



Anschlüsse und Signalführungen bei Audiogeräten symmetrische und asymmetrische Signalführung



Eine kurze Einführung in die Signalführung bei analogen Audiosignalen

Eine Abhandlung von Jens Kelting
Copyright 2005-2010 – Alle Rechte vorbehalten!
Nachdruck nur mit Zustimmung des Verfassers!
Krankenhausradio Elmshorn – **Radio K.R.E.**

V1.4 – Juni 2010

Einleitung

Im Studio und in unzähligen Anwendungen tauchen verschiedene Steckverbinder-Systeme aus. Charakteristisch sollen die Stecker auch den anliegenden Pegel und die Signalführung anzeigen – so jedenfalls die Meinung unzähliger Anwender. Die Annahme, aus dem Stecker den anliegenden Signalfluss ableiten zu können ist irreführend sowie falsch.

Im Dschungel von XLR, Klinke, Cinch und Speakon (um nur einige zu nennen) gibt KEINE genormte Beschaltungsform für diese Stecker.

Eine Auflistung bringt erstes Licht in das Dunkel der Verbinder:



Bild: Audio-Steckverbinder (der Reihenfolge nach: Cinch, Klinke, XLR)

Die verschiedenen Arten von verwendeten Steckern und Verbindungsmöglichkeiten wird mit der Zeit immer Vielfältiger. Klar ist auch, dass jene Stecker, denen wir über Jahrzehnte unser Vertrauen geschenkt haben, irgendwann von der Bildfläche verschwinden werden. Dazu gehören die altbekannten „Tuchel- oder Amphenol Stecker“ – die noch an alten Rundfunkkassetten und Mikrofonen zu finden sind.

Zuordnung der Anwendungen

Bei vielen Steckern gibt es zwangsläufig auch Doppelbenutzungen, die - wie immer – durch die fehlenden Normungen entstehen. So ist bisher keine Normierung bekannt, die eine Verwendung von Steckverbinder im Zusammenhang mit Geräten vorschlägt.

Hier nun eine erste Liste, die eine große Übersicht über die Komplexität gibt:

Steckertyp	Anwendung
Cinch oder RCA	Audiosignale, Stereo- oder Monoton mit meist semiprofessionellen Pegeln (-10dB) und nicht genormten Ein- und Ausgangswiderständen Impedanz: Zwischen 600Ohm und 100 K Ohm Erkennbar: Rote oder weiße Buchse
Cinch oder RCA	Videosignale BAS oder FBAS, Impedanz: 75 Ohm Erkennbar: Gelbe Buchse
Cinch oder RCA	Digitale Audiosignale SP/DIF-Format, Impedanz: 75Ohm Erkennbar: Gelbe oder Orangefarbige Buchse
Cinch oder RCA	Steuersignale für Remote-Controls an CD-Playern Oder sonstigen Geräten Impedanz: Nicht festgelegt, oft DC-Pegel Erkennbar: Keine Farbzueordnung

Klinke, 6,3mm Mono	Audiosignale, Eingang am Gitarrenverstärker Impedanz: Oftmals sehr hochohmig ab 100K Ohm Pegel: Mikrofonpegel, 200mV oder weniger
Klinke, 6,3mm Mono	Audiosignale, Eingang an Mischpulten, Effektgeräten, Signalprozessoren, DI-Boxen, Verstärkern, Impedanz: In dieser Anwendung oft 47K Ohm Pegel: Line Pegel zwischen 775mV und 1,55V
Klinke, 6,3mm Stereo	Audiosignale, Kopfhörerausgang Impedanz: zwischen 8Ohm und 500Ohm je nach Gerät und Bauart Pegel: Zur Ansteuerung von Kopfhörern erforderliche Spannung- und Stromwerte in Abhängigkeit der Anschlussimpedanz
Klinke, 6,3mm Stereo	Audiosignale, Insert Anschlüsse an Mischpulten oder Signalprozessoren, Impedanz: Ausgang oft 600Ohm Eingang 10K Ohm Pegel: 775mV bis 1,55V
Klinke, 6,3mm Stereo	Audio-Signale, Symmetrische Eingänge an Mischpulten, Effekt- und Signalprozessoren, Endstufen Impedanz: 10K Ohm bis 100K Ohm Pegel: 775mV bis 1,55V
Klinke, 6,3mm Mono	Steuersignale an Verstärkern (insbesondere Gitarrenanwendungen und Hammond (*) Orgeln (* Hammond = geschützter Name) Impedanz: Keine Festlegung Pegel: Audio-Signale und DC-Steuerpegel
Klinke, 6,3mm Mono	Lautsprecherleitungen, Sehr gefährlich, da beim Stecken in Metall Klinkenbuchsen ein Kurzschluss möglich ist, der eine Endstufe zerstören kann, Leider noch häufiger Bestandteil vieler Lautsprecherboxen

XLR 3-polig	Audio Signale, Mikrofonleitungen, Symmetrisch Impedanz: zwischen 200 und 600Ohm Eingangsimpedanzen unterschiedlich nach Anwendung bis zu 47K Ohm Ausgangsimpedanzen zwischen 40 und 600 Ohm
XLR 3-polig	Audio-Signale, Leine-Pegel, Symmetrisch Eingangsimpedanzen unterschiedlich nach Anwendung bis zu 47K Ohm Ausgangsimpedanzen zwischen 40 und 600 Ohm
XLR 3-polig	Digitale Signale im AES/EBU Format – wobei auch semiprofessionelle Formate wie SP/DIF können durchaus symmetrisch übertragen werden können, Impedanz: 110 Ohm
XLR 3-polig	Digitale Signale, Steuerung von Lichtenanlage mit DMX512, Fälschlicherweise werden zwei Stecker verwendet, ursprünglich wurden 5-polige XLR Verbinder eingesetzt, aber zur Verwendung vorhandener Kabel, werde oftmals Adapter eingesetzt, von der Impedanz bedenklich bei langen Übertragungswegen, bis 10 Meter auch Mikrofonleitungen problemlos einsetzbar
XLR 3-polig	Steuerleitungen für Durchsagemikrofone und sonstige Anwendungen
XLR 3-polig	In alten Zeiten der PA-Technik auch verwendet für Lautsprecherleitungen, Problematisch auf Grund der erhöhten Vertauschungsgefahr, unbeliebt in dieser Form,

Speakon, 2 und 4 polig	Einsatz an Lautsprecheranlagen, berührungsfreier und sehr zuverlässiger Steckverbinder der Fa. Neutrik, Es gibt nur Stecker und Einbau-Buchsen, Verwendung in professionellen Beschallungsanlagen
Power-Con 3 polig	Als Spezialstecker in Stromversorgungen mit Netzspannungen, Vertauschungssicher mit allen anderen Speakon-Verbindungen
Mini-XLR 3-polig	Die kleine Variante der bekannten XLR-Verbindungen, Einsatz an drahtlosen Mikrofonanlagen zum Anschluss von Headset oder Zusatzgeräten
Klinke, 3,5mm Mono/Stereo	Audio-Verbindungen an Computern, Ein- und Ausgangssignale, Impedanzen: Keine Normung vorhanden, sehr unterschiedlich Pegel: Mikrofonpegel bis Line-Pegel Hinweis: Auch oftmals für Steuerleitungen verwendet, Remote-Controls an unzähligen DJ-Komponenten

Steckerformen

Es gibt sehr viele Steckverbinder, wobei wie an dieser Stelle nur die Wichtigsten dargestellt sind:



Bild: Typischer Cinch (oder Cynch) Steckverbinder – oftmals auch Phono oder RCA-Stecker genannt. Hier die vergoldete Ausführung, die kaum klangliche Vorteile bringt. Nur die verbesserte Kontaktgabe ist ein Pluspunkt für den Einsatz.



Bild: Cinch Stecker mit Vernickelter Oberfläche – der normale Einfachstecker. Für die meisten Anwendungen vollkommen ausreichend.

Cinch Stecker finden oftmals in den heimischen Stereoanlagen Verwendung, wobei aus Kostengründen nur die preiswerten „Plastik“ Stecker in schwarz/roter Ausführung zum Einsatz kommen. Die beigefügten Kabel sind im Regelfall von extrem schlechter Qualität, so dass sich ein hochwertiges Kabel immer lohnt.

Grundsätzlich findet die Signalübertragung in asymmetrischer Form statt. Auch Videosignale (gelber oder grüner Stecker) werden häufig über eigentlich nicht geeigneten Stecker geleitet. Die ursprünglichen BNC-Steckverbinder sind für den Home Bereich zu teuer und wurden gegen die wirklich „billigen“ Stecker aus Fernost ersetzt.

Kabelbrüche und unliebsame Unterbrechungen sind die Begleiterscheinungen der unprofessionellen Steckverbinder. Nur hochwertige Typen der Fa. Neutrik weisen eine erheblich bessere Stabilität auf – was sich allerdings auch im Preis niederschlägt.

Steckerformen

Es gibt sehr viele Steckverbinder, wobei wie an dieser Stelle nur die Wichtigsten dargestellt sind:



Bild: Klinkenstecker – hier in der Mono-Version.

Der Klinkensteckverbinder ist aus der modernen Musikszene nicht mehr wegzudenken. Bei fast allen Gitarren kommt dieser universelle Anschluss zum Einsatz.



Bild: Klinkensteckverbinder – Stereoversion für Stereo-Kopfhörersignale oder die symmetrische Signalübertragung.

Dabei werden die beiden Signale auf die Anschlüsse Spitze(Tip) und Ring verteilt. Masse ist grundsätzlich immer der Schaft.

Steckerformen

Es gibt sehr viele Steckverbinder, wobei an dieser Stelle nur die wichtigsten als Bild dargestellt werden:



Bild: XLR Steckverbinder als Kupplung

Der XLR (oder auch Canon-Stecker) wird hauptsächlich für professionelle Signale verwendet. Irreführend ist die weit verbreitete Information, XLR Steckverbinder sind ein Garant für die symmetrische Signalübertragung. Das ist grundlegend falsch. Die drei Anschlusstifte führen in der optimalen Anwendung beide symmetrischen Signale + und – sowie die zusätzliche Masse.



Bild: XLR Stecker

Der Anwender muss in jedem Fall überprüfen, ob vorhandene Kabel und Leitungen wirklich auch 1:1 durchgeschaltet wurden. Oftmals finden halbherzig gelötete Kabel Verwendung, bei denen die Anschlüsse 3 und 1 verbunden werden und nur Pin2 als Signalführender Weg verwendet wird.

Signalführungen

Grundsätzlich werden zwei Signalführungen unterschieden:

Asymmetrische und symmetrische Signalführung als grafische Darstellung. Erkennbar die doppelte Signalführung bei symmetrischen Anschlüssen:

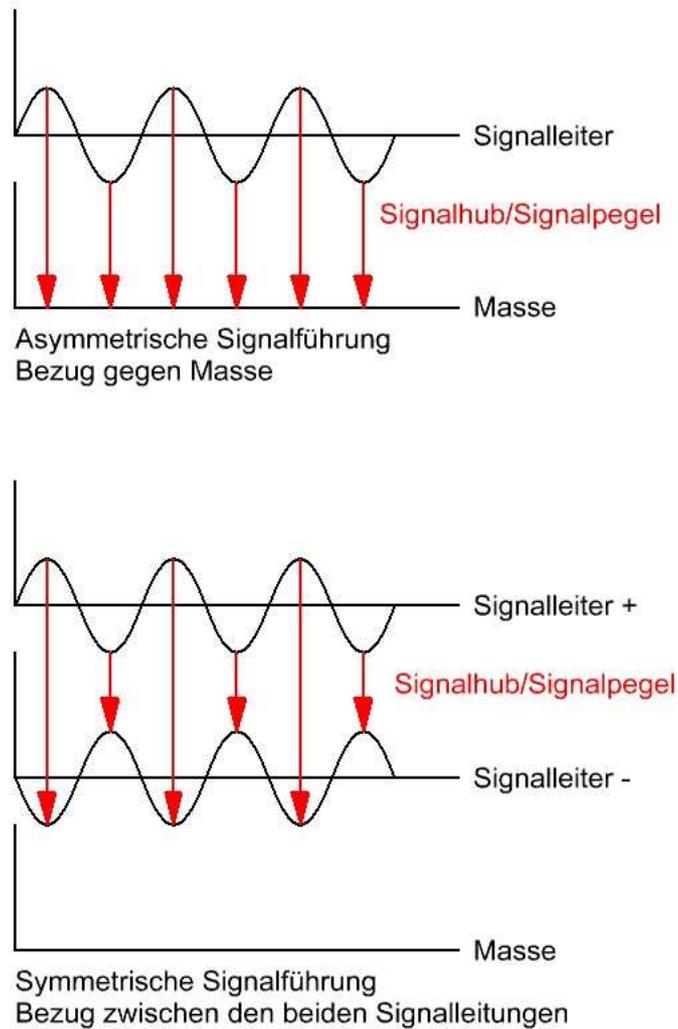


Bild: Unterschiede zwischen symmetrischer und asymmetrischer Signalführung

Erweitert zeichnen wir daneben die Steckverbinder, sodass erkennbar wird, was an welchem Pin anliegt:

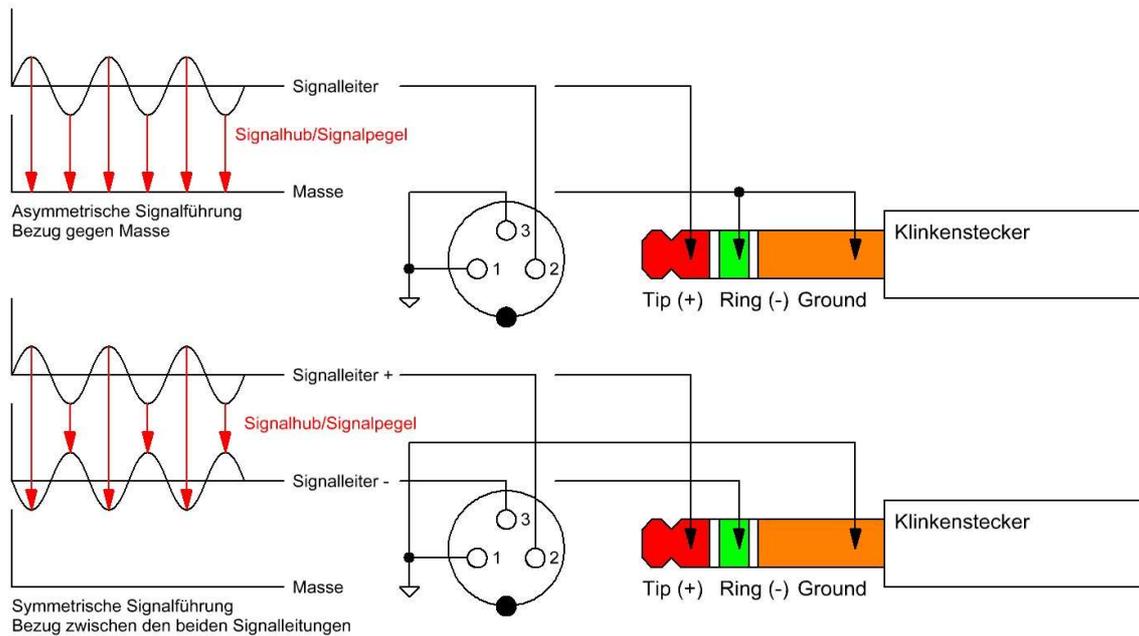


Bild: Darstellung der Signalwege an symmetrischen und asymmetrischen Leitungen. Erkennbar wird die Beschaltung zwischen XLR und Klinkenstecker. So kann auch erklärt werden, dass eine symmetrische Signalführung auf asymmetrischen Anschlüssen geschaltet werden kann. Umgekehrt kann allerdings aus einem asymmetrischen Ausgang KEINE symmetrische Signalführung generiert werden. Einzige Ausnahme: Einsatz eines Transformators/Übertragers.

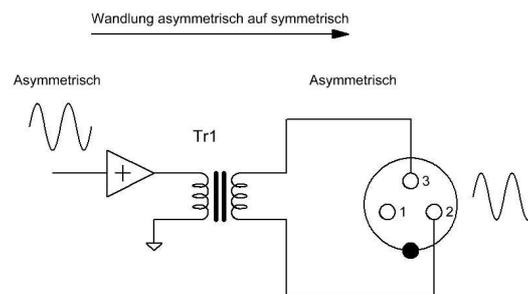


Bild: Durch den Einsatz eines Übertragers werden asymmetrische Signale in die symmetrische Form gewandelt. Dabei spielt die Qualität des Übertragers für den Frequenzverlauf (Linearität) eine große Rolle. Bedingt durch die Induktivität des Übertragers machen sich Filtereffekte bemerkbar, bei denen die oberen und unteren Frequenzbereiche beschnitten werden.

Übertragungsverluste durch Übertrager

Jede Wandlung von symmetrisch auf asymmetrisch und umgekehrt unterliegt den Verlusten der verwendeten Übertrager. Diese Wandlungsverluste machen sich in nicht linear verlaufen Übertragungseigenschaften in Bezug auf Frequenz und Pegel bemerkbar:

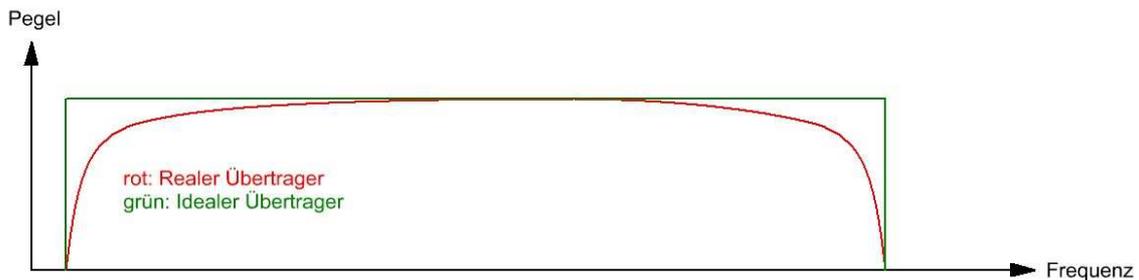


Bild: Die rote Übertragungslinie zeigt die tatsächlichen Verluste und Schwierigkeiten auf. Niedrige und hohe Frequenzen bereiten dem Übertrager Probleme. An Audio-Übertrager werden daher hohe Anforderungen gestellt, die in hohen Stückpreisen bemerkbar machen. Auch an die Hersteller werden besondere Ansprüche gestellt, was die Fertigung und den Einsatz geeigneter Materialien betrifft.

Die grüne Linie zeigt den optimalen, wünschenswerten Verlauf, der jedoch mit Mitteln dieses Planeten nicht realisierbar scheint.

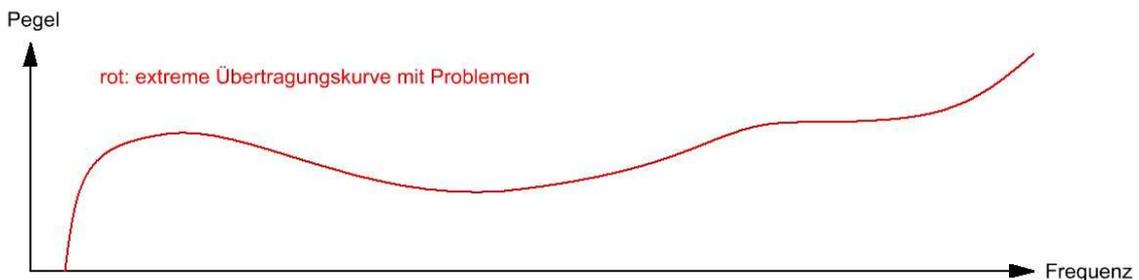


Bild: Wird ein ungeeigneter Übertrager verwendet, verändern sich die Eigenschaften. Bedingt durch kapazitive Belastung verändert sich der Übertragungsverlauf.

Daher sollten Übertrager nur mit entsprechenden Kenntnissen der Übertragungstechnik eingesetzt werden. Anpassungen der Impedanzen spielen dabei eine wichtige Rolle. Da der Bereich „Quellimpedanzen und Pegel“ sehr umfangreich ist, belassen wir es vorerst bei diesen Ausführungen.

Verschiedene Eingangsstufen

Nachfolgend werden die beiden Möglichen der Beschaltungen aufgezeigt. Zum besseren Verständnis.

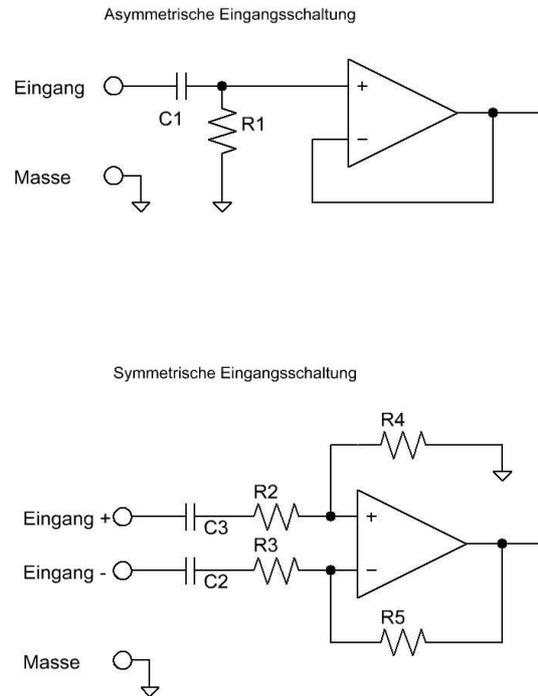


Bild: Asymmetrische und symmetrische Eingangsschaltung im Vergleich.

Die beiden Stufen unterschieden sich nur durch die Anzahl der Eingänge. Wobei die asymmetrische Stufe nur ein Signal aufnehmen kann da IMMER gegen Masse bezogen wird, verlangt die symmetrische Stufe ein Differenzsignal. Selbstverständlich kann auch hier ein asymmetrisches Signal verwendet werden. Allerdings erfüllt die Eingangsschaltung nicht mehr den Zweck der „Störsignalunterdrückung“.

Eingangsbeschaltungen

Unterschiedliche Beschaltung von Eingangsstufen

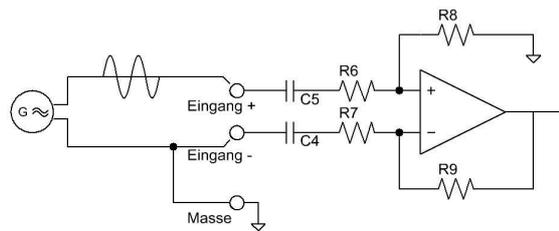
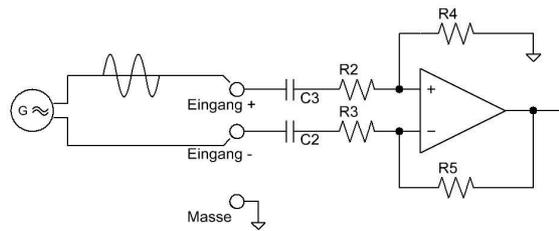
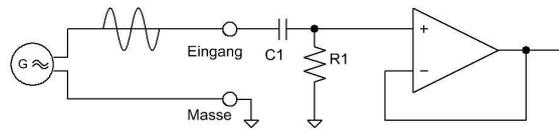


Bild: Beschaltung einer asymmetrischen Eingangsstufe und der symmetrischen Ausführung.

Fehlerhafte Eingangsbeschaltung

Die symmetrische Eingangsschaltung sollte IMMER komplett beschaltet werden. Was der Laie nicht erkennen kann ist der Aufbau der Schaltung. Eine elektronisch aufgebaute Eingangsstufe verarbeitet auch fehlerhaft beschaltete Eingänge:

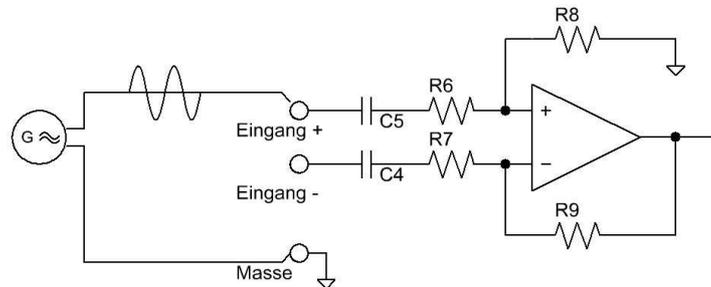


Bild: Der positive Eingang der Schaltung ist belegt worden. Gegenüber der vorhandenen Masse wird ein Signal erkannt und auch verarbeitet. Der negative Eingang (gekennzeichnet mit -) liegt offen. Durch den Gegenkopplungswiderstand R9 liegt der Eingang jedoch nicht „frei“ und kann sich KEINE Störungen einfangen. Da fast alle Eingangsstufen mit Impedanzen um 40K Ohm arbeiten, sind atmosphärische Störungen durch brummen bei nicht beschaltetem Stecker unwahrscheinlich. Nur lange Leitungen, denen auf der Endseite ein passender Abschluss fehlen, erzeugen Störungen.

Diese fehlerhafte Eingangsbeschaltung ist oft die Folge von mangelhaft angefertigten Adapterkabeln, bei denen durch fehlendes Fachwissen gravierende Verbindungsfehler gemacht werden. Insbesondere Adapter von Cinch auf XLR haftet dieser Schönheitsfehler an, denn die erforderliche Brücke zwischen Masse und (- Sig) fehlt oft:

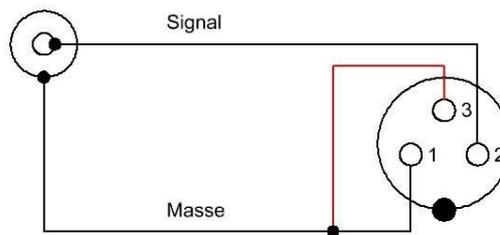


Bild: wird ein asymmetrisches Signal aus einer Klinken/Cinchleitung entnommen, ist an der empfangenen XLR-Buchse eine Brücke zwischen masse und dem Eingang (- Sig) zu legen. Zweckdienlicher Weise lötet der Fachmann die Brücke direkt in den Stecker.

In speziellen Fällen (Einsatz von Übertragern) sind zusätzliche Widerstände erforderlich, die in den Stecker gelötet werden. Jene Impedanzanpassungen/Simulationen werden allerdings nur in bestimmten Situationen erforderlich.

Auswirkungen einer fehlerhaften Beschaltung

Werden symmetrische Eingänge falsch beschaltet, führt dies je nach Hardware zu Problemen oder bleibt schier unbemerkt. Dabei kommt es auf den Eingang an, ob dieser mit elektronischer Symmetrierschaltung oder Übertrager aufgebaut ist.

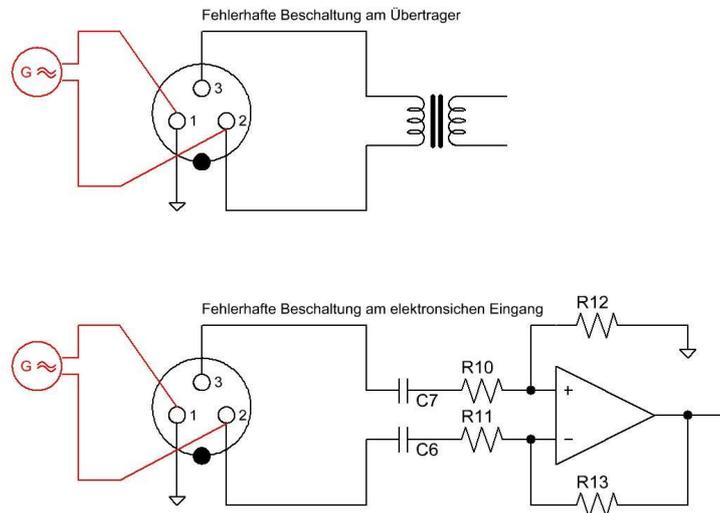


Bild: Zwei Möglichkeiten einer fehlerhaften Beschaltung eines symmetrischen Eingangs an einer XLR-Buchse. Zeigt die obere Schaltung keine Funktion – arbeitet die untere Version mit elektronischer Eingangsschaltung problemlos. Woran liegt das?

Die elektronische Eingangsschaltung wertet die Spannungs/Signaldifferenz zwischen den beiden Eingängen aus. Wird ein Eingang „offen“ gelassen, entsteht trotzdem zwischen den beiden Anschlüssen eine Differenz. Zwar ist diese nicht so groß, wie bei einer korrekten, symmetrischen Beschaltung – führt aber zu einem Ausgangssignal:

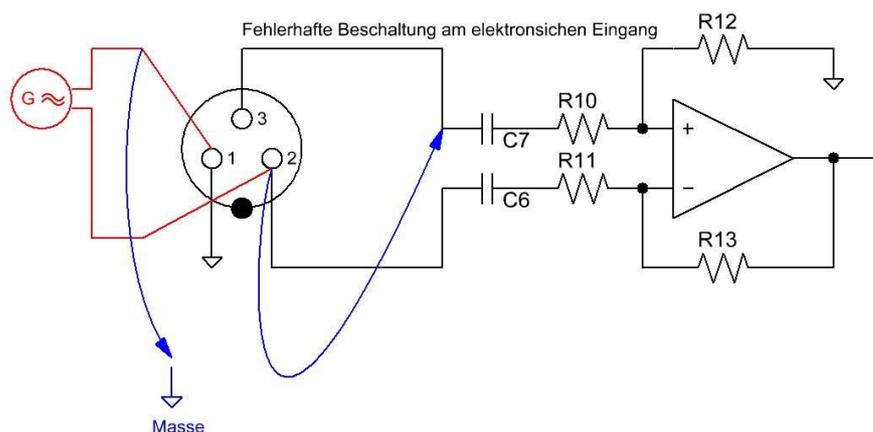


Bild: Auch wenn der Eingang an Anschluss 3 offen bleibt, entsteht durch diesen Fehler eine Signaldifferenz. Dieser erscheint zur weiteren Verarbeitung am Ausgang des Eingangsverstärkers (hier Operationsverstärker).

Wird jedoch bei einer Eingangsschaltung mit Übertrager nur ein Eingang beschaltet, liegt der zweite Anschluss „in der Luft“ und ist offen. Die Eingangsschaltung arbeitet nicht.

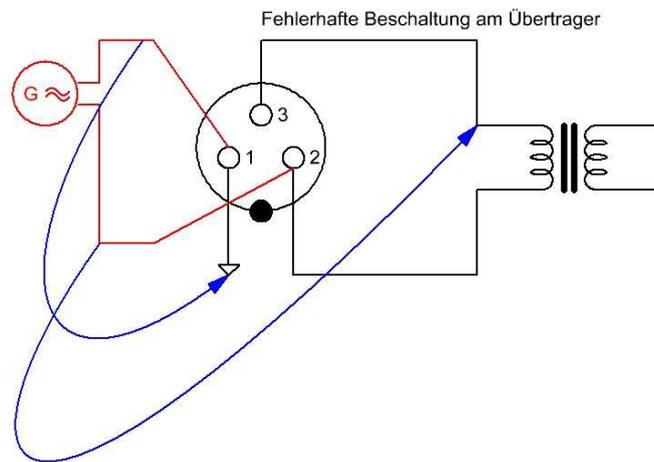


Bild: Der Übertrager hängt in der „Luft“ und sein Anschluss ist unbeschaltet.

An dieser Stelle sind wir auch schon bei Thema „Ausgänge“ angekommen.

Symmetrische Ausgänge

Symmetrische Ausgänge sind das genaue Gegenstück zum Eingang und können alle Arten von Eingängen treiben und beschalten. Je nach Ausgangsart kann hier der nicht beschaltete Pin frei bleiben.

Entgegengesetzt der oft geglaubten Ansicht, Ausgänge dürften niemals gegen Masse kurzgeschlossen werden, ist es oftmals sogar erforderlich.

Je nach Ausgangsbeschaltung kann es sogar zwingend notwendig sein, den nicht verwendeten Anschluss gegen Masse zu legen.

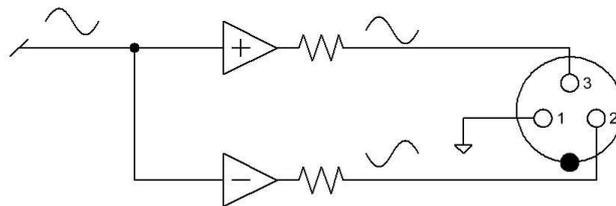


Bild: Symmetrische Ausgangsschaltung auf elektronischer Basis. Diese Schaltungstechnik erkennt eine asymmetrische Beschaltung nicht. Der durch eine asymmetrische Beschaltung auftretende Pegelverlust wird hier nicht berücksichtigt.

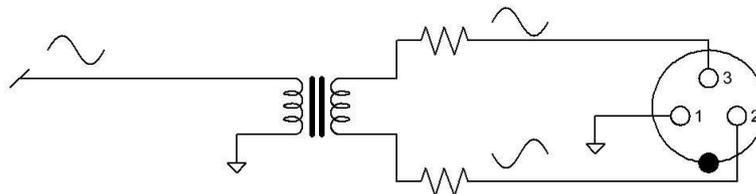


Bild: Symmetrische Ausgangsschaltung mit Übertrager. Bleibt ein Anschluss frei, funktioniert die Schaltung nicht.

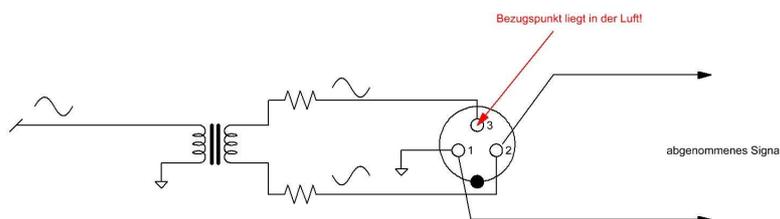


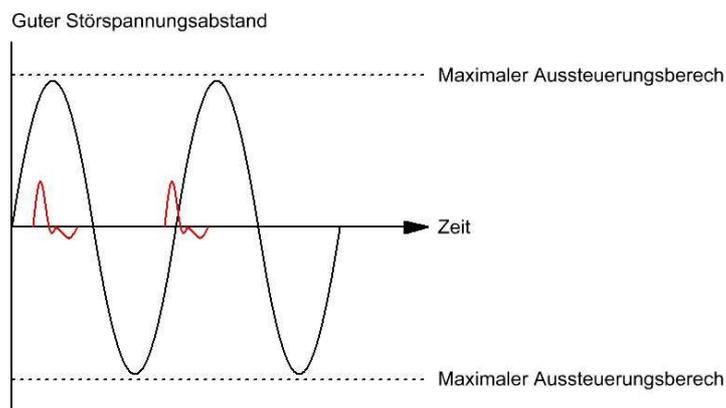
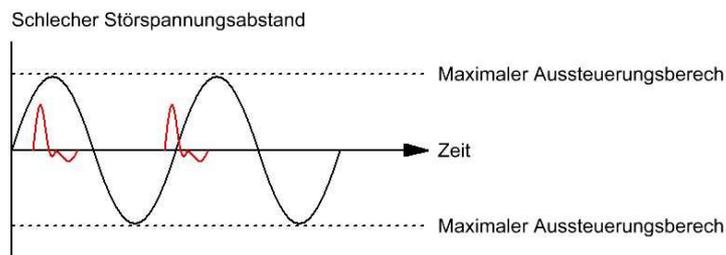
Bild: Liegt der Bezugspunkt in der Luft, arbeitet die Ausgangsstufe mit Übertrager nicht. Sollten trotzdem kleine Signalanteile zu hören sein, ist dies die Folge kapazitiver Kopplungen am Ausgang durch den Übertrager oder Filterkondensatoren.

Funktionsweise von symmetrischen Geräteanschlüssen

Professionelle Studiogeräte verwenden ausschließlich symmetrische Signalübertragung. Durch die doppelte Signalführung werden Störsignale wirkungsvoll unterdrückt. Doch wie funktioniert das?

Der Grundgedanke liegt in der Tatsache begründet, dass eine auftretende Störung ein einmaliges Ereignis ist, dessen Zusammensetzung unbekannt ist. Jedoch können wir dem ein gezieltes Signal entgegenbringen, dessen Zusammensetzung wir kennen. Trifft jedoch ein asymmetrisch geführtes Signal auf eine Störung (oder umgekehrt) vermengen sich die beiden Signale zu einer Summe, die aus Signal und Störung besteht. Der sogenannte Störspannungsabstand beschreibt dieses Phänomen, das ein Verhältnis aus Signal und Störung bildet.

Grundsätzlich gilt, je geringer das Nutzsignal ist, desto einfacher ist es für eine Störung, nachhaltige Beeinflussungen zu bewirken.



Nur das Verhältnis zwischen Stör- und Nutzsignal entscheidet über die Qualität der Übertragung. Große Nutzsignale überdecken die Störung, die nur in leisen Passagen auffällt. Typische Beispiele sind Gitarrenverstärker, bei denen fast immer „Brummen“ und „Rauschen“ im Ruhezustand den Lautsprecher erreichen. Erst beim Spielen des Musikers fallen diese „Grundgeräusche“ nicht mehr auf. Das Nutzsignal „überdeckt“ die Störungen.

Deshalb gilt: Je größer das Nutzsignal desto geringer die Auswirkungen von Störsignalen. Somit erklärt sich auch der Einsatz hoher Pegel (bis zu 1,55 Volt) in der professionellen Studioteknik mit 600 Ohm Impedanz gegenüber den „Home-Anwendungen“ mit 10 K Ohm und Pegeln zwischen 200 und 700 mV.

Die Funktionsweise symmetrischer Übertragungen

Doch wie genau funktioniert eine symmetrische Übertragung? Dazu betrachten wir die Art einer Störung:

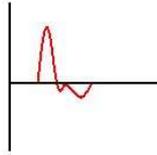


Bild: Typische Störung auf einer Leitung. Auffällig: Die Störung ist nur asymmetrisch.

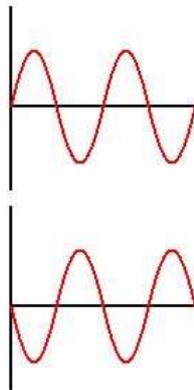


Bild: Nutzsignal in symmetrischer Form auf zwei Leitungen. Das obere Signal in der Bezugsphasenlage 0° und das untere Signal in Gegenphase mit 180° .

Zusammengeschaltet in Addition heben sich die beiden Signale auf, da sie komplett gegenläufig sind.

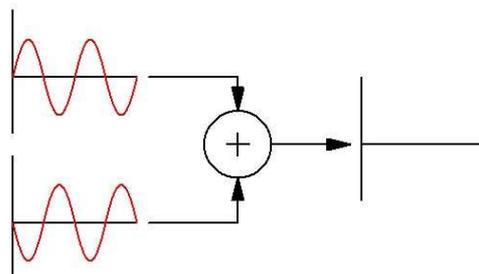


Bild: Addition und Auslöschung der Signalanteile.

Diesen Effekt der erfolgreichen „Auslöschung“ macht man sich in der Technik als Leistungsmerkmal symmetrischer Eingangsschaltungen zu Nutze und bezeichnet den Effekt als Gleichtaktunterdrückung. Doch dazu später mehr.

Würde man mathematisch die Differenz berechnen, ergibt sich dass doppelte Signal am Ausgang nach erfolgter Subtraktion:

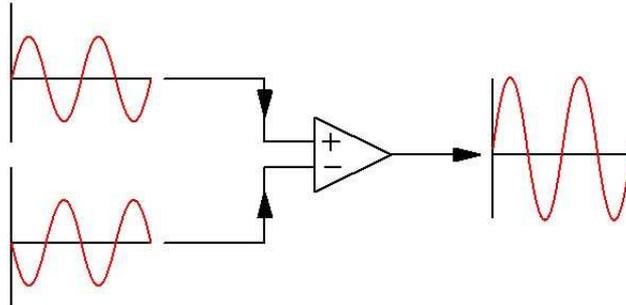


Bild: Die Subtraktion erzeugt als Ergebnis die Differenz der beiden Eingangssignale.

Funktionsweise

Wenn sich gegenphasige Signale in Subtraktion als nutzbare Summe ergeben, was würde dann mit Störungen passieren? Da diese nur einphasig auf der Leitung entstehen...?

Genau: Die Störungen verschwinden, denn Sie sind NICHT gegenphasig und bleiben unberücksichtigt:

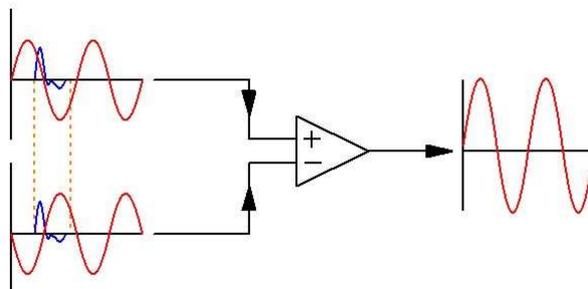


Bild: Auslöschung der einphasigen Störung durch Signal-Subtraktion. Technisch gesehen ist es die Differenzbildung mit Hilfe eines Operationsverstärkers.

Wird die Differenz als Nutzsignal ausgewertet, bleiben die Störungen von dieser Maßnahme unberührt.

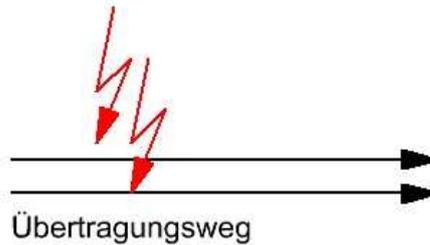


Bild: Eine Störung betrifft immer die gesamte Übertragungsstrecke. Somit werden ALLE Leiter im Kabel unter gleichen Bedingungen beeinflusst.

Der Begriff „Gleichtaktunterdrückung“ ist ein wesentliches Merkmal für die Qualität einer symmetrischen Auswertung. Ein Signal wird auf beide Eingänge geschaltet. Unter optimalen Bedingungen sollte am Ausgang KEIN Signal erscheinen, da KEINE Differenz vorliegt.

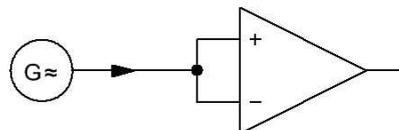


Bild: Messung der Gleichtaktunterdrückung. An beide Eingänge wird das gleiche Signal gelegt. Simuliert wird eine Störung, die unter optimierten Bedingungen der Eingangsstufe nicht am Ausgang erscheinen darf.

Die Praxis sieht allerdings anders aus, denn zahlreiche Faktoren beeinflussen die Unterdrückung oftmals sehr negativ. Dazu gehören parasitäre Kapazitäten im IC des Operationsverstärkers selbst – oder eine unzureichende Eingangsschaltung. Auch Verbindungswege und treibende Ausgangsstufen können eine Gleichtaktunterdrückung beeinflussen. Dabei unterscheiden wir drei Komponenten, die maßgeblich für eine hochwertige Signalübertragung auf symmetrischen Leitungswegen verantwortlich sind:

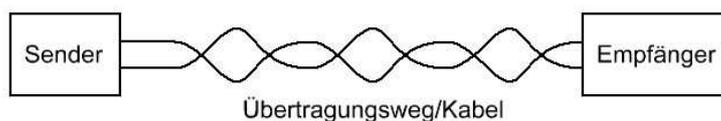


Bild: Sender, Leitungsweg und Empfänger bestimmen die Güte einer Übertragung.

Bei hohen Signalpegeln kann die oftmals erforderliche Schirmung auf symmetrischen Leitungen entfallen, wenn durch den Einsatz von Übertragern eine hohe Störsicherheit erreicht wird.

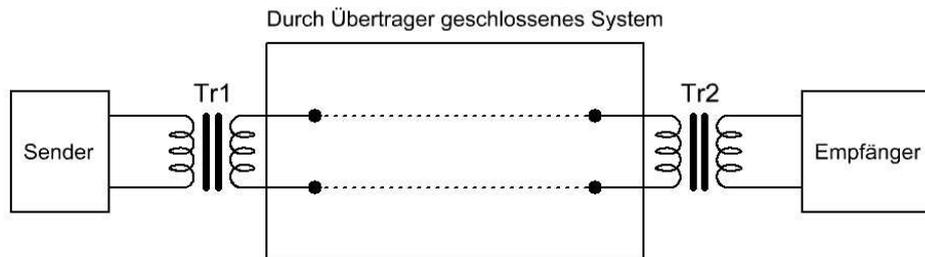


Bild: Funktionsdarstellung einer symmetrischen Übertragung – hier mit galvanischer Kopplung durch Übertrager.

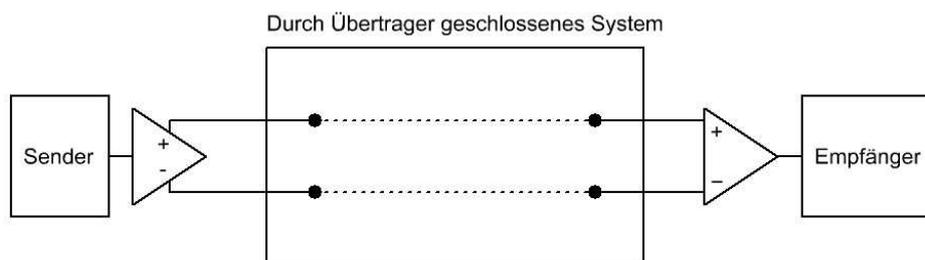


Bild: Der Übertragungsweg mit symmetrischer Signalübertragung. Hier fehlt allerdings die galvanische Trennung der beiden Einheiten.

Da in ein geschlossenes Übertragungssystem keine Störungen in Form von elektrischen Impulsen eindringen können, ist die Version der galvanischen Trennung die beste Übertragungstechnik. Leider durch den Preis hochwertiger Übertrager nicht immer eine preiswerte Lösung, so dass einfach Konsumergeräte ausschließlich mit der elektronischen Variante arbeiten.

Die Zusammenschaltung symmetrischer und Asymmetrischer Anschlüsse

Beide Anschlussarten können grundsätzlich zusammenschaltet werden. Problem gibt es nicht. Das dabei zugesicherte Eigenschaften der Ein- Ausgänge unter Umständen verloren gehen – sollte dem Anwender bewusst werden.

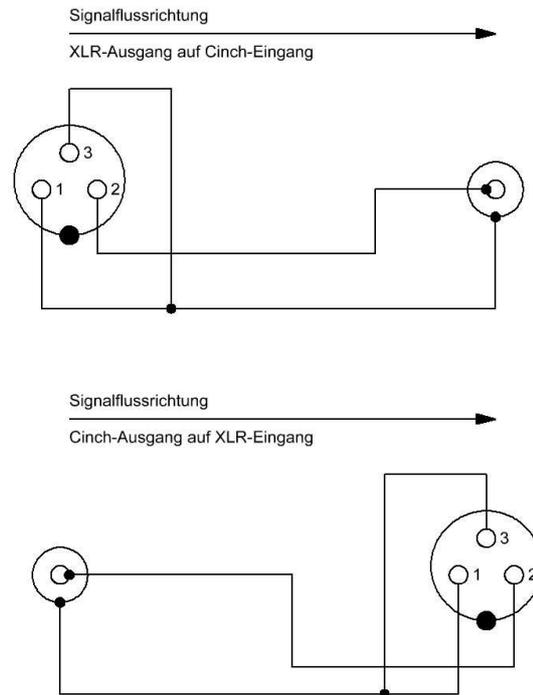


Bild: Grundsätzlich können asymmetrische und symmetrische Anschlüsse unter Verlust der guten Übertragungseigenschaften zusammenschaltet werden.

Anschlussimpedanzen durch das Treiben eines Cinch Eingangs durch einen XLR-Ausgang stellen kein Problem dar, denn der Ausgangswiderstand ist oftmals mit 600Ohm angegeben – liegt aber in der Praxis weit drunter:

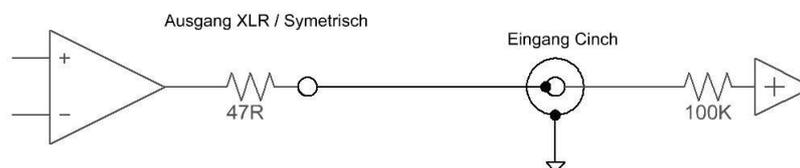


Bild: Symmetrische Ausgangsschaltungen werden in der Regel niederohmig aufgebaut. Somit lassen sich hochohmige Eingänge (10 bis 100K Ohm) problemlos treiben.

Wird jedoch ein asymmetrischer Cinch Ausgang verwendet, kann bei preiswerten Geräten durchaus zu extremen Problemen kommen. Pegelverluste und auch klangliche Einbußen sind oft die Folge.

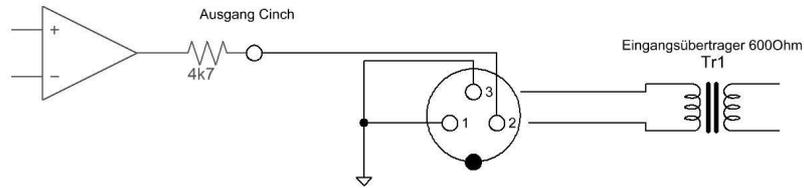


Bild: Der hochohmige Ausgang mit 4,7k Ohm soll nun den niederohmigen Eingangübertrager versorgen.

Wie schon ersichtlich, liegen die beiden Widerstandsverhältnisse extrem auseinander. Ein auf den Cinch-Ausgang folgender Cinch Eingang mit 100k Ohm würde kaum etwas bewirken. Die 600 Ohm stellen allerdings eine kaum zu treibende Last dar.

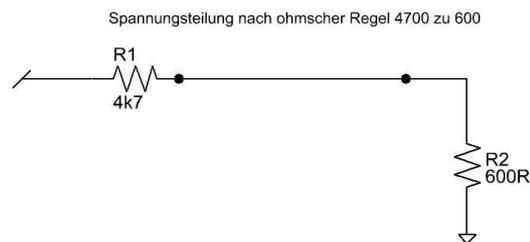


Bild: Durch die beiden Widerstände entsteht ein Spannungsteiler, der nach Ohmschen Gesichtspunkten betrachtet, einen gravierenden Pegelverlust zur Folge hat.

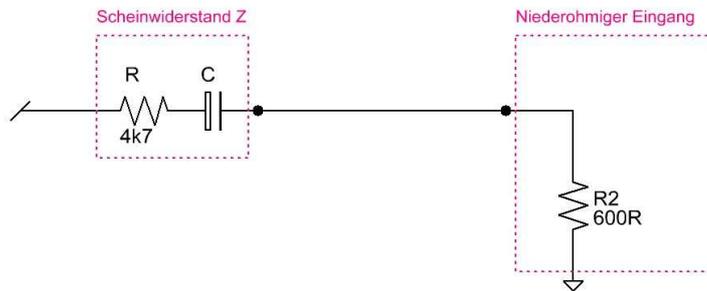
Bedingt durch die Tatsache, dass der Eingangübertrager durch seinen induktiven Anteil X_L einen Blindwiderstand aufbaut, der sich zum Wirkwiderstand R addiert. Diese Addition der beiden Werte ergibt den Scheinwiderstand „ Z “ – der auch Grundlage für die Begriffsbezeichnung Impedanz bildet.

Eine rein „ohmsche“ Eingangsbeschaltung gibt es in der Praxis sehr selten. Bereits Koppelkondensatoren am Eingang sorgen für einen Impedanzcharakter, der immer dann vorliegt, wenn „Frequenz“ beeinflussende Komponenten im Signalzweig sitzen.

Dazu gehören Ein/Ausgangsübertrager und verwendete Koppelkapazitäten, die Eingangsschaltungen vor unbeabsichtigten Gleichspannungen schützen sollen. Doch jene Kondensatoren, die bei preiswerten HiFi Komponenten oftmals als Elko eingesetzt werden, bilden am Ausgang einen Reihenwiderstand. Auch preiswerte Mischpulte mit Cinch Ausgängen sind oftmals von diesem Effekt betroffen.

Ausgangsprobleme beim treiben von symmetrischen Eingängen

Treibt ein hochohmiger Cinch-Ausgang einen symmetrischen Eingang kann es durchaus Pegelprobleme geben.

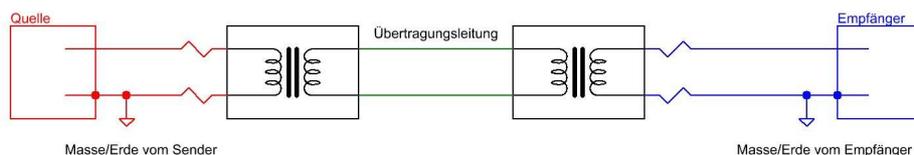


Durch den Abschluss mit einem niederohmigen Eingang wirkt der Elko als Hochpassfilter.

In extremen Fällen kann es zu einem Abfall der niedrigen Frequenzen kommen, was sich durch Bassverlust bemerkbar macht. So erklärt sich oft der Umstand, das einige „DJ-Mischpulte“ mit Cinch-Ausgängen an symmetrischen Eingängen mit Bassverlusten zu kämpfen haben.

Um diesem Übel abzuhelpfen, verfügen mittlerweile alle professionellen Mischpulte übersymmetrische Ausgänge, die sich weitgehend an die Normierung von 600Ohm halten.

Symmetrische Eingänge dienen hauptsächlich der Störunterdrückung von eingehenden Signalen. Für den Fall, das lange Wege überbrückt werden müssen, bieten sich „DI-Boxen“ an, in denen ein einfacher Audio-Übertrager sitzt.



Zwei asymmetrische Geräte über eine Transformatorstrecke/DI-Box verbunden. Die symmetrische Form der Übertragung ermöglicht eine weitgehend „störungsfreie“ Nutzung der langen Wege. Je nach Qualität der Übertragen lassen sich so bis einigen hundert Meter überbrücken.

Nur durch bestehende Kapazitäten auf der Leitung werden hohe Frequenzen ungünstig bedämpft. Ebenfalls wirken sich schlechte Übertrager nachhaltig auf die Ergebnisse der Übertragungsqualität aus. Daher sind die meisten DI-Boxen aus dem Versandhandel absolut keine Wahl für hochwertige Rundfunk- und Audioübertragungen.

Firmen haben sich auf den Bau geeigneter Übertrager spezialisiert. Jene Transformatoren schaffen den benötigten Übertragungsbereich zwischen 20 und 20.000 Hz problemlos ohne nennenswerte Pegelverluste (in Abhängigkeit von der Frequenz).

Brummschleife

Ein Thema, das viele Studiot Techniker an den Rand des Wahnsinns bringen kann. Es brummt und die Diagnose warum – ist schwer. Viele Brummschleifen lassen sich messtechnisch nicht ergründen – obwohl es mit empfindlichen Messgeräten durchaus möglich ist.. Eine Brummspannung von nur 0,5mV (500 μ V – oder mikro Volt) reicht aus, um an empfindlichen Eingängen mit entsprechenden Verstärkungen als störendes Signal wahrgenommen zu werden. Bei besonders hochwertigen Produktionen sind derartige Nebengeräusche nicht vertretbar (Klassische Aufnahmen usw.).

Eine typische Analyse ist das „ausprobieren“ bei welcher Masseverbindung das Brummen entsteht – oder verschwindet. Messungen mit empfindlichen Pegelmessern und „Milli-Voltmetern“ mögen für den Zuschauer zwar „eindrucksvoll“ erscheinen – machen aber messtechnisch wenig Sinn. Der gute und alte „Kopfhörer“ test zeigt hier die besten Resultate – jedenfalls dann, wenn es um überschaubare Entfernungen im Studio geht.

Die Brummschleife entsteht entweder durch eine fehlende Masse – oder genau ausgedrückt – dem fehlenden Bezugspunkt.

Ein Beispiel soll dies erklären:

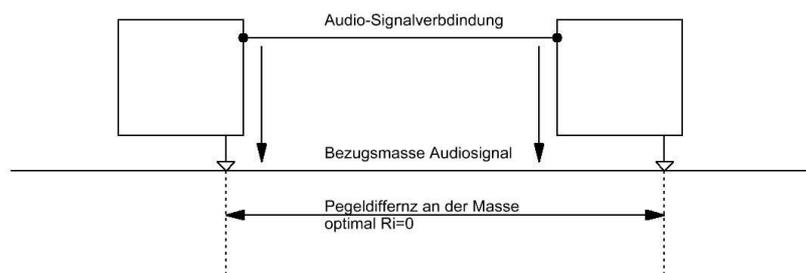


Bild: Zusammenschaltung zweier Audiogeräte über eine Masse

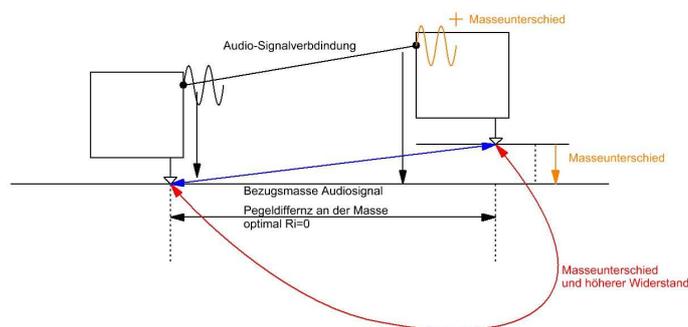


Bild: Entstehung einer Brummspannung durch unterschiedliche Massepotentiale

Unterschiedliche Massepotenziale

Durch die beiden unterschiedlichen Massepotenziale entsteht eine Spannung, die wiederum nach dem „Ohmschen Gesetz“ einen Strom zur Folge hat. Ist der Verbindungswiderstand gering, kann zwar ein Strom fließen – aber ein Spannungsabfall ist gering.

Je höher der Widerstand dieser Verbindung ist, desto größer ist auch die Fehlerspannung, die sich als Brummen bemerkbar macht.

Da in dieser Welt häufig 50Hz verwendet wird, erklärt dies auch die Herkunft der als störend empfundenen Brummstörungen. Unterschiedliche Massepotenziale (also auch Erde) entstehen durch verschiedene Stromkreise – oder Übertragungsleitungen zwischen zwei Gebäuden.

Das, was in der Starkstromtechnik als Spannungsabfall (200mV...) keine Bedeutung findet – macht sich in der Audio- und Übertragungstechnik störend bemerkbar. Werden nun die beiden Massepotenziale verbunden, kämpfen die Enden gegeneinander und erzeugen einen Fehlerstrom. Dieser macht sich Potenzialunterschied bemerkbar:

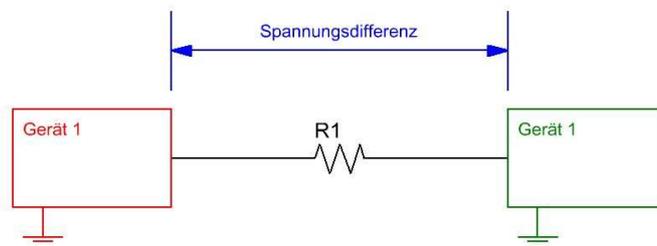


Bild: Unterschiedliche Massepotenziale erzeugen eine Fehlerspannung.

Da eine „unendlich“ kleine Verbindung zwischen den Massepotenzialen physikalisch nicht möglich ist, muss zwangsläufig ein Spannungsabfall entstehen. Ein typisches und bekanntes Beispiel ist die hörbare Lichtmaschine im Autoradio oder Verstärker. Erst eine massive Masseleitung zwischen den beiden Komponenten bringt die gewünschte Ruhe.

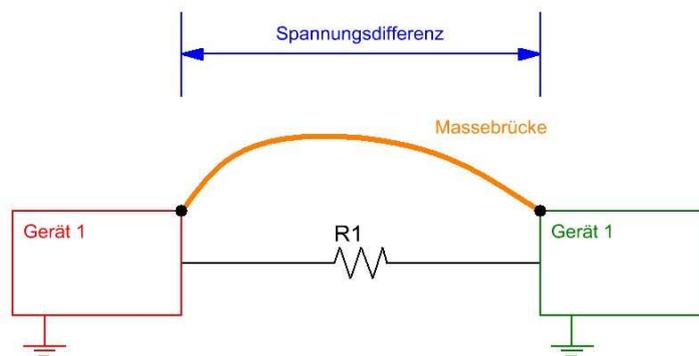


Bild: Auch wenn kleine Spannungen ein Brummen erzeugen, sind oftmals feste und sehr niederohmige Verbindungen erforderlich.

Die wirkungsweise des Übertragers

Um Brummstörungen zu unterdrücken, ist der Einsatz eines Übertragers erforderlich. Somit wirken sich die unterschiedlichen Massepotenziale nicht aus:

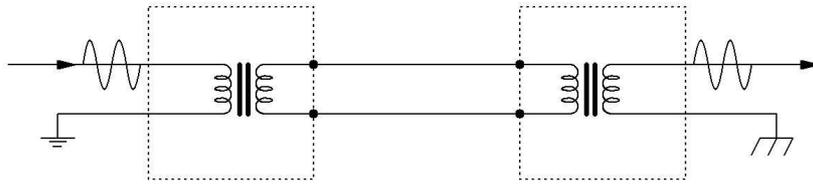


Bild: Übertrager entkoppeln die beiden Massepotenziale

Durch unterschiedliche Potenziale entstehen keine Auswirkungen, da die Übertragungsstrecke ein „geschlossenes System“ ist.

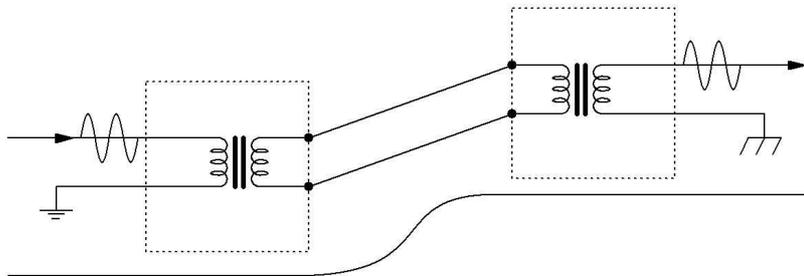


Bild: Auch wenn die beiden Masseanschlüsse unterschiedliche Potenziale besitzen, entstehen keine Auswirkungen.

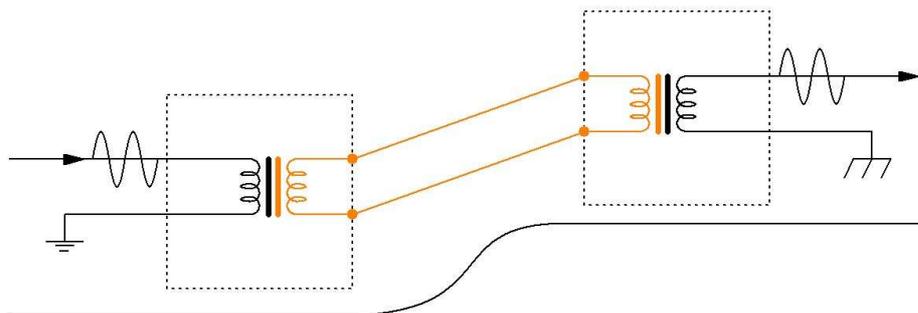


Bild: Durch ein geschlossenes System verlieren unterschiedlicher Massepotenziale die störende Wirkung.

Gleichtaktunterdrückung

Ein immer wieder oft verwendeter Begriff ist die Gleichtaktunterdrückung. Damit wird beschrieben, wie sich eine Eingangsstufe bei gleichen Pegeln auf **BEIDEN** Eingängen verhält. Als Optimum wird der ideale Übertrager angesehen, der keine Verluste hat. **IN** der Praxis sieht dies allerdings anders aus:

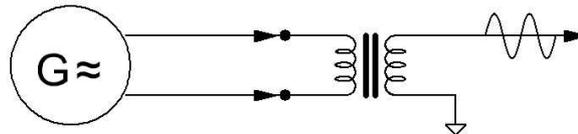


Bild: Wird ein Generator an die beiden Anschlüsse des Übertragers angeschlossen, entsteht folgerichtig eine Ausgangsspannung.

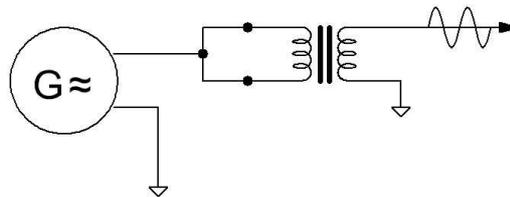


Bild: Liegt das Eingangssignal an beiden Eingängen des Übertragers, darf sich im Idealfall **KEIN** Ausgangssignal zeigen.

Doch physikalisch bedingt, sind Wicklungskapazitäten der Grund für unzulässige Signalwege, die sich als Fehler bemerkbar machen:

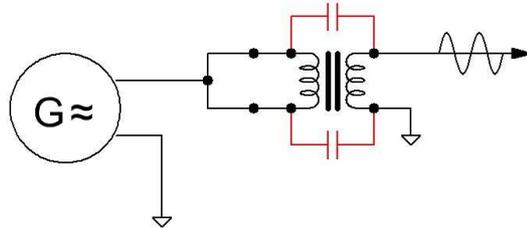


Bild: Durch diese Kapazitäten entstehen „Nebenschluss-Wege“, die sich erst bei höheren Frequenzen auswirken.

Niedrige Frequenzen sind meistens von den Effekten ausgeschlossen, da es sich um geringe, im pF liegende Kapazitäten handelt.

Über diesen Weg schleichen sich quasi Signalanteile am Übertrager vorbei und bewirken eine „Unsymmetrie“ im hohen Frequenzbereich. Bei Audioschaltungen ohne Messcharakter kann dies in den meisten Fällen vernachlässigt werden. Ausnahmen bilden Pegelmessger (Peakmeter) und andere, die Qualität einer Übertragung erfassende Messmittel. Hier sind perfekte Übertragungseigenschaften im gesamten Nutzbereich (meistens 20 bis 20.000Hz) erforderlich.

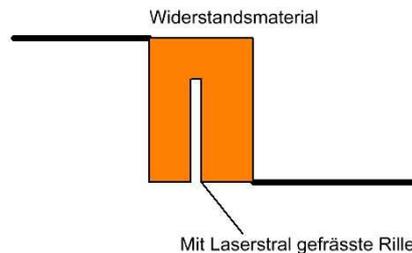
Abhilfe schaffen zusätzliche Kompensationskondensatoren, die als kleiner Drehkondensator zu finden sind. Je nach Hersteller und Güte der verwendeten Übertrager sind mehr oder weniger Zusatzmaßnahmen gegen diese „Wicklungskapazitäten“ erforderlich.

Wirksamkeit der Gleichtaktunterdrückung

Eine elektronisch symmetrisierte Eingangsstufe sollte die gleichen Eigenschaften aufweisen, wie ein Übertrager. In dieser Schaltungsart wirken sich die einzelnen Bauteiltoleranzen gravierender aus, als bei einem Übertrager.

Werden Eingangsschaltungen mit Hilfe spezieller Fertigungstechnologien als Hybridbaurein oder IC angefertigt, lassen sich extrem hohe, dem Übertrager gleichwertige Gleichtaktunterdrückungen erreichen.

Der Einsatz „lasergetrimmter“ Spezialbausteine ermöglicht den genauen Abgleich einer solchen Eingangsschaltung:



Dieser Abgleich erfolgt häufig bei/nach der Fertigung der Halbleiterbausteine. Hohe Fertigungskosten bestimmen allerdings auch den Preis dieser Bausteine, die oftmals im zweistelligen Bereich liegen.

Eine andere Alternative ist der Einsatz genauer Widerstände an den Eingangsschaltungen. Bei heutigen Fertigungsmethoden werden fast nur 1% tolerierte Widerstände zum Einsatz gebracht. Wenige Produktionen aus Fernost verwenden auch heute noch die als fast unbrauchbar anzusehenden 5% Kohleschichtwiderstände. IN der preiswerten „billig“ Haushaltsgerätfertigung noch einsetzbar und vertretbar.

Je nach Anforderung sollten in Audioschaltungen grundsätzlich nur 1%ige Widerstände verwendet werden.

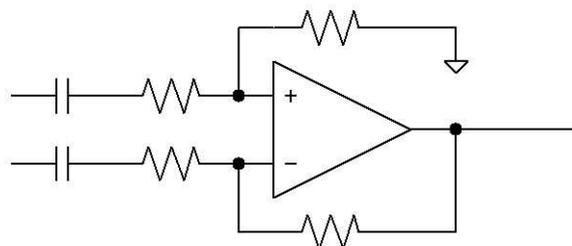


Bild: typische symmetrische Eingangsschaltung mit Operationsverstärker

Die beiden Kondensatoren blockieren Gleichspannungen, die zu Arbeitspunktverschiebungen führen können. Allerdings wirken sie auch als Hochpass, was zu bedenken ist.

Die Hochpasswirkung kann nur in Verbindung mit den Eingangswiderständen und den Kondensatoren so berechnet werden, das eine ausreichende Übertragungsbandbreite entsteht. Werden Eingangswiderstände von 22K Ohm verwendet, entsteht zusammen mit dem Masse/Gegenkopplungswiderstand ein Gesamtwiderstand von umgerechnet 44 K Ohm.

Ein Kondensator von 2,2µF ist dann noch ausreichend, um eine brauchbare Übertragungsbandbreite zu garantieren.

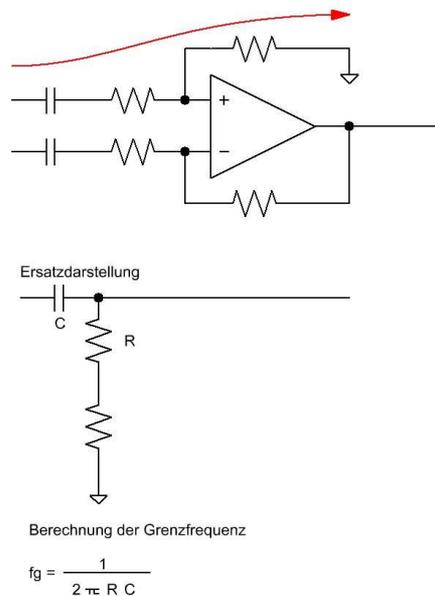


Bild: Die Berechnung Grenzfrequenz kann nach der umstehenden Formel vorgenommen werden.

Bedenkt man dabei, das es hierbei um ein passives 6dB Filter handelt, sind die Auswirkungen auf das Audiosignal mehr weich verlaufend und nicht so gravierend, wie oftmals bei der Dimensionierung von Geräteschaltungen angenommen wird.

Daher ist es nicht erforderlich, an den Eingangsbuchsen große Kapazitäten zu verwenden, die in bipolarer Bauform meistens sehr teuer sind. Eine unangenehme Eigenart preiswerter Geräte ist der Einsatz gepolter Elektrolytkondensatoren, die bei Audiosignalanwendungen keine Probleme bereiten. Jedoch zählen diese Bauteile mit Toleranzen um 10 bis 20% zu den ungenauen Komponenten einer Schaltung.

Je nach Anforderung können in den Eingangsschaltungen hochwertige MKT/MKS Kondensatoren eingesetzt werden. Nicht immer ist es zwingend erforderlich, Blockkondensatoren zum Einsatz zu bringen. Nur anliegende – oder zu erwartende Gleichspannung machen einen Eingangskopplung notwendig.

Eingangs-Koppelkapazitäten

Je nach Eingangsschaltung ist es erforderlich, einen entsprechenden Gleichspannungsschutz zu etablieren. Allerdings verzichten einige Hersteller professioneller Broadcast-Komponenten bewusst auf den Einsatz von Koppelkondensatoren. In diesem Fall kann fast von einer Gleichspannungskopplung gesprochen werden.

Doch wie wirken sich fehlerhafte Ausgangsstufen aus?

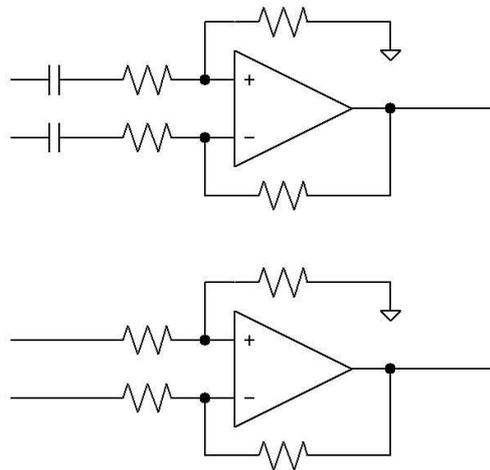


Bild: Obere Eingangsstufe mit – die Untere ohne Koppelkondensatoren

Es kommt selten vor, dass ein Ausgang eine fehlerhafte Gleichspannung sendet. Ist dies doch der Fall, kann es zu Arbeitspunktverschiebungen kommen, die hier nicht weiter erläutert werden.

Dies ist auch der Grund, warum an Eingangsschaltungen mit 48V Phantomspeisung für Kondensatormikrofone hohe Anforderungen gestellt werden. Einige Hersteller machen sich um umpolende Kapazitäten wenig Gedanken, was oftmals defekte Operationsverstärker zur Folge hat.

Daher ist es sinnvoll, im Schaltungsdesign Schutzschaltungen vorzusehen. Diese können unterschiedlich realisiert werden und sollten immer die Anwendung berücksichtigen.

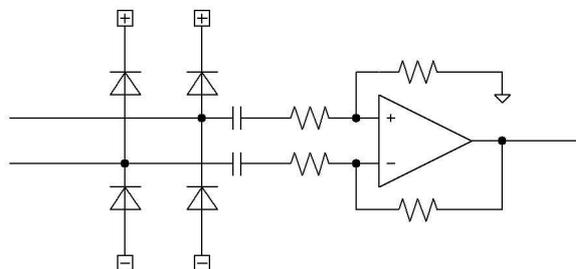


Bild: Eingangsschutzschaltung mit einfachen Dioden

Die Eingangsschutzschaltung ist wirksam, solange die Spannungswerte der Versorgung oberhalb der zu erwartenden Audiosignale liegen. In diesem Fall sind die Dioden in keinem Fall leitfähig. Eine leitfähige Sperrstrecke würde erhebliche Verzerrungen nach sich ziehen, was nur in speziellen Geräten zur Signalbearbeitung (Exciter) bewusst ausgenutzt wird.

Jedoch bleibt zu bedenken, das eine Diode ein zusätzliches Bauteil darstellt, das bei hohen Frequenzen durch die vorhandene Sperrkapazität erhebliche Beeinflussungen bewirkt. In Audioanwendungen bis maximal 20KHz sind diese Veränderungen nicht wirksam und können vernachlässigt werden.

Der Eingangs-Operationsverstärker in der Opferrolle

Werden in einem Gerät spezielle Bausteine verwendet, sollten die Eingänge geschützt werden.

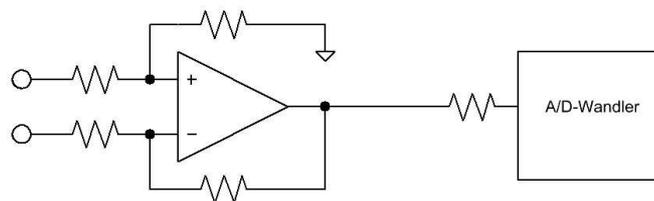


Bild: Der Operationsverstärker dient als „erster“ Kontakt mit der Außenwelt. Wird das IC in einen Sockel gesteckt kann es bei Defekt ersetzt werden.

Das gleiche gilt für Ausgangsstufen, die ebenfalls zu den gefährdeten Bereichen eines Gerätes gehören.

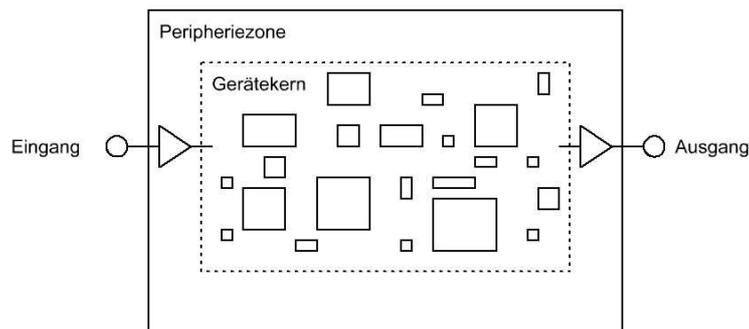


Bild: Professionelles Gerätekonzept mit entsprechenden „Pufferstufen“ zum Schutz der eigentlichen Elektronik

Symmetrische Übertragung im Datenbereich

Die symmetrische Übertragung wird auch im Datenbereich verwendet – insbesondere bei digitalen Formaten im Studio.

Die beiden bekanntesten Formate sind AES/EBU und SP/DIF. Ohne auf die Unterschiede im Detail einzugehen, verbleiben die wichtigsten Randbedingungen.

So bildet das AES/EBU Format die professionelle Variante, die keine Kopierschutz-Informationen enthält und auf symmetrischer Form mit 110Ohm Wellenwiderstand der Leitungen übertragen wird. Das Format kann selbstverständlich auch auf asymmetrischen Leitungen eingesetzt werden, was durch Erscheinen der vielen „Sample-Rate“ Konverter und Umsetzungsboxen gefördert wird.

Ursprünglich entstanden diese Formate für den digitalen Datenaustausch zwischen zwei Musikgeräten. Oftmals einen Aufnahmegerät und im Anschluss daran ein CD-Brenner. Da bei Konsumergeräten eine ungezügelter Kopierlust urheberrechtlich geschützter Werke befürchtet wurde, versahen die Techniker das SP/DIF Format auf Drängen der Tonträgerindustrie mit wirksamen Kopierschutz-Mechanismen.

Damit war die erste digitale Kopie möglich – die zweite (Kopie der Kopie) wurde unterbunden. Verantwortlich dafür zeigte sich das „Copy-Bit“ das durch die erste, erstellte Kopie gesetzt wurde. Mit einfachen „Black-Box“ Geräten wurde das Copy Bit wieder entfernt, was die kleinen Wunderboxen in juristische Schieflage brachte. Schon das gezielte umgehen einer Kopierschutzeinrichtung wurde als „Straftat“ bezeichnet.

Pfiffige Ingenieure benannten die Wunderkisten einfach in „digitale Umschaltbox“ oder Gerät zur „Jitter-Korrektur“ um. Das dabei im komplexen Datenstrom das Copy Bit den Umwandlungen wieder einmal zum Opfer fiel, war wahrscheinlich ein gut durchdachter „Zufall“.

Mittlerweile ist das SCMS (Serial Copy Management System) in die Bedeutungslosigkeit gerutscht, denn fast alle legalen und illegalen Kopien werden auf dem Computer erstellt. Nur wenige Anwender leisten sich den Luxus, Tonträger im Studio mit Hilfe von „Copy-Bit-Killern“ zu bearbeiten.

So haftet dem SP/DIF der Beigeschmack eines „semiprofessionellen“ Datenformates an, bei dem angebliche Soundgurus sogar einen akustischen Unterschied zum AES/EBU Format erkennen wollen. Ungeachtet der physikalischen Irrläufer in diesem Bereich, belassen wir es bei den mehr als esoterisch anzusehenden Betrachtungen und wünschen den Gönnern der professionellen Technik einen ungetrübten Hörgenuss.

Fakt ist, das die Datenübertragungsblöcke haarscharf die gleichen Inhalte haben – nur die Randinformationen sind bei den beiden Formaten unterschiedlich. Ohne auf Zusammensetzung und Bedeutung der einzelnen Informationsblöcke einzugehen, sind beide Formate in weiten Bereichen kompatibel zueinander. Allerdings werden spezielle Informationen eventuell nicht korrekt übermittelt, die durchaus wichtig sind. Nur praktische Versuche zeigen auf, ob die Übertragung wirklich reibungslos durchgeführt werden kann.

Die Übertragungsart ist vollkommen unabhängig vom verwendeten Format. An vielen Geräten liegt dann an ALLEN Ausgängen das eingestellte Format an.

Die bekanntesten Übertragungsarten/Steckverbinder sind Cinch (asymmetrisch, 75Ohm) – XLR 3polig. (symmetrisch 110Ohm) und Toslink (optisch).

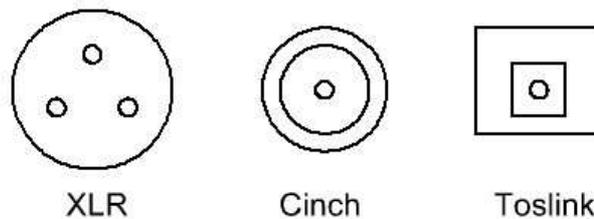


Bild: Unterschiedliche Steckverbinder für digitale Audiodatenübertragung.

Dabei sind die Stecker wie oftmals gedacht, nicht an die Formate gebunden. Allerdings sollten die Empfehlungen eingehalten werden und über symmetrische Leitungen keine asymmetrischen SP/DIF Signale geleitet werden. Allerdings spricht auch technischer Hinsicht nichts gegen die Verwendung einer symmetrischen Übertragung von SP/DIF Signalen.

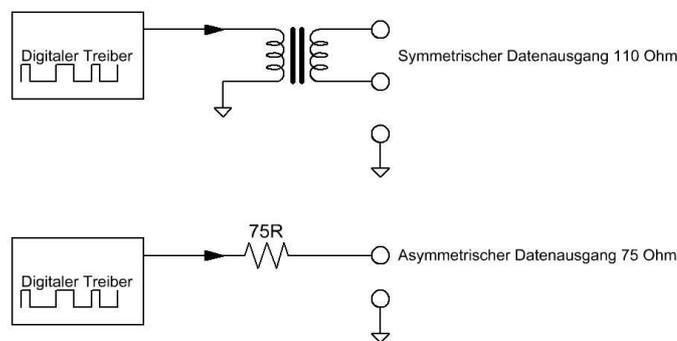


Bild: Konsum Geräte verwenden keine hochwertigen Übertrager sondern koppeln das Signal über einfache Logikbausteine (74HC04) direkt auf die Leitung. Auf kurzen Übertragungswegen ist diese Technik problemlos.

Auch bei digitaler, symmetrischer Übertragung können spezielle IC's verwendet werden, die einen Übertrager ersetzen.

Als Beispiel wäre der SN75177 oder SN75178 zu nennen, die ein symmetrisches Signal trieben können. Bussysteme wie RS422A und RS485 sind zwei Beispiel für den Einsatz der digitalen Signalübertragung.

Der Übertrager mit 110 Ohm Impedanz bei AES/EBU Anschlüssen ist nicht zwingend erforderlich und dient nur der galvanischen Trennung der einzelnen Komponenten. Bei Schwierigkeiten mit der Übertragung kann auch für AES/EBU Signale die einfache – aber wirkungsvolle TOSLINK Verbindungstechnik verwendet werden. Insbesondere bei galvanischen Trennungen zwischen Sende und Empfangseinrichtungen gewinnen LWL Anbindungen an Bedeutung.

Zusammenfassung

Digitale Audiosignale wie SP/DIF oder AES/EBU sind nicht an die Übertragungsform gebunden. Symmetrische 100 Ohm oder asymmetrische 75 Ohm Verbindungen sind normal.

Dabei lassen sich beide Format in bestimmten Grenzen sogar vom Protokoll zusammenschalten.

Ebenfalls lassen sich die beiden Anschlussarten von 110Ohm und 75Ohm durch entsprechende Widerstandskombinationen zusammenschalten. Die gefürchteten Defekte, das ein AES/EBU Ausgang einen 75Ohm SP/DIF Eingang zerschießt sind Panikmache und vollkommen unbegründet. Alle hier vorhandenen Pegel sind jenseits von allen gefährlichen Berührungsspannungen, die an elektronischen Bauteilen und Eingängen Schäden anrichten.

Historische Anwendung der symmetrischen Übertragung

Auch in der Telefontechnik findet die symmetrische Übertragung Anwendung. Die analoge Telefontechnik bedient sich schon lange der Übertragungstechnik in symmetrischer Form, um bei großen Entfernungen störungsfreie Übertragungen zu gewährleisten.

Die damalige Telefontechnik arbeitete mit 60Volt, was im Vergleich zum Sprachsignal einen sehr großen Aussteuerungsbereich ermöglichte. Außerdem konnten größere Entfernungen ohne große Signalverluste problemlos überbrückt werden.

Ohne jetzt auf die Telefontechnik der 60er Jahre einzugehen, eine Darstellung einer symmetrischen Übertragung zwischen zwei Telefonen/Fernsprechapparaten.

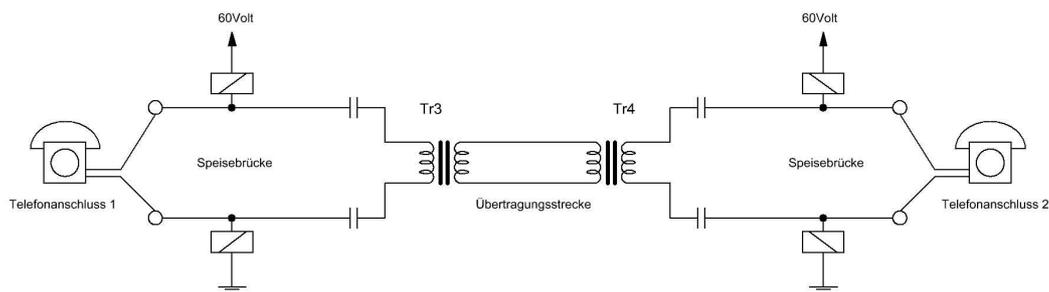


Bild: Telefonverbindung über symmetrische Leitungswege.

Kuriose Lötarbeiten

Bei vielen Umbauten und Instandsetzungen fallen uns auch hin und wieder seltsame Arbeiten in die Hände. An dieser Stelle möchten wir unabhängig von den „Künstlern der abstrakten Löttechnik“ einige dieser seltsamen Bilder präsentieren – die als kleiner Anreiz dienen, es definitiv „besser“ zu machen...und die Bemerkungen nicht so genau zu nehmen...

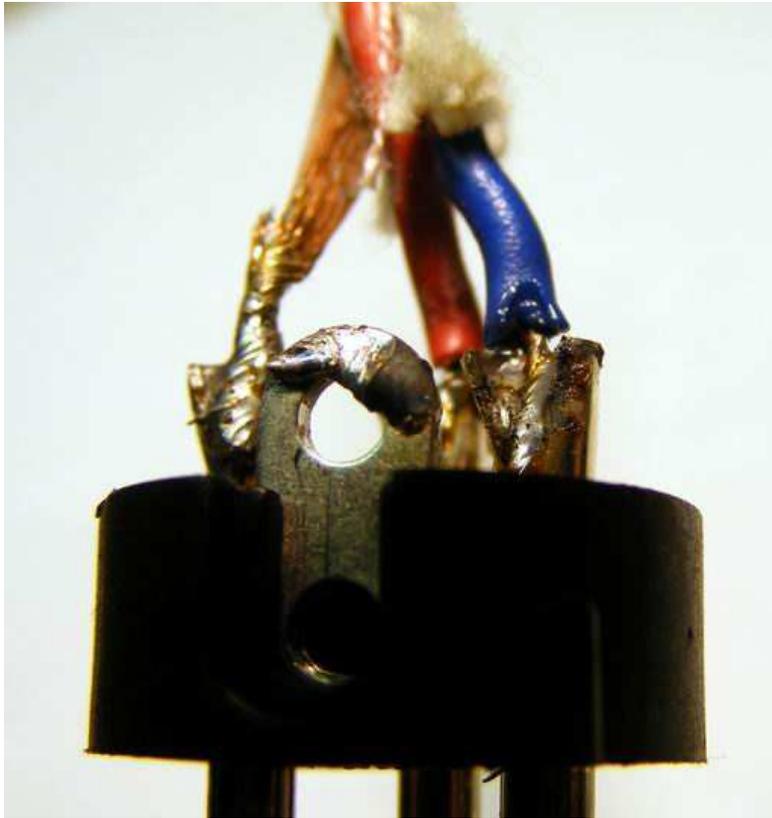


Bild: Hervorragende Lötstelle mit „Wackel-mich-ab“ Garantie...

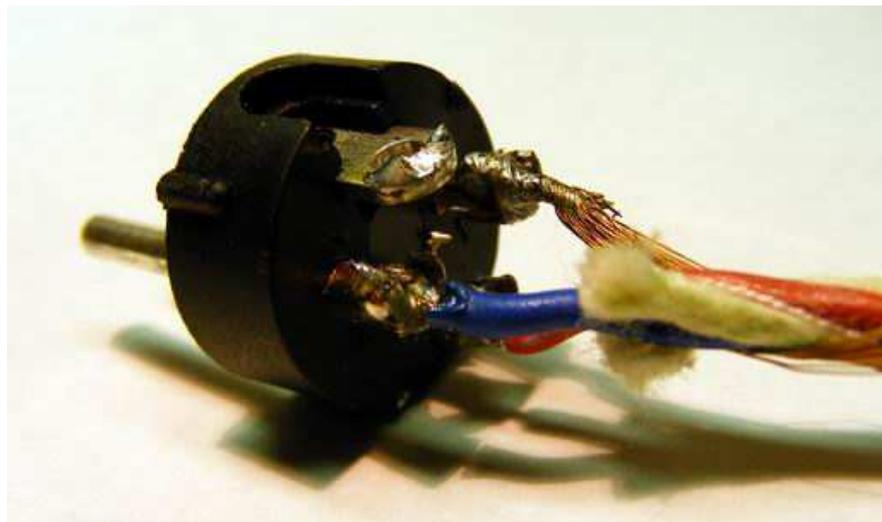


Bild: Vorbildliche Isolation der Masse-Verbindung und rückstandslose Lötarbeit

Kuriose Lötarbeiten

Auf einer kleinen Platine fanden wir diese Arbeit. Technisch gesehen eine hervorragende Idee einer Trafo-Symmetrierungsschaltung. Allerdings ist die mechanische Ausführung noch erheblich „Verbesserungswürdig“.

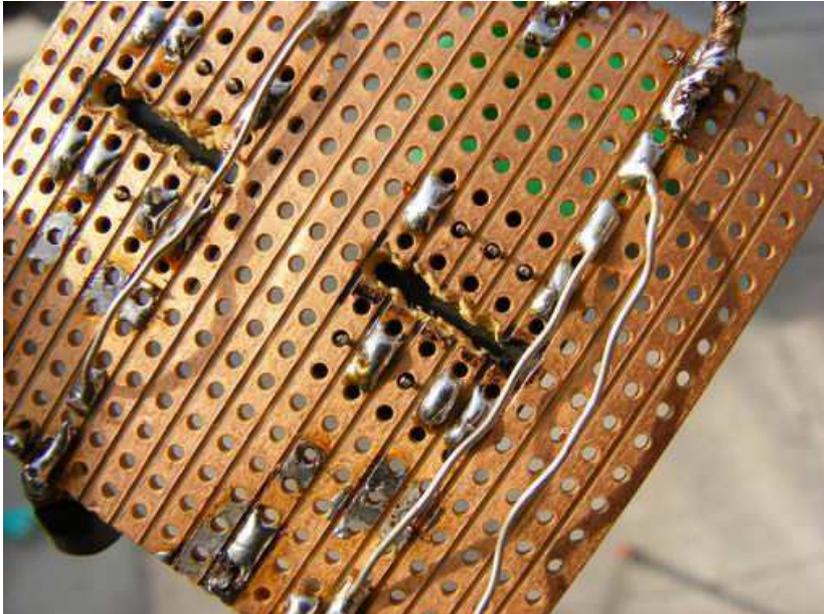


Bild: Gekonnter Umgang mit dem LötKolben und ein unnachahmliches Gespür für präzise Materialbearbeitung mit der Keule machen diese Leiterplatte zu einem Werk perfekter Löt Kunst...

V1.4 vom 30.06.2010

© 2010 by Jens Kelting Alle Rechte vorbehalten!

© 2010 Bildmaterial by Jens Kelting