. Dabei fallen über den Widerständen der beteiligten Komponenten Spannungen ab, die als Monosignal ein Übersprechen erzeugen. Ein symmetrischer Verstärker umgeht dieses Problem und bietet daher eine besonders hohe Kanaltrennung.



So wird der Bezugspunkt „Masse“, der eigentlich ruhen sollte, mit den Resten von Links und Rechts „verseucht“. Das ist ein summiertes Monosignal! Das kann man messen und hören, nämlich als Intermodulation beziehungsweise Übersprechen! Wie weiter oben dargestellt, spielen die Schaltung selbst (Ausgangsimpedanz), das Schaltungs-Layout, das Kabel des Kopfhörers sowie das Verhältnis zwischen der Summe von Masse und Rückleitungswiderstand zum Last-Widerstand (Schwingspule) tragende Rollen.

Wie weiter oben erwähnt, hat ein „einfacher“ Verstärker die Masse als seinen Bezugspunkt. Präziser gesagt nicht irgendeine Masseleitung oder Fläche im Gerät, sondern den Fußpunkt des Trafos.

Die Amplitude des Nutzsignals schwingt möglichst gleich um diesen Bezugspunkt (sonst redet man von DC-Offset) und wird nur von der positiven und negativen Betriebsspannung begrenzt. Die theoretische maximale effektive Amplitude (V_{eff}) errechnet sich vereinfacht so:

$$\frac{\text{Betrag der Betriebsspannungen}}{2 \times \sqrt{2}} \approx \frac{\text{Betrag der Betriebsspannungen}}{2,83}$$

Über die Last (die Schwingspulen des Kopfhörers) wird diese Spannung über eine gemeinsame Leitung auf den Masse-Anschluss der Kopfhörerbuchse ins Gerät zurückgeführt und von da aus zum Fußpunkt des Netztrafos geleitet, dem eigentlichen Bezugspunkt oder Massepunkt.

Weder die Leitungen vom Kopfhörer zum Gerät noch die im Gerät selbst oder die Massefläche im Gerät sind unendlich niederohmig. Sie haben selbst auch einen Widerstand – und sind damit eine Last, über die Spannung abfällt.

Ein symmetrischer Verstärker (oder Vollbrücken- oder Push-Pull- oder BTL-Verstärker) besteht deshalb aus zwei Verstärkern pro Kanal, von denen einer das Normale, der andere das um 180 Grad gedrehte (invertierte) Eingangssignal an die Schwingspulen des Kopfhörers liefert. Die Begriffe Vollbrücken-Verstärker, Push-Pull-Verstärker und BTL-Verstärker (Bridge-Tied Load / Bridge Transformer-Less) beschreiben unterschiedliche, aber verwandte Verstärkerschaltungen, die alle auf der gleichen grundlegenden Brückentechnologie basieren. Da die Last (die Schwingspule) jetzt zwischen der modulierten positiven und negativen Betriebsspannung hin und her gezogen wird, ist die Masse vollkommen aus dem Spiel. Sie ist nicht mehr belastet und hat damit auch keinen Einfluss auf das Übersprechen. Auch die Leitungen des Kopfhörers gehen nicht mehr zum Teil gemeinsam, zum Teil getrennt in die Wirk-Bilanz ein, sondern sind ganz klar zugeordnete ohmsche Lasten (nämlich je zwei Leitungen pro Schwingspule) mit sehr geringen komplexen Impedanz-Anteilen.

Der besondere Vorteil eines symmetrischen (Kopfhörer-) Verstärkers ist also die hohe Kanaltrennung. Die Kanaltrennung ist üblicherweise auch bei unsymmetrischen Verstärkern meist so hoch, dass sich keiner beschwert – viele wissen aber auch nicht, wie es besser geht.

Zwar wird die besonders hohe Kanaltrennung beim Hören mit Kopfhörern hin und wieder auch als „unnatürlich“ empfunden (IKL=Im Kopf Lokalisation) und zum Beispiel durch „Crossfeed“-Funktionen künstlich reduziert. Die optimierte Übersprechdämpfung und die geringere Intermodulation – die reinere Kanaltrennung – sind aber der Grund für das Aha-Erlebnis, das viele beim symmetrischen Kopfhörer (-Verstärker) empfinden. Die Räumlichkeit gewinnt, die Abbildungsschärfe nimmt zu, die Ortbarkeit einzelner Instrumente im Raum wird klarer.

Um es plakativ auszudrücken:

Beim Hören mit **Lautsprechern** sitzt man im **Auditorium**.

Beim Hören mit **unsymmetrischen Kopfhörern** wechselt man auf den Platz des **Dirigenten**.

Beim Hören mit **symmetrischen Kopfhörern** ist man Teil des **Orchesters**.

Ein technischer Vorteil des symmetrischen Ausgangs ist, dass man jetzt endlich von dem unseligen Klinkenstecker mit seinen teils dramatischen Übergangswiderständen weg muss/kann. Wobei die Verwendung von zwei 3-pol-XLR, die man hin und wieder sieht, ebenfalls Sinnhaftigkeit vermissen lässt. Auch die Variante mit zwei Stereo-Klinkensteckern gibt es

Bei Lake People / Vioelectric hat man sich für einen vierpoligen XLR-Anschluss als Ausgangsbuchse entschieden, mit einer Belegung, die seit den Tagen des AKG K1000 gebräuchlich ist. Abweichend von der üblichen Norm ist jedoch die Buchse (female) am Gerät und der Stecker (male) am Kopfhörerkabel ohne Verriegelung (Latch). In der Regel sind symmetrische Kopfhörerverstärker jedoch so verdrahtet, dass die Buchse am Gerät weiblich (female) und der Stecker am Kopfhörer männlich (male) ist. Diese Konfiguration widerspricht zwar der „üblichen“ XLR-Laufrichtung, hat sich aber speziell für diese Anwendung etabliert. Darüber hinaus gibt es zunehmend auch die 4,4-mm-Pentaconn-Verbindung als Alternative.

Bleibt die Frage, ob und wie man vorhandene Kopfhörer auf symmetrischen Betrieb umrüsten kann, wenn es sie nicht gleich symmetrisch gibt. Generell gilt: wenn das Kabel vierpolig ausgeführt ist, ist alles kein Problem. Dies ist meist der Fall, wenn das Kabel in die linke UND rechte Hörmuschel eingeführt wird. Dann kann man einfach die Klinke abschneiden und ein 4-pin-XLR anlöten.

KURZÜBERSICHT

- Symmetrische Verstärker bieten eine überlegene Kanaltrennung, weil die Masse kein gemeinsames Restsignal zum Verstärker zurückführt.
- Der größere konstruktive Aufwand des symmetrischen Verstärkers führt auch zu einer größeren Anzahl von problematischen Impedanzen. Bei sorgfältiger Konstruktion überwiegt der Vorteil der besseren Kanaltrennung trotzdem deutlich.
- Viele unsymmetrisch betriebene Kopfhörer können für den symmetrischen Betrieb umgerüstet werden, sofern die Verkabelung eine getrennte Signalführung für Links und Rechts erlaubt.
- Etablierte Anschlusstypen für symmetrische Kopfhörer sind der vierpolige XLR-Anschluss und der 4,4-mm-Pentaconn-Verbinder.



#05

DIE KOPFHÖRER- VERSTÄRKER VON LAKE PEOPLE

UNSERE MANUFAKTUR: PRÄZISION UND HANDWERKSKUNST „MADE IN GAUTING“

Lake People ist mehr als nur ein Hersteller hochwertiger Audiogeräte - wir sind ein inhabergeführtes Unternehmen, das sich der Entwicklung und Fertigung von Audio-Komponenten mit Leidenschaft, Präzision und einem klaren Fokus auf Qualität verschrieben hat. Unsere Produkte entstehen in unserer eigenen Manufaktur im bayerischen Gauting bei München.

Hier, inmitten eines Teams aus hervorragend ausgebildeten und erfahrenen Fachkräften, setzen wir auf eine sorgfältige handwerkliche Fertigung, die sich durch höchste Präzision und Verlässlichkeit auszeichnet.

Handwerkliche Präzision und Innovation

Jedes unserer Produkte wird mit Liebe zum Detail und tiefgehender Fachkenntnis von Grund auf entwickelt. Vom ersten Prototyp bis hin zum finalen Test der Seriengeräte durchläuft jedes Gerät einen präzisen Fertigungsprozess, bei dem modernste Technologie und traditionelles Handwerk zusammenkommen.

Unsere Ingenieure setzen dabei nicht nur auf innovative Schaltungsdesigns, die seit Jahrzehnten in der Praxis bewährt sind, sondern entwickeln kontinuierlich neue Lösungen, die Leistungsfähigkeit, Design und Benutzerfreundlichkeit unserer Geräte weiter verbessern. Dies garantiert nicht nur hervorragende Klangergebnisse, sondern auch eine langfristige Nutzbarkeit unserer Produkte.

Fertigung in eigener Hand

Der Fertigungsprozess bei Lake People erfolgt vollständig in unserer eigenen Manufaktur – eine bewusste Entscheidung, um höchste Qualität und vollständige Kontrolle über jede Phase der Produktion zu gewährleisten. Dies erlaubt es uns, sicherzustellen, dass jedes Gerät den höchsten Standards entspricht. Alle Komponenten werden mit größter Sorgfalt von Hand montiert, wobei strenge Qualitätskontrollen vor dem Verlassen der Manufaktur sicherstellen, dass jedes Gerät die gewünschten Spezifikationen erfüllt.

In unserer Fertigung achten wir besonders auf die Langlebigkeit der Produkte. Sie bestehen aus robusten Materialien, die für eine jahrelange Nutzung ausgelegt sind. Jedes Gerät wird so designt, dass es nicht nur heute, sondern auch in vielen Jahren noch den hohen Ansprüchen der Anwender gerecht wird. Und sollte doch einmal eine Reparatur nötig sein, ermöglichen wir eine einfache und kostengünstige Wartung.

Made in Germany – ein Garant für Qualität

„Made in Germany“ ist für uns mehr als nur ein Qualitätssiegel – es steht für unsere Verpflichtung zu exzellenter Handwerkskunst und Zuverlässigkeit. Wir sind stolz darauf, dass wir in einer Region produzieren, die für ihre handwerkliche Tradition bekannt ist. Unsere regionale Produktion sichert Arbeitsplätze und ermöglicht es uns, die höchsten Produktionsstandards einzuhalten. Die entstehende Qualität genießt weltweit große Anerkennung. Dies sorgt nicht nur für zufriedene professionelle Anwender, sondern auch für Musikliebhaber, die auf die Langlebigkeit und den erstklassigen Klang unserer Produkte vertrauen.

Langfristige Perspektive und nachhaltige Entwicklung

Lake People verfolgt stets eine langfristige Perspektive. Unsere Produkte sind so konstruiert, dass sie nicht nur heute eine hervorragende Leistung bieten, sondern auch in vielen Jahren noch einen hohen Wert besitzen. Dabei achten wir auf die Nachhaltigkeit unserer Geräte, die nicht nur durch ihre Materialwahl und Langlebigkeit überzeugen, sondern auch durch ihre einfache Reparierbarkeit. Die kontinuierliche Weiterentwicklung unserer Produkte ist fester Bestandteil unseres Entwicklungsprozesses, um den sich ständig verändernden Bedürfnissen der audiophilen Welt gerecht zu werden.



ZUKUNFT BRAUCHT HERKUNFT

Seit 1986 sind wir Ihr Partner für professionelle Audio-elektronik. Alles fing an unter dem Dach der Rosgartenstraße 13 in Konstanz. Hier begannen drei junge Leute mit der nicht sonderlich erfolgreichen Entwicklung und Fertigung von Limitern und Noise-Gates. Das wirtschaftliche Überleben auf niedrigem Niveau wurde durch den Bau von Kopfhörerverstärkern gesichert.

Die erste Entwicklung ging dabei auf eine Anregung von Lupo Greil zurück, damals Chef des Music Shop in München. Er benötigte einen Kopfhörerverteiler, der gern auch aktiv sein könnte. Unsere Gedanken zu diesem Thema gefielen ihm, so dass noch im Lake People Gründungsjahr der Phone-Amp V6 entwickelt wurde und für umgerechnet 270 Euro zum Verkauf stand.

Das Gerät fand schnell zufriedene Nutzer, die jedoch manchmal die etwas unzureichende Lautstärke an den damals üblichen hochohmigen Kopfhörern bemängelten. In der Tat war das Innenleben des V6 eher „gewöhnlich“. Die zur Verfügung stehenden Betriebsspannungen von +/- 15 Volt ließen den nötigen Spannungshub für die Lautstärke-hungrige Klientel nicht zu.

1988

Schon 1988 wurde deshalb das Portfolio um den **Phone-Amp V6 HP** (High Power) ergänzt, der aus 60 Volt (+/- 30 Volt) Betriebsspannung an hochohmigen Lasten (> 200 Ohm) satte 20 Volt effektiv liefern konnte. Das grundsätzliche Konstruktionsproblem bestand darin, das Gerät bei sehr kompakten Abmessungen kurzschlussfest zu bekommen – was mit einem speziellen temperaturüberwachten Trafo gelang. Der **V6 HP** kostete ca. 320 Euro.



1989

Ab 1989 gab es den **Phone-Amp V6 HP** mit gleichem Namen als **AKG** Produkt, auch gab es in diesem Jahr mit dem **V6 HPS** die erste Sonderanfertigung für den damaligen SDR, den Süddeutscher Rundfunk in Stuttgart.

1990

Ab 1990 wurden die Kopfhörerverstärker mit dem Namenszusatz „Pro“ als **V6 Pro** und **V6 HP Pro** auch mit symmetrischen Eingängen angeboten. Diese kosteten ca. 350 bzw. 400 Euro.

Eine Neuentwicklung des Jahres 1990 war der **G1 HP**, mit den Abmessungen 110x56 x80 Millimeter der wohl kleinste Kopfhörerverstärker der Welt, mit eingebautem Netzteil für ca. 175 Euro. Den gab es auch offen, ohne Gehäuse zum Selbsteinbau als **G2**.



Eine weitere Entwicklung für den SDR war der **Satellit G7**, ein Kopfhörerverstärker mit eingebautem 8-Kanal Mischpult, betrieben über ein 36-poliges Systemkabel mit Centronics Steckverbindern. Der verkaufte sich anschließend an praktisch alle deutschsprachigen Sender.



Mit der Entwicklung der ersten **20bit A/D- und D/A-Wandler** Deutschlands Anfang der 90er Jahre war Lake People plötzlich in aller Munde und erlangte ausgesprochen publizitätswirksame Hightech-Attribute.



Mit wachsendem Know-How wurde die Produktpalette in den folgenden Jahren im analogen und digitalen Bereich stark ausgebaut.

1991

Ab 1991 wurden die jetzt wieder bei Lake People befindlichen **V6** und **V6 HP** in **G5** und **G6** umbenannt und natürlich auch in der Pro-Ausführung verkauft.

1992

Seit 1992 gab nur noch „HP“ Kopfhörerverstärker. Die „normalen“ und auch das „HP“ zur Unterscheidung entfielen ersatzlos. Der **Satellit G7** wurde zum **G7 MkII** und in einer weiteren Ausführung zum **G14**.

1995

1995 wurden die bisherigen Kopfhörerverstärker völlig neu konstruiert und erschienen als einfacher **Phone-Amp G3** (unsym. Eingänge) für ca. 200 Euro, als **G3 Pro** mit symmetrischen Eingängen für ca. 250 Euro und als **Deluxe Phone-Amp G8** für ca. 300 Euro.

1999

Das Jahr 1999 brachte noch einmal überarbeitete Kopfhörerverstärker mit neuer Technologie. Wurde bis jetzt eher auf eine maximal erzielbare Lautstärke Wert gelegt, so sollte nun bei unverändert hoher Lautstärke auch die Übertragungsqualität sehr gut sein.

Der hierfür entwickelte Verstärker tut im Prinzip auch im **G109** und im **V100** seinen Dienst. Die frischen Kopfhörerverstärker hießen nun **G92**, **G94** und **G96** zu Preisen von 220 bis 320 Euro.

2000

Schon im Jahr 2000 wurde der **G92** durch den relativ günstigen **G91 Std** (ab 170 Euro) und **Pro** ersetzt.

2001

Das Jahr 2001 sah den Nachfolger des G7, den **Satellit G98** für ca. 900 Euro.

2004

Ab 2004 gab es die aus den **G94** und **G96** weiter entwickelten **G95** und **G97**, der **G91** wurde 2005 zum **G93**.

2005

Unsere Geräte wurden nicht nur im Studio sondern auch gern zu Hause eingesetzt. Im Jahr 2005 reifte deshalb der Entschluss, den **G97** mit einem Premium-Poti Alps RK27 als **G99** für den Heimbereich zu lancieren.

Das war so erfolgreich, das 2008 der **G99**, weiter veredelt, als **G100** mit Ringkerntrafo, optimierter Schaltung und RK 27 erschien – letztlich der Urahn der Vioelectric Geräte.

2009

Die Marke **Vioelectric** wurde 2009 begründet, die ersten Geräte waren die Kopfhörerverstärker **HPA V90** als Einstiegsmodell, der **HPA V100**, eine Weiterentwicklung des G100 und als Spitzengerät der **HPA V200** mit einer Verstärkertechnik die einzigartig war und ist.



2010

Das Jahr 2010 sah mit dem **HPA V181** den ersten deutschen Kopfhörerverstärker mit symmetrischem Ausgang.

2012

Es erschienen die optisch und technisch verbesserten Lake People Kopfhörerverstärker **G103**, **G105**, **G107** und **G109**.

2014

Ab 2014 wurden mit den Modellen **HPA V220** und **V281** die aufwendigsten, besten und auch teuersten Kopfhörerverstärker bei Vioelectric realisiert, in die all das Wissen und die Erfahrungen der letzten 3 Jahrzehnte eingeflossen sind.



2015

2015 wurde das Vioelectric Programm gestrafft und die Verstärker **V90** und **V100** entfielen. Seitdem wird auch die „**V100 Technologie**“ (4 Transistoren pro Kanal, **G105**, **G107**, **G109**, **RS 02**, **RS 08**) von der „**V200 Technologie**“ unterschieden (8 Transistoren pro Kanal, **V200**, **V280**, **V281**), die Vioelectric vorbehalten bleibt. Außerdem wurde 2015 mit dem **HPA V280** ein „einfacher“ symmetrischer Verstärker ins Vioelectric Programm aufgenommen.



Ende 2015, zum 30. Bestehen von Lake People, erschien der **Phone-Amp G109-A** als Statement und Exklusiv-Model „30 Years of Excellence Special Anniversary Edition 1986–2016“



2016

2016 wurde die Premium Reihe von Lake People (RS Series=Reference Standard) um die Kopfhörerverstärker **RS 02** (unsymmetrisch) und **RS 08** (symmetrisch) ergänzt.



2018

Im Mai 2018 wurden unter der Marke **Niimbus** die Kopfhörerverstärker **US 4** und **US 4+** präsentiert. Dies sind letztlich Weiterentwicklungen des **V281** in denen all die Erfahrung steckt, die in über 30 Jahren Lake People gewonnen wurde.

Niimbus bedient sich äußerlich einer eigenen Formsprache und innerlich einer verschwenderischen Schaltungs-Komplexität die wohl einzigartig ist.



2019

2019 wurden die Produktionskapazitäten am Standort Konstanz ausgebaut und die Konfektionierung von **Mogami Kabeln** gestartet.

Der Kopfhörerverstärker **G100** etablierte die Marke Lake People über den professionellen Bereich hinaus auch im HiFi-Markt. Der 2019 erschienene Kopfhörerverstärker **G111** führt das Erbe des berühmten Klassikers weiter und bietet herausragenden Klang im kompakten Format.



2020

Im Januar erfolgte der Zusammenschluss zur Unternehmensgruppe cma audio GmbH / Lake People electronic. Kurz darauf wurde die **Vioelectric V-Serie**, eingeführt. Ein weiterer Meilenstein in der Fachkompetenz des Unternehmens.

Der mehrfach preisgekrönter DSD/ DAC Verstärker mit modernster Wandler-Technik macht den **DHA V590^{PRO}** zu einem der leistungstärksten Kopfhörerverstärkern am Markt.



HPA V550 ist der analoge „Bruder“ des **DHA V590**, mit seiner modernen Technologie ist er der leistungsfähige Nachfolger des legendären **HPA V281**.



2021

Der Lake People **G111 MKII** wurde als referenzfähiger Kopfhörerverstärker für den professionellen Studioeinsatz vorgestellt.



2022

Violectric präsentierte den **DHA V226**, einen kompakten Kopfhörerverstärker mit integriertem DAC und USB-C-Anschluss.



2023

Der Violectric **PPA V790**, ein Phono-Vorverstärker mit umfangreichen Einstellmöglichkeiten, kam auf den Markt.

2024

In diesem Jahr wurde der Violectric **HPA V324** vorgestellt, ein symmetrischer Premium-Kopfhörerverstärker mit vier Endstufen, Vorverstärker-Funktion und kalibrierbaren VU-Metern.



2025

Lake People entwickelte den **Phone-Amp G118** als symmetrischen Kopfhörerverstärker im 19-Zoll-Gehäuse mit Mono/Stereo/Phase-Reverse-Umschaltung, PRE-GAIN-Regler und VU-Meter für den professionellen Studioeinsatz.







ZUVERLÄSSIGKEIT UND LANGLEBIGKEIT

Geräte von Lake People und Vioelectric sind nicht billig – und das aus gutem Grund. Unsere Kunden erwarten zu Recht, dass ihre Investition in ein hochwertiges Produkt mit einer langen, störungsfreien Lebensdauer belohnt wird. Absolute Kundenzufriedenheit ist unser Anspruch und unser Ansporn.

Die Produktionskosten resultieren in erster Linie aus der Fertigung in Deutschland. Hier profitieren die Beschäftigten von hohen ethischen Standards, einer soliden sozialen Absicherung und fairen Löhnen, die ein Leben von einem einzigen Job ermöglichen. Wenn wir bereits hohe Investitionen in die Herstellung tätigen,

machen wir auch bei der Auswahl der Bauteile keine Kompromisse! Unsere Geräte sollen nicht nur technisch überzeugen, sondern auch optisch und haptisch höchsten Ansprüchen genügen.

Deshalb setzen wir auf robuste Gehäuse aus Aluminium mit mindestens 3 Millimeter Wandstärke. Die Frontplatten variieren zwischen 3 und 10 Millimeter Dicke. Die Oberflächen sind glasperlengestrahlt – ein Verfahren, das das Aluminium verdichtet und die Haltbarkeit der Eloxalschicht verbessert. Häufig werden die Frontplatten zusätzlich geschliffen. Unsere Beschriftungen sind nicht aufgedruckt, sondern gelasert – sie nutzen sich also nicht ab.

Ein weiterer Qualitätsaspekt: Die meisten unserer Geräte arbeiten mit Transformatoren zur Spannungswandlung, nicht mit Schaltnetzteilen. Das mag für Nutzer, die die Netzspannung ändern möchten, weniger bequem sein, kommt aber der Klangqualität zugute – auch wenn es kostspieliger ist.

Wie fast überall stammen viele elektronische Bauteile aus China – das ist heute kaum vermeidbar. Doch die Bestückung, das Löten und die Endmontage erfolgen größtenteils in Deutschland. Während der gesamten Produktion unterziehen wir die Geräte kontinuierlichen Prüfungen.

Hitze – der größte Feind der Elektronik

Wärme ist einer der Hauptfaktoren für die Alterung und den Ausfall elektronischer Bauteile. Sie kann Kondensatoren austrocknen, Toleranzen vergrößern und Halbleiter beschädigen. Trotz unserer speziellen Schaltungstechnik lässt sich Wärme im Gehäuse nicht immer vermeiden, aber wir verteilen sie so gleichmäßig wie möglich, um Hotspots zu vermeiden. Außerdem setzen wir alles daran, hohe Temperaturen (über 50°C) zu verhindern.

Mechanische Bauteile – auf Langlebigkeit optimiert

Schalter und Drehregler unterliegen dem größten Verschleiß – und genau hier sparen viele Hersteller. Das Ergebnis: mangelhaft beschichtete Kontakte und billige Potentiometer, die schon bald kratzen. Wer hat sich nicht schon über unzuverlässige Schalter oder ruckelnde Lautstärkereger geärgert?

Deshalb schenken wir mechanischen Bauteilen besondere Aufmerksamkeit. Audio-Signale führen wir nach Möglichkeit nicht über mechanische Schalter, sondern über gekapselte Relais oder elektronische Schalter. Der Lautstärkereger ist das am häufigsten benutzte Bauteil. Hier vertrauen wir auf Alps-Regler aus Japan, die sich in unserer fast 40-jährigen Firmengeschichte als äußerst zuverlässig erwiesen haben – Kratzgeräusche treten nur in seltenen Fällen auf.

Schutz vor Fehlbedienung und Überlast

Der Schutz der angeschlossenen Kopfhörer ist uns besonders wichtig. Viele unserer Geräte verfügen über verzögerte Zuschaltungen, sodass Kopfhörer erst nach vollständigem Hochfahren der Betriebsspannung aktiviert werden. Das vermeidet ungesunde Einschaltgeräusche. Zusätzliche Schutzschaltungen überwachen Gleichspannungsanteile im Signal, verhindern Überlastungen und regeln hohe Temperaturen.

Unsere Verstärker sind zudem mit Strombegrenzern ausgestattet – ein Schutzmechanismus für das Gerät selbst und die angeschlossenen Kopfhörer. Nutzer müssen sich also keine Gedanken über zusätzliche Maßnahmen machen, wenn sie ihren Kopfhörer ein- oder ausstecken.

Fazit: Bei Lake People und Vioelectric setzen wir auf Qualität ohne Kompromisse – für Geräte, die zuverlässig, langlebig und klanglich überragend sind.



The logo for Lake People Audio features a stylized 'LP' monogram on the left, followed by the words 'LAKE PEOPLE' in a smaller, bold, sans-serif font, and 'AUDIO' in a larger, bold, sans-serif font below it.

**LAKE PEOPLE
AUDIO**

Lake People audio GmbH

Münchener Str. 21
82131 Gauting, Germany

Tel.: +49 (0)89 97 880 380
gmbh@lake-people.de

www.lake-people.de