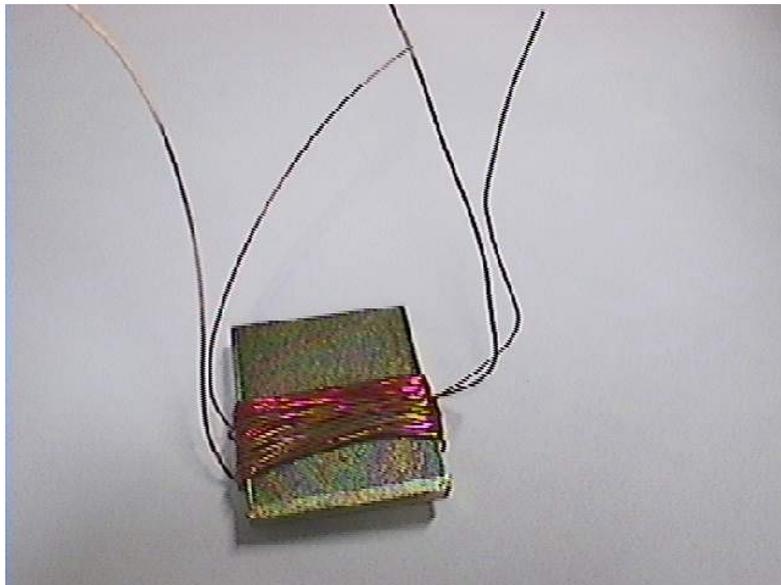




## Krankenhausradio Elmshorn

### Übertrager

...oder Kupferlackdraht auf dem Eisenklotz...



Eine Abhandlung von Jens Kelting  
Copyright 2004 –2005 Alle Rechte vorbehalten  
Nachdruck nur mit Zustimmung des Verfassers!  
Krankenhausradio Elmshorn - Radio K.R.E.  
V1.1 – Feb. 2005



### Die Sache mit dem Brummen

Eine immer wieder nervige Angelegenheit ist die Übertragung eines niederfrequenten Audio-Sendesignals, das durch das halbe Haus zur Hauptverteilung geleitet werden muss. Vorbei an unzähligen Starkstromleitungen (nun ja, für den Audio-Freak ist alles Starkstrom, was bei bloßer Berührung Schmerzen verursacht. Dazu gehört allerdings nicht die Spitze eines Lötkolbens, denn der wird meistens mit einer Schutzkleinspannung von 24 Volt betrieben – und die Schmerzen rühren von der unnatürlichen Hitze für Haut und Mensch her...).

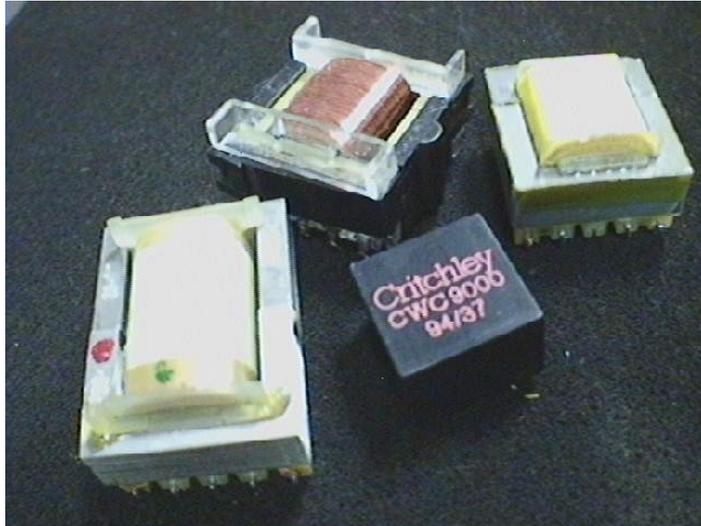


Bild1: Unterschiedliche Übertrager

Durch die typisch „asymmetrische“ Verlegung von Audiosignalleitungen entstehen immer und immer wieder die „Brummeffekte“ in Übertragungsleitungen. Diese Einstreuungen sind unterschiedlicher Natur und können grob in folgende Bereiche untergliedert werden:

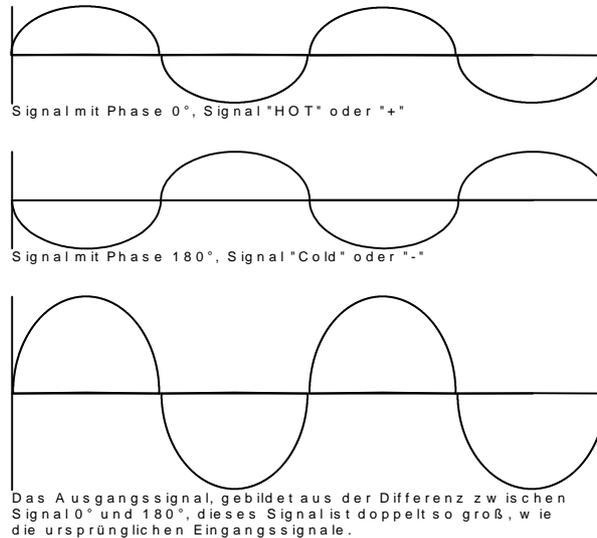
1. Einstreuungen durch induktive Kopplungen (Transformatoren und stark belastete Steigeleitungen, die ebenfalls ein erhebliches Dreh/Streufeld erzeugen können)
2. Brummstörungen durch eine fehlende – oder schlecht kontaktierte Masseverbindung

Nun, der an Punkt 1 genannten Störung kann durch die gezielte Verwendung von SYMMETRISCHEN Übertragungswegen abgeholfen werden. Für den zweiten Punkt allerdings, gibt es nur eine Lösung: Sorgfältig Arbeiten beim Verlegen und Verlöten der Leitungen!

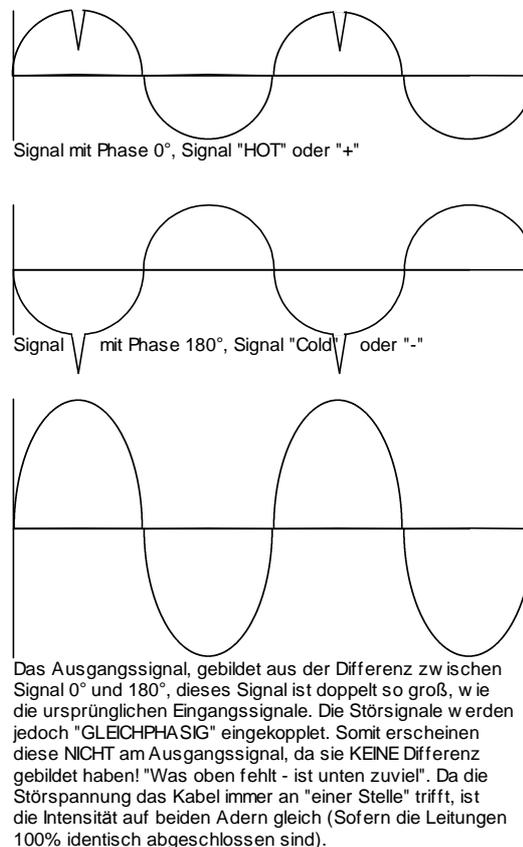


## Die symmetrische Leitungsführung

Immer und immer wieder wird der Unterschied zwischen asymmetrischer und symmetrischer Leitungsführung durchgekaut. Die Literatur ist bekanntlich voll davon. Wie aber, sieht es mit der Realisierung aus? Wer es genau wissen will, wie die "Sache mit der Leitungsführung" funktioniert, hier noch einmal die Kurzform:



Erscheint jetzt ein Störsignal, wird dieses GLEICHZEITIG und in GLEICHZER PHASENLAGE zueinander auf das Nutzsinal addiert. Somit ergibt sich zwar auf den einzelnen Leitungen ein Störsignal – das aber durch die Differenzschaltung am Eingang wieder „eliminiert“ wird.



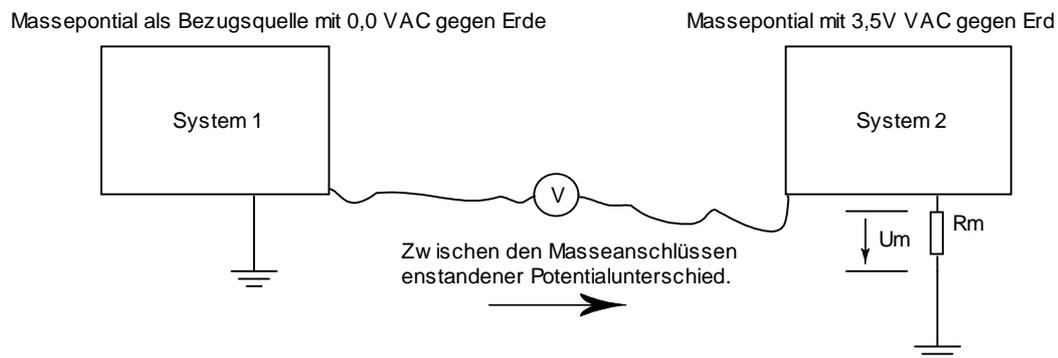
Dabei werden an die Eingangsschaltung besondere Eigenschaften gestellt, zu denen die Gleichtaktunterdrückung (CMR = Common Mode Rejection) gehört. Diese beschreibt die Funktionsweise der Eingangsschaltung in dem Zustand, wenn beide Eingänge verbunden und gegen MASSE mit einem Signal versorgt werden. Durch die Tatsache, dass die symmetrische Eingangsstufe NUR DIFFERENZSIGNALE verstärken soll, sollte am Ausgang eigentlich „NULL“ herauskommen – nämlich NICHTS! Dies ist nicht immer der Fall, sodass hier an der Eingangsstufe besondere Anforderungen an die verwendeten Bauteile gestellt werden. Integrierte Schaltungen haben bereits so gute Werte, die kaum noch von Übertragern erreicht werden.

Jedoch hat der Eingangs- oder Ausgangsübertrager einen wesentlichen Vorteil: DIE GALVANISCHE TRENNUNG ZWEIER SYSTEME (z.B. PC als MP3-Player und Mischpult)

### Die galvanische Trennung

Unterschieden wird bei der symmetrischen Signalführung zwischen den „trafosymmetrierten“ und „elektronisch – oder Servosymmetrierten“ Signalführung. Die letztere ist zwar in ihrem Aufbau preiswerter – jedoch findet keine galvanische Trennung statt. An dieser Stelle ist wichtig zu wissen, um welchen Anwendungsfall es sich handelt.

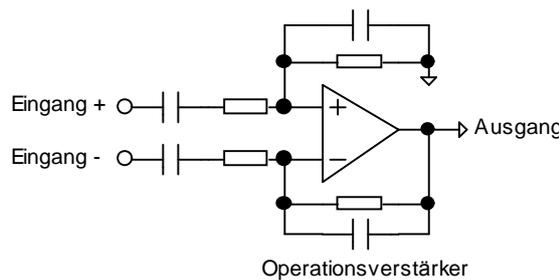
Die galvanische Trennung ist dann von Bedeutung, wenn es darum geht, zwei Systeme mit UNTERSCHIEDLICHEN Massepotentialen zu verbinden. Wird dies durch eine einfache „elektronische“ Symmetrierung versucht, ergeben sich weitere Schwierigkeiten: Durch die unterschiedlichen Massepotentiale addieren sich Störspannungen hinzu, die es vorher nicht gegeben hat. Dies wird in der nachfolgenden Zeichnung deutlich:



Werden diese beiden Systeme jetzt miteinander verbunden, kann durch diesen Spannungsunterschied auch ein Strom fließen. Dieser ist nach mathematischen Gesichtspunkten immer so groß, wie der vorhandene Kopplungswiderstand zwischen den beiden Systemen. Da in der Regel eine sehr niederohmige Masseverbindung hergestellt wird, reguliert sich der Strom auf das mögliche Maximum mit MAXIMALEM Spannungsabfall auf der Verbindungsleitung. Nicht selten sind gar Funkenbildung beim Zusammenschluss solcher Systeme. Hier ist eine galvanische Trennung ABSOLUT ERFORDERLICH – an dieser Stelle helfen auch keine „elektronisch“ symmetrierten Schaltungen. Zwar kann durch die Verwendung einer elektronischen Symmetrierung ein hohes Maß an Störunterdrückung erreicht werden – jedoch besteht auch Gefahr für die Eingangsstufen der Geräte. Diese bestehen meistens aus Halbleitern – und die sind empfindlich gegen Spannungsspitzen. Schon so manche Eingangsschaltung mit üblichen „RC4558“ OP's ist durch eine Fremdspannung „hochgebraten“ worden. Wenn dann noch der OP-Eingang [+] direkt – ohne Koppelkondensator – und ohne Eingangswiderstand an die Eingangsklemme geführt wurde – na dann...



## Die elektronische Symmetrierung als Schaltbild



Die elektronische Symmetrierung wird mit einem Operationsverstärker realisiert, dessen Eingangswiderstände alle GLEICH sind.

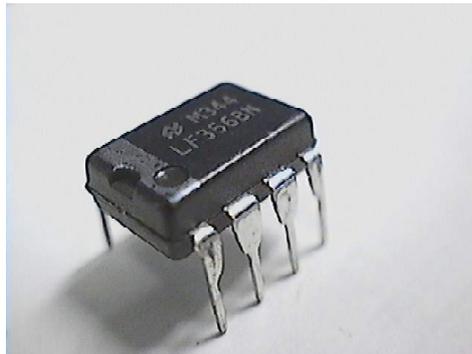


Bild2: Typischer Operationsverstärker in DIP8 Gehäuse

Dabei werden meistens noch zusätzliche, optionale Kondensatoren zu Unterdrückung von HF-Störungen verwendet. Diese liegen in der Größenordnung um 100 pF. Als Eingangskondensatoren empfiehlt es sich, bipolare Typen zu verwenden – die NICHT aus antiparallel geschalteten Elektrolytkondensatoren bestehen. Hier sollten Typen wie MKT, MKS... (Siemens, WIMA oder Roederstein) eingesetzt werden, die eine hohe Langzeitkonstanz und geringe Leckströme aufweisen.

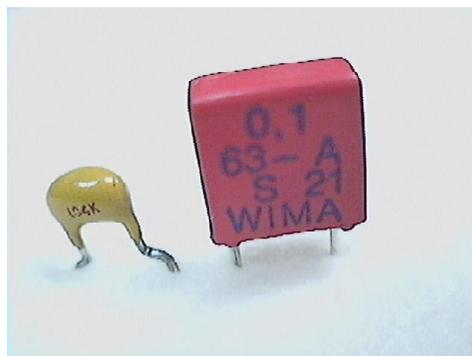


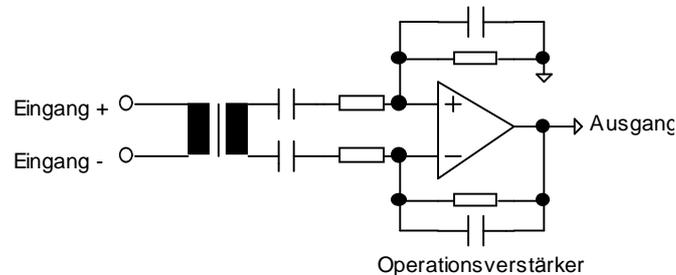
Bild3: Unterschiedliche Kondensatoren, links preiswert, rechts Hochwertigerer Typ

Diese verwendeten Kondensatoren bestimmen im Zusammenhang mit dem Eingangsspannungsteiler auch die unterste Grenzfrequenz, die bei einer solchen Schaltung nicht zu hoch angesetzt werden sollte. Dabei leidet die Übertragungsqualität erheblich. Eine kapazitive Entkopplung ist nicht immer nötig (es gibt jedoch auch professionelle Geräte, bei denen wurde auf die Eingangskondensatoren verzichtet). Sollten jedoch durch fehlerhaft



abgegliche Ausgangsstufen (Servo Symmetrische Ausgangsstufen ohne Ausgangskondensatoren) einmal Gleichspannungsanteile auf diese Eingangsschaltung gelangen, ist eine komplette Arbeitspunktverschiebung und damit verbundene Verzerrungen die Folge.

#### Die erweiterte Eingangsschaltung mit Übertrager



Diese Schaltung stellt eine wichtige Schaltungslösung dar, bei der auch die galvanische Trennung berücksichtigt wurde. Ob die nach dem Übertrager folgende Schaltung komplett symmetrisch arbeiten muss (wie im Bild) muss der Anwender oder Schaltungsentwickler im Einzelfall entscheiden. Auch eine alte, asymmetrische Eingangsschaltung kann mit einem Übertrager „Symmetrisch“ gemacht werden. Die galvanische Trennung gibt es „gratis“ dazu.

#### Übertrager und Sättigung

Die Übertrager die in diesen Anwendungen benötigt werden, liegen in sehr unterschiedlichen Preisbereichen. Da es um die Übertragung des gesamten Frequenzbereiches zwischen 20 und 20.000Hz geht, müssen die Verzerrungen auch sehr gering sein. Dabei sprechen wir nicht von Verzerrungen, wie sie von übersteuerten Halbleiterschaltungen erzeugt werden. Vielmehr geht es hier um die „KERNSÄTTIGUNGSVERZERRUNGEN, deren Ursprung meistens in falschen Anpassungen oder „Übersteuerung des Übertragers“ zu finden sind. Wird der Übertrager durch eine zu hohe Belastung (Leistungsanpassung zweier Übertrager) „in die Knie“ gezwungen, leidet die Übertragungsgüte erheblich. Dabei werden die tiefen Frequenzbereiche stark verzerrt. Dies liegt in der physikalischen Tatsache begründet, das der Übertragerkern (Spezielles Eisen, Kobalthaltige Verbindungen (Ferrit)) in einen magnetischen Grenzbereich gebracht wird. Die magnetische Sättigung ist nunmehr erreicht und im Übertragerkern kann keine Erhöhung der magnetischen Flussdichte mehr erfolgen. Das Ergebnis ist ein verzerrtes Ausgangssignal, das nichts mehr mit einer Sinusform zu tun hat.



Oben das Eingangssignal am Übertrager – unten das Ausgangssignal. Hier wurde der Übertrager in die magnetische Sättigung gebracht.

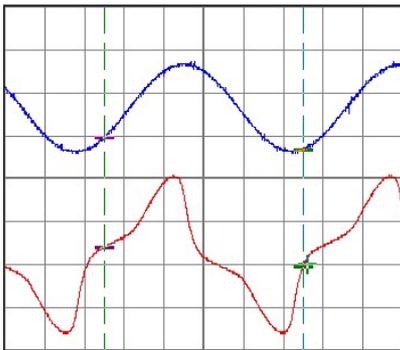


Bild 1

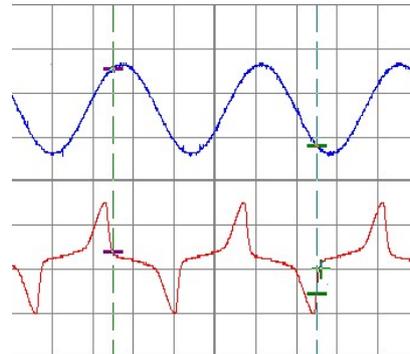
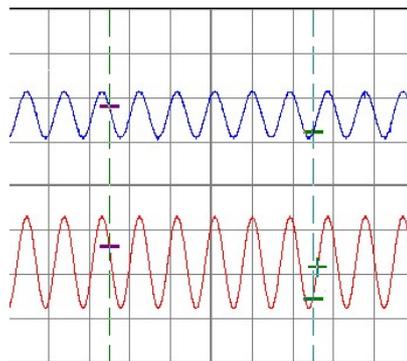


Bild 2

Bild 1 zeigt die Magnetische Sättigung bei 40Hz – Bild 2 bei 14Hz. Dabei ist deutlich zu sehen, dass die Kurvenverzerrung zu einer übertragungstechnischen Verschlechterung führt.



Der Übertragungsverlauf ist hingegen bei 21KHz noch ausgezeichnet. Dabei wurde der Übertrager allerdings NICHT abgeschlossen und hat am Ausgang ca. 47K Ohm Lastimpedanz.

#### Welcher Übertrager?

Für die üblichen Audioanwendungen und der erwähnten „Galvanischen Trennung“ reichen einfache Übertrager vollkommen aus. Hier an dieser Stelle ist abzuwägen, welche Übertragungsqualität gefordert ist und wie diese realisiert werden soll.

Sind z.B. als Endstellen in einem Krankenhaus nur „Hörkissen“ vorhanden, reichen Übertrager mit einem durchschnittlichen Übertragungsbereich zwischen 300 und 5000 Hz vollkommen aus. Mehr übertragen die Lautsprecher in diesen Systemen ohne hin nicht. Wer mag, kann in diesem Bereich noch mit einer Pre- und Deemphasis arbeiten, dem „Speziellen“ Entzerren einer solchen Übertragerleitung.

Für eine Übertragung via Lautsprecher ist eine höhere Güte – für ein Video/TV-Modulationssystem (Kanalwandler) eine professionelle Übertragungsqualität erforderlich. Dann allerdings können die erforderlichen Übertrager schon mal bei EUR 10,00 – oder mehr – pro Stück liegen. Dann ist immer zu überlegen, wo der Übertrager eingesetzt werden soll, – oder ob es ohne diesen geht.



## V1.1 Copyright 2005 by J.Kelting

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

