



Telefonhörer als Testgerät für Audiosignale und zur Signalverfolgung



...Tipps und Hinweise im Umgang mit einem Selbstbau-Prüfhörer

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

V1.0 – Juni 2010

1. Vorwort

Instandsetzungsarbeiten oder die Fehlersuche in Audiogeräten und Systemen kann sehr zeitaufwändig sein. Schon die einfache Verfolgung eines ausbleibenden Signals kann den Techniker an den Rand des Wahnsinns treiben.

In vielen Fällen lassen sich jedoch Fehler und Störungen schnell und einfach lokalisieren und ggf. auch beheben.

Die dafür geeigneten Messgeräte und Hilfsmittel gestalten sich Vielfältig und müssen auch vom Techniker bedienbar sein. Gerade das Oszilloskop erzeugt bei einigen Anwendern Gänsehaut – obwohl die Bedienung denkbar einfach ist. Doch an dieser Stelle schenken wir dem „Oskar“ – wie das Oszilloskop von Experten oft scherzhaft genannt wird – keine Bedeutung.

Vielmehr denke ich an den Einsatz eines einfachen Testhörers, der aus einem ausgedienten Telefonapparat gewonnen werden kann. Stimmen einige Merkmale überein, steht dem Bastelspaß für das einfache und schnelle Audiomessgerät nichts mehr im Wege.

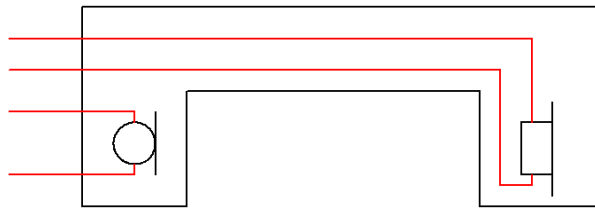


Bild: Typischer Aufbau eines Telefonhörers.

Erkennbar sind Fernhörer rechts (Lautsprecher) und das Mikrofon links. Die alten Telefonhörer haben sich in Bezug auf die verwendete Mikrofonkapsel unterschieden. Dabei kamen drei wesentliche Kapselarten zum Einsatz:

1. Kohlekapsel
2. Dynamische Kapsel
3. Electret Kapsel

Für den Testhörer wird KEIN Mikrofon benötigt. Somit ist es überflüssig, weiter auf die einzelnen Funktionsarten und ihrem Anschluss näher einzugehen.

2. Lautsprecher/Fernhörer

Der in Telefonhörern verwendete Lautsprecher kann sehr unterschiedlich ausfallen. Grundsätzlich kommen nur zwei Systeme zum Einsatz:

1. Dynamische Schallwandler
2. Piezoelektrische Schallwandler

Dabei sind für unseren Einsatz nur die dynamischen Wandler verwendbar. Ein Test mit dem Ohmmeter zeigt schnell, um welche Wandlerart es sich handelt.

Dynamische Schallwandler zeigen immer Widerstandswerte (ohmscher Widerstand) zwischen 30 und 500 Ohm – wobei der Piezo einen Kondensator darstellt und keinen Widerstand (Messwert unendlich) anzeigt.

Allerdings ist der Einsatz piezoelektrischer Schallwandler sehr selten.

Fast alle dynamischen Lautsprecher sind Tauchspulensystem, die auf Grund dieser Eigenschaft sehr empfindlich sind.

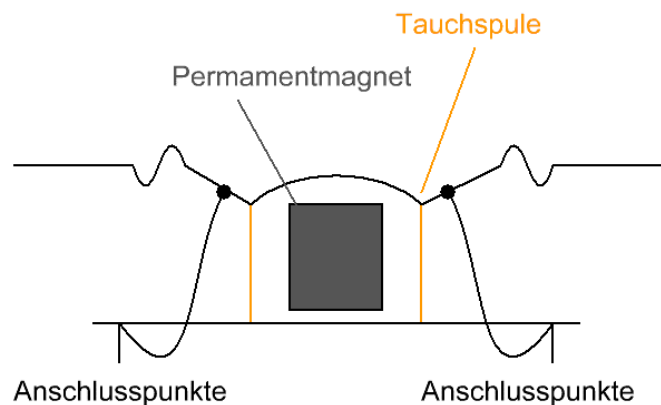


Bild: Tauchspulensystem

Die Spule liegt um den Permanentmagneten und arbeitet durch die entstehenden Wechselfelder gegensinnig dazu. Über die Membrane wird die Bewegung in akustische Schwingungen umgesetzt.

Bei Gleichspannung weisen die dynamischen Kapseln durchschnittliche Widerstandswerte um die 100 Ohm auf – wobei niederohmige Kapseln durchaus messbare Werte um 30 zeigen. Durch den induktiven Anteil wirkt der Blindwiderstand X_L in Abhängigkeit des angelegten Frequenz und erhöht zwangsläufig in Zusammenarbeit mit dem Wirkwiderstand den Gesamtwiderstand. Dieser wird in Fachkreisen als „Impedanz“ angegeben und erhält ebenfalls die Maßeinheit „Ohm“.

3. Scheinwiderstand/Impedanz

Der Scheinwiderstand (Formalzeichen Z) setzt sich aus den beiden Einzelwiderständen R und X_L zusammen und ist immer höher als der niedrigste Einzelwiderstand. Die Addition erfolgt geometrisch – d.h. X_L und R können nicht einfach mathematisch addiert werden.

Der Scheinwiderstand erhöht sich zwangsläufig mit der Frequenz. Daher dienen Widerstandsmessungen mit einem Vielfachmessinstrument nur der Annäherung an den optimalen Wert. Hörkapseln mit durchschnittlichen 300 Ohm sind hervorragend für diesen Testhörer geeignet. Ist der gemessene Widerstand kleiner, lassen sich kleine Signale kaum noch messen.

Doch wie funktioniert überhaupt die Messung?

Und – ist es überhaupt eine Messung???

Nein, es ist eine Messung – jedenfalls keine Quantitative. Eine qualitative Messung kann durchaus durchgeführt werden, denn unser Ohr erkennt sehr wohl, ob ein Audiosignal noch verzerrungsfrei übertragen wird.

Schon ein fehlerhaft arbeitender Operationsverstärker kann zur Störquelle werden, wenn dieser Verzerrungen in das Signal mischt. Auch ein defekter Koppelkondensator lässt eventuell durch anliegende Gleichspannungen Verzerrungen durch Sättigungsgrenzen wirksam werden.

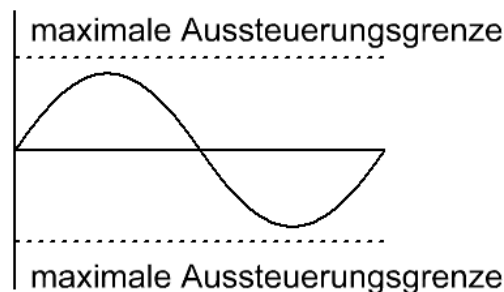


Bild: Ein Sinussignal mit den dargestellten Aussteuerungsgrenzen

Der verwendete Operationsverstärker einer Schaltstufe – oder die eingesetzten Transistoren arbeiten bis an die maximale Versorgungsspannung. Abzüglich einer Offsetreserve kann die Sinuskurve auch nur bis hierher angesteuert werden. Liegt die Kurve darüber, erfährt das Signal Verzerrungen.

Dieser Art der Verzerrungen sind am Pegelmessgerät in der Regel kaum sichtbar (erhöhter Pegel kaum möglich, da der Spannungshub nicht mehr anwachsen kann) – und auf dem Oszilloskop noch nicht erkennbar. Jedoch das menschliche Ohr (und vielleicht auch die Ohren außerirdischer Mitbewohner dieses Planeten) reagiert sehr empfindlich auf Verzerrungen dieser Art, wenn es entsprechend geschult wird. So erklärt sich schnell die Wirkungsweise des einfachen – aber effektiven Testhörers.

4. Der Aufbau

Der Aufbau ist denkbar einfach und erfordert nur einige wenige Bauteile. Als Hörer kann so ziemlich jeder Telefonhörer verwendet werden, der eine dynamische Kapsel beinhaltet. Wichtig ist ein ausreichend hoher Widerstandswert bei Gleichstrommessung.

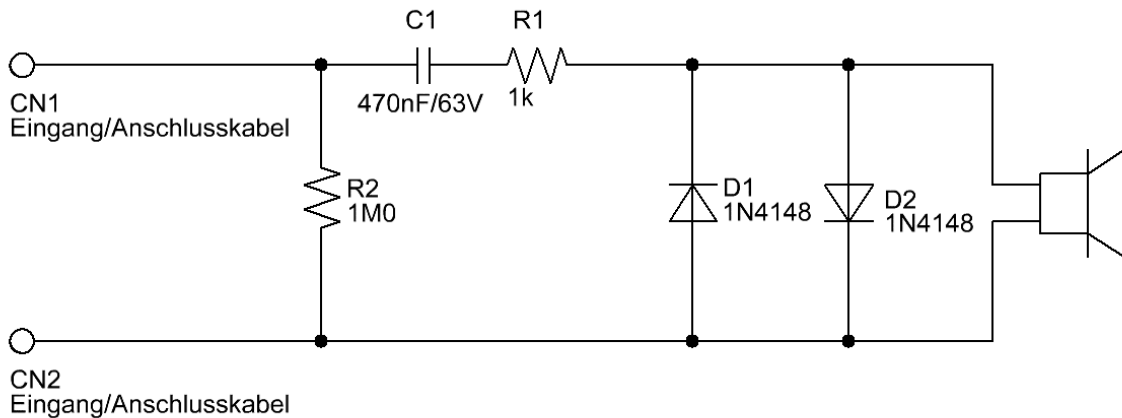


Bild: Schaltplan des Testhörers

Die Schaltung ist denkbar einfach und kann direkt in den Telefonhörer eingebaut werden.. Der Widerstand am Eingang bewirkt eine Entladung des Koppelkondensators C1 bei Nichtgebrauch des Hörers. Wurde zur mit dem Hörer an einer Gleichspannung gemessen (z.B. 48Volt Phantomspeisung) ist der Kondensator im ungünstigen Fall auf diese Spannung aufgeladen.

Berühren die Messspitzen dann einen Eingang eines Operationsverstärkers – oder einen MOSFET, könne die 48Volt als Ladung des Kondensators die Schaltung beschädigen oder Bauteile zerstören. Über den 1 Mega Ohm Widerstand wird der Kondensator nach Gebrauch entladen.



Bild: Innenaufbau des Testhörers. Gut zu erkennen sind die beiden Schutzdioden und der Koppelkondensator, der Gleispannungsfluss unterbindet. Zusätzlich sorgt er für eine ausreichende Mindestimpedanz des Testhörers.

Der Koppelkondensator C1 verhindert einen Gleichspannungsfluss und somit die Verschiebung von eventuell vorhandenen Arbeitspunkten an Komparatoren und OP's.



Bild: Ein bipolarer Kondensator koppelt die Gleichspannung ab, die eventuell an den Messspitzen liegen kann.

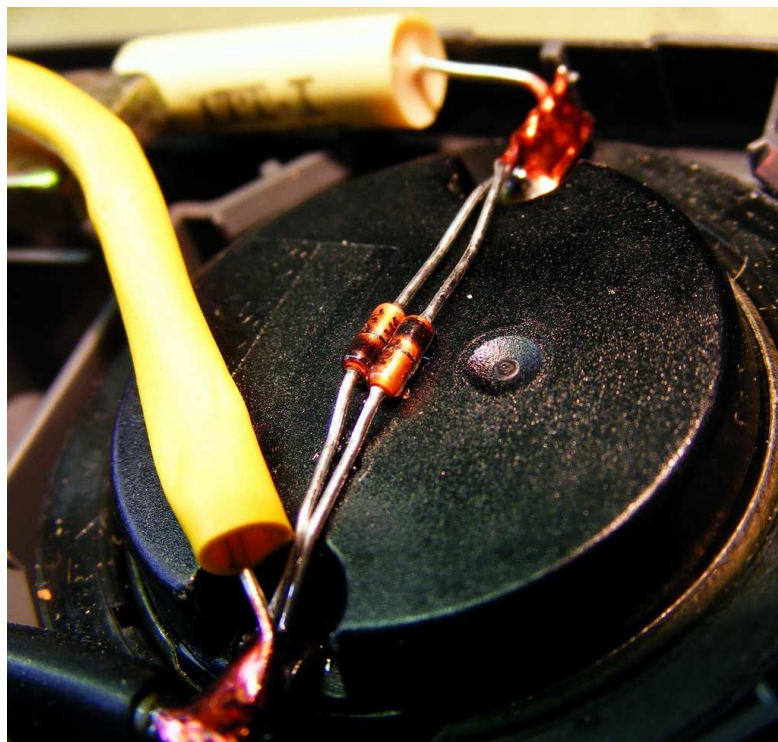


Bild: Zwei Dioden dienen als Gehörschutzgleichrichter und verhindern Schäden am Ohr, wenn es zu lauten, unberechenbaren Geräuschen kommt. Dazu zählen auch Entladungen von Kondensatoren und Umpolarisationen bei Gleichspannungsquellen.

Die beiden Dioden dienen als Gehörschutz (Gehörschutzgleichrichter) um bei starken Geräuschen (Entladungen durch Gleichspannungen) das Ohr zu schützen. Die Diffusionsspannung von 700mV begrenzt das Signal hart auf diesen Wert. In Zusammenarbeit mit R1 (1k Ohm) entsteht ein Spannungsteiler, um die Dioden durch Stoßentladung nicht zu gefährden.

5. Anwendungsbeispiele

In Schaltungen und Geräten kann der Testhörer an unterschiedlichen Anschlüssen zum Einsatz kommen. Auch Ausgänge von Endstufen lassen sich damit vorsichtig testen.

Wichtig ist immer der Grundsatz, dass dieser Testhörer eine qualitative Aussage ermöglicht, die aber stark von den Erfahrungswerten des Technikers abhängig ist. Praktische Erfahrungen haben gezeigt, dass selbst der Testhörer dem Oszilloskop manchmal überlegen ist.

Im Offroad-Einsatz macht der Test-Hörer definitiv einen besseren Eindruck im Werkzeugkasten – als ein großes Oszilloskop.

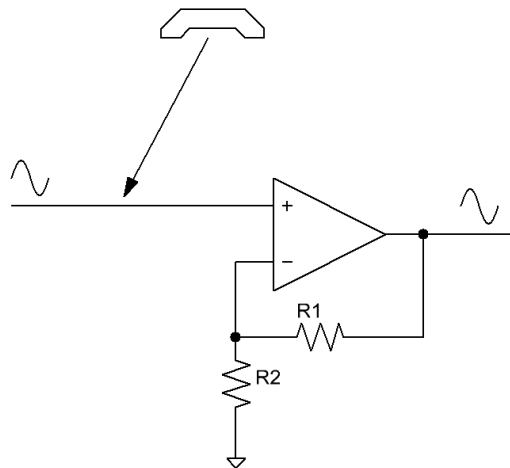


Bild: Beispielmessung an einer Treiberstufe

Aber nicht nur an direkten Schaltungen kann der Testhörer eingesetzt werden. Auch an Verkabelungen von CD-Player und Mischpult ist der Einsatz denkbar.

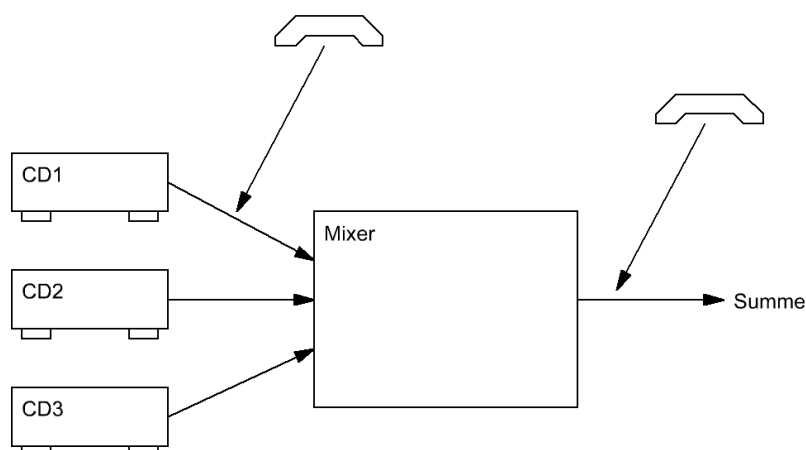


Bild: Das Ausgangssignal von CD1 ist verzerrt.

Durch Messungen an verschiedenen Punkten kann mit Hilfe des Test-Höreres schnell ergründet werden, an welcher Stelle die Verzerrung/Störung entsteht. Durch die passive Arbeitsweise des Hörers sind Fehler durch eine Auswertungsschaltung nahezu ausgeschlossen.

Aber auch Störungen durch verschleppte Gleichspannungen an ungünstigen Eingängen lassen sich auf diese Weise herausfinden:

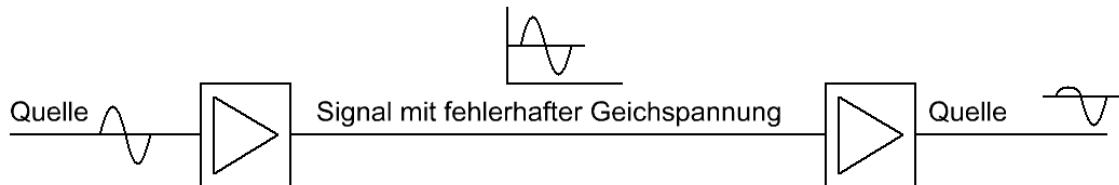


Bild: Das Nutzsignal wird durch die fehlerhaft arbeitende Ausgangsspannung mit einer Gleichspannung versehen. Dadurch verschiebt sich der Arbeitspunkt am nachfolgenden Gerät erheblich. Die Folge sind Verzerrungen, deren Ursache mit einem Pegelmesser nicht ergründet werden können.

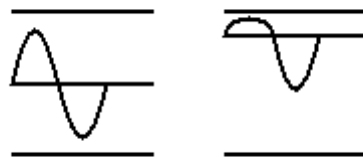


Bild: Das Signal wird durch die anliegende Gleichspannung an die Aussteuerungsgrenze gebracht. Die Folge sind extrem hörbare Verzerrungen durch die entstehenden Oberwellen.

6. Masseprobleme

Immer wieder sind Masseprobleme die Ursache für Störungen – insbesondere Brumm-Erscheinungen bei 50 und 100Hz.

Verschiedene Massepotentiale wirken sich in Form von Spannungs/Potentialunterschieden aus.

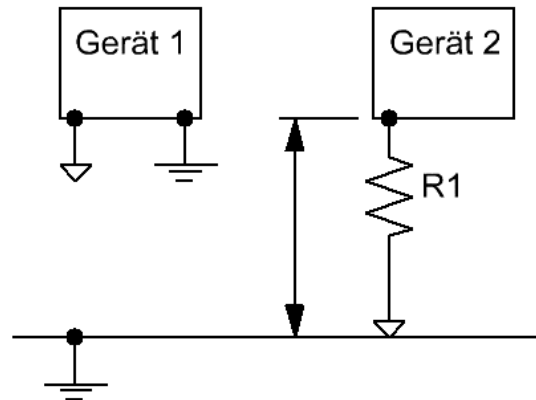


Bild: Unterschiedliche Masse/Erddpotentiale bewirken oftmals nervige Brummstörungen. Eine einfache Messung mit dem Testhörer deckt schnell die verschiedenen Potentiale auf.

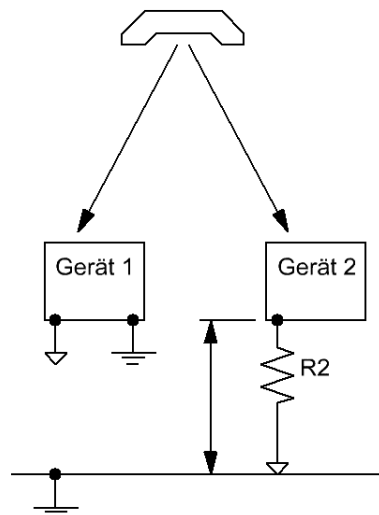


Bild: wird der Hörer zwischen die beiden Gehäuseteile/Erden geschaltet, sollte in Idealfall KEIN Brummen zu hören sein. Liegt doch eine Fehlspannung an, arbeitet einer der beiden Erdanschlüsse nicht sauber – oder es wird auf anderem Wege eine Brummspannung eingeschleust. Abhilfe bietet nur ein Übertrager – oder die massive Verbindung der beiden Erdpotentiale der Geräte.

Lösungen wie das Abkleben des Schutzleiters am Stecker sind Lebensgefährlich und dürfen unter keinen Umständen durchgeführt werden!!!

7. Mogelausgänge und andere Seltenheiten

Einige Hersteller erwecken durch den XLR-Steckverbinder am Ausgang den Anschein, es handelt sich um einen symmetrischen Anschluss. Erst bei Problem mit anderen Eingängen oder Anpassungsschwierigkeiten macht der wahre „Inhalt“ des Gerätes bemerkbar. So auch bei einem bekannten Rundfunkpult das auf den Namen „Air...“ hört.

An diesem Ausgang befindet sich kein echter symmetrischer Ausgang – sonder am Steckverbinder „pin3“ dem „Minus“ nur ein Widerstand gegen Masse.

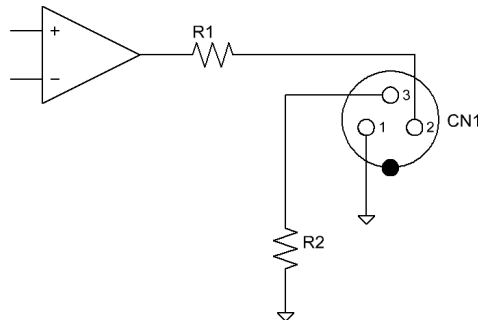


Bild: Typische Mogelpackung am Ausgang.

Am Ausgang stehen zwei Anschlüsse zur Verfügung, die auch problemlos symmetrische Eingänge treiben können. Allerdings handelt es sich dabei NICHT um einen echten symmetrischen Ausgang – wie es der Kunde eigentlich bei einem hochwertigen Gerät erwartet hätte. Durch den Serienwiderstand R2 ist zwar die Ausgangsimpedanz korrekt – jedoch erfolgt KEINE gegenphasige Auskopplung des Nutzsignals, was eine Pegelanhebung um 6 dB bewirkt.

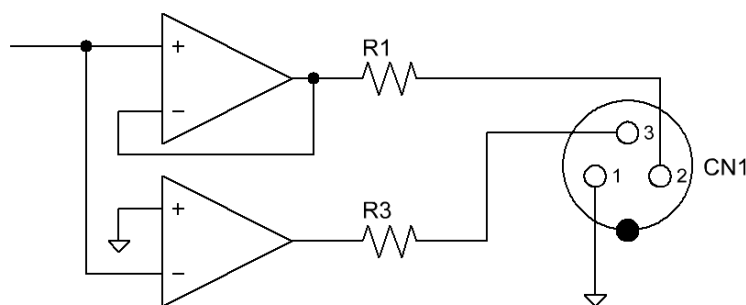


Bild: Ausgangsschaltung mit ECHTER symmetrischer Ausgangsstufe. Eine Korrektur bei asymmetrischer Beschaltung erfolgt hier allerdings nicht – was aber nicht zwingend notwendig ist.

Mit dem Testhörer lassen sich solche Schummelbeschaltungen schnell und zu verlässlich lokalisieren und Fehler eingrenzen:

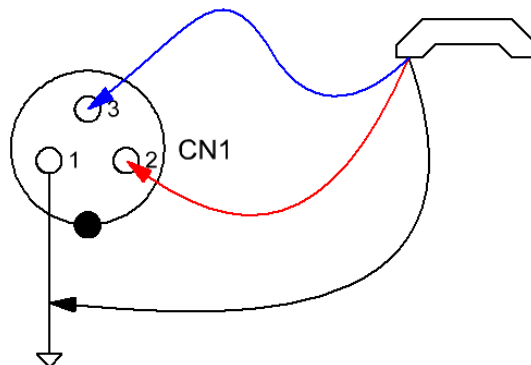


Bild: Mit dem Testhörer wird im Normalfall **IMMER** gegen Masse gemessen.

Daher ist es sinnvoll, den Masseanschluss fest mit der Gehäuseerde über einen Klebs oder eine Krokodilklemme zu verbinden. **IN** der hier dargestellten Messung muss bei einem symmetrischen Ausgang an **BEIDEN** Anschlüssen ein Signal gehört werden. Die Phasenlage können wir auf Grund der fehlenden Bezugsinformation natürlich nicht ergründen.

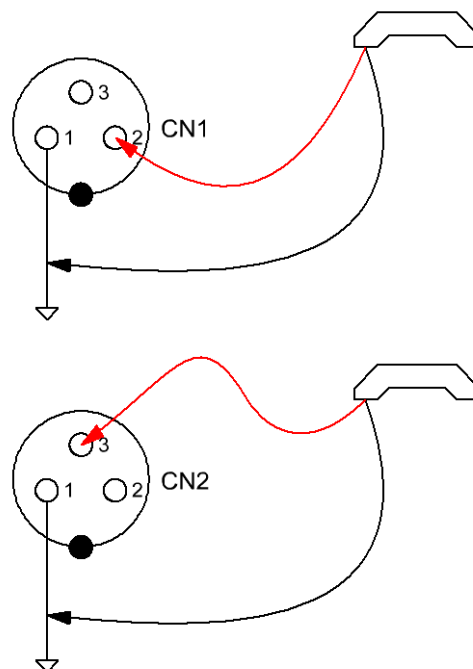


Bild: Um die Messung vereinfacht darzustellen, hier die beiden unterschiedlichen Anwendungen. Das der Hörer keine drei Anschlusskabel hat, sollte verständlich sein – wie irrtümlich aus dem vorherigen Bild denkbar wäre.

Aber auch eine Differenzmessung ist denkbar, um die wirklichen Phasenlage zu testen. Auch diese Messung ist mit einem Testhörer möglich. Durch eine gewünschte/ungewünschte Fehlbeschriftung können Ausgänge durchaus so wirken:

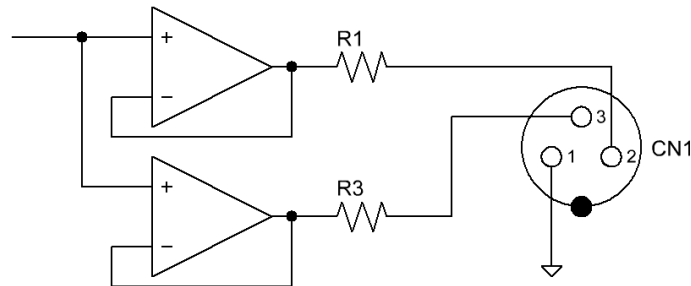


Bild: Die beiden Ausgänge sind gleichphasig beschaltet. Mit einem Pegelmesser könnte man mit Umstand auch zwischen Pin 2 und 3 messen. Der Testhörer gibt sofort Aufschluss über die Phasenlage und bleibt im Idealfall stumm. Oftmals erscheinen mit einem massebezogenem Testgerät (ungebauter Kopfhörer) nur die beiden signalführenden Anschlüsse.

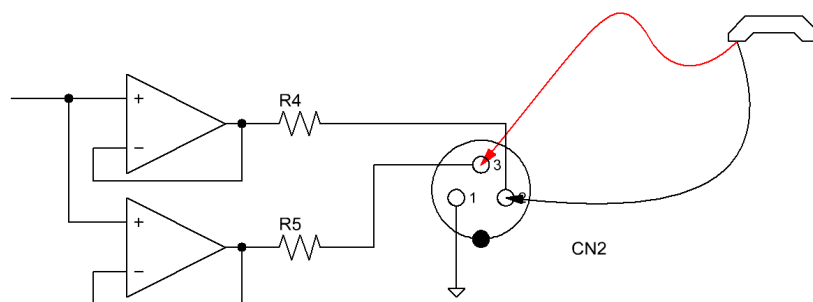


Bild: Eine gleichphasige Beschaltung ermöglicht kein Signal. Der Hörer bleibt stumm.

8. Phasendrehungen an Geräten

Aber der Testhörer kann noch wesentlich mehr. Besonders bei Geräten, die in einem Insertweg oder per Aux-Weg als Rückkopplung betrieben werden, spielt die interne Phasendrehung eine wichtige Rolle. Nur selten verfügen DJ Pulte oder einfache Bühnenkonsolen über einen Phasenumkehrschalter am Eingangskanalzug. So lassen sich damit auch Veränderungen an laufenden Signalwegen testen, wenn Pegel verändert werden – oder gar Phasendrehungen entstehen.

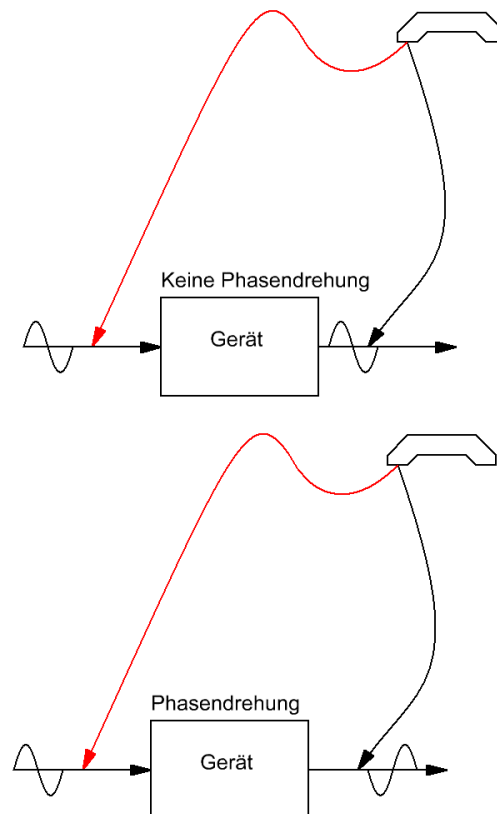


Bild: Ist das Gerät ausgeschaltet, darf es in keinem Fall eine Phasendrehung (erkennbares Signal im Hörer) erzeugen.

Die einzige Wahrscheinlichkeit ist ein passiver Übertrager – was aber zu 99% im Bypass-Mode unwahrscheinlich ist.

Ist das Gerät eingeschaltet, durchläuft das Nutzsignal durchaus einige Signalstufen ohne das eine weitere Bearbeitung stattfindet. Entweder wird hier bereits die Phase gedreht – oder ein Anschlusskabel ist einfach am Ausgang falsch beschaltet worden.

Klar ist natürlich hauch, das wir durch die Differenzpegelbildung auch ein Signal erhalten, wenn die Ein/Ausgangsleistung unterschiedlich ist. Dann wirken sich nicht die beiden Halbwellen in Form der gegenphasigen Ansteuerung aus – sondern nur die Pegelunterschiede. Dieser Messfehler sollte akribisch beobachtet werden, um Fehldiagnosen auszuschließen.

9. Phasendrehungen an Geräten

Schwierigkeiten entstehen oftmals in der Stromversorgung. Zureichend gefilterte Stromversorgungen übertragen Störspannungen kreuz und quer durch das ganze Gerät. Dabei müssen es nicht zwingend nervende Hochfrequenzeinstrahlungen sein, die akustisch nervende Fragmente erzeugen.

Es genügen schon winzige Störimpulse einer blinkenden LED in der Anzeigeplatte, die sich leichtes Knacken im Nutzsignal bemerkbar machen. Die Suche nach den Störquellen gestaltet sich oftmals als sehr schwierig – wobei die aufgeführte „blink-LED“ eine extrem vereinfachte Anwendung ist.

Oftmals entstehen Störungen durch die mangelhafte Entkopplung von Steuerungs- und Nutzsignalwegen. Ein Beispiel ist ein Gleichrichter, der aus einem anliegendem Nutzsignal eine Regelgleichspannung erzeugt:

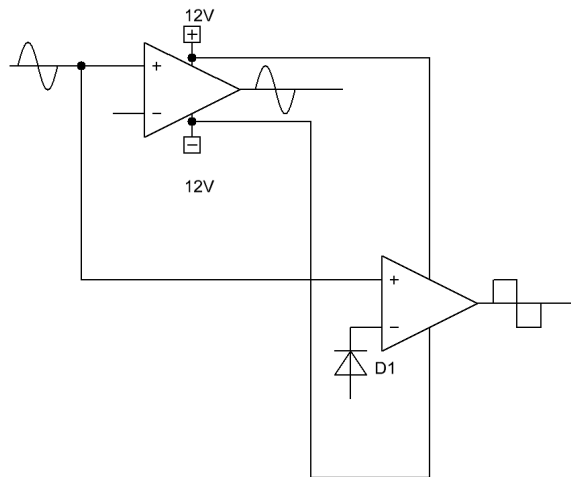


Bild: Keine Entkopplung der beiden Verstärkerstufen

Die Impulsbelastungen durch den OP mit dem Gleichrichter gelangen als Strombedarfsschwankung auf der Hauptversorgung. Sind weitere Auditeile schlecht entkoppelt, übertragen sich die kratzenden Geräusche des Gleichrichters durch das ganze Schaltungsdesign.

An dieser Stelle sind entsprechende Entkopplungsmaßnahmen angebracht, die sehr unterschiedlich ausfallen können. Entweder man bette die empfindlichen Stufen in eine schwimmende, weiche Stromversorgung (bestehend aus Widerstand und Elko) oder man isoliert die Störquellen in solchen Inseln.

Eine optimale Lösung ist die Isolation einer jeden Stufe in einen eigenständigen Filter.

Filterung der Stufe mit Widerstand und Elko, um die anstehenden Störspannungen auf der Stromversorgung auszuschließen.

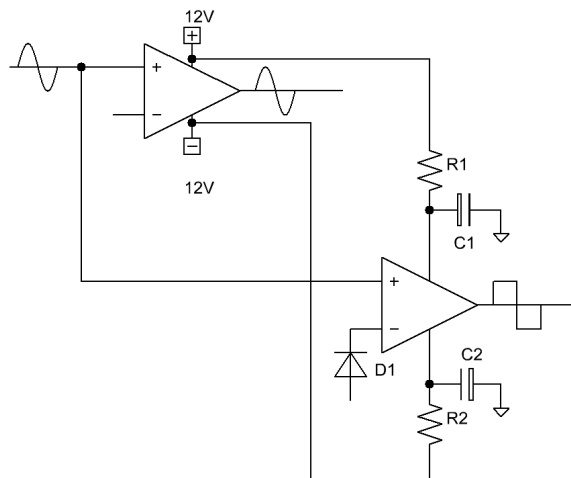


Bild: Die Gleichrichterstufe liegt nun in einer RC-Kombination und kann die entstehenden Störungen nicht mehr in die Stromversorgung zurückspeisen.

Diese Störungen lassen sich „Bröseln“ und „permanentes Knistern“ auf der Stromversorgung messen:

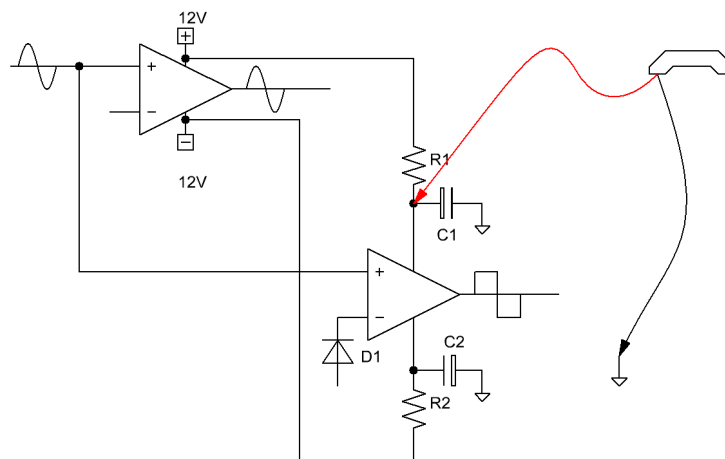


Bild: An diesem Messpunkt sind Störungen sehr wahrscheinlich – obwohl der Elko diese wirkungsvoll unterdrücken sollte.

Daher macht es mehr Sinn, alle empfindlichen Schaltungselemente entsprechend in diese RC-Kombination zu legen, um an allen Punkten über saubere Gleichspannung verfügen zu können. Entstehen dann noch Störungen, liegen diese oftmals in der mangelhaften Masseführung begründet.

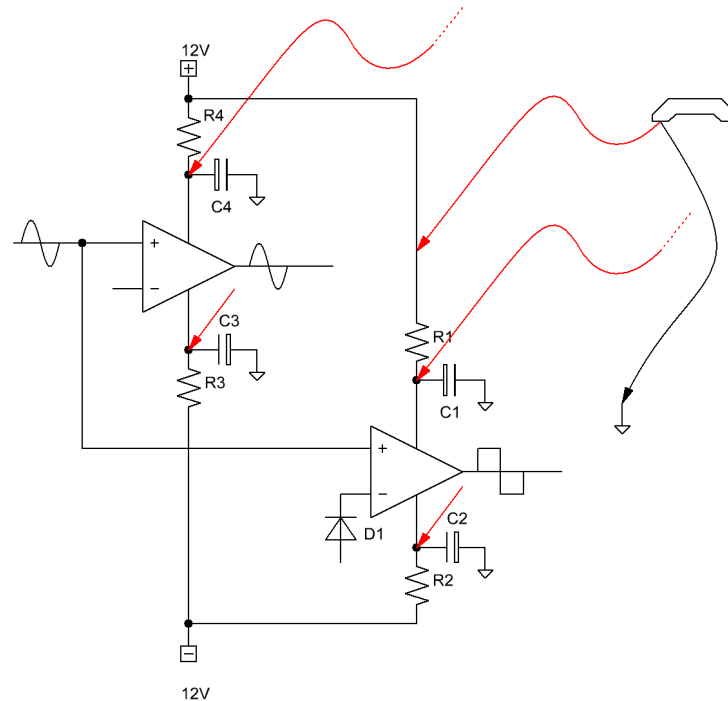


Bild: Die unterschiedlichen Versorgungsleitungen führen verschiedene Störungsarten mit sich. Eine Hauptversorgung ist nie richtig frei von Artefakten, die sich durch unterschiedliche Verbraucher addieren. Aber schon das Rauschen, das oftmals durch Spannungsregler erzeugt wird, lässt sich mit dem Testhörer nachweisen – wie auch leichtes Brummen einer defekten Stromversorgung.

10. Fazit

Ein Testhörer dieser Art mag ein ungewöhnliches Werkzeug sein – jedoch wurden schon in den Anfängen der Telefonzeit ähnliche Geräte zum Einsatz gebracht. Das bei der Post verwendete „Prüfgerät 1a“ wurde bis in die heutige Zeit verwendet. Der jetzige Bedarf an ISDN und DSL Zugängen bescherte der analogen Telefontechnik auf den beiden Doppeladern „a und b“ das Ende.



Bild: Prüfgerät Typ „1a“ der Deutschen Bundespost. Ein handliches „all in one“ Testgerät – das den heutigen Anforderungen moderner Messtechnik nicht mehr gewachsen ist. Jedoch ist es in der analogen Signaltechnik kaum wegzudenken – hat man gelernt, damit zu „arbeiten“...

Mit einem Drehschalter ausgestattet, hatte der Techniker die Wahl zwischen den beiden Grundimpedanzen „600 Ohm“ und „10K Ohm“. Die 600 Ohm Stellung diente zum Belegen der Wahlstufen durch Bildung einer definierten Gleichstromschleife. Die 10K Ohm Stellung diente dem hochohmigen Mithören z. Testzwecken oder der Verfolgung eines anliegenden Rufsignals.



Bild: Drehschalter auf 600 Ohm für niederohmige Messungen an Telefonleitungen. Auch Gleichspannungsprüfungen waren damit möglich – um gezielt einen Stromfluss zu erzeugen.



Bild: Drehschalter auf 10 K Ohm – so konnte der Techniker hochohmig auf der Leitung prüfen und ggf. auch schon mal das eine oder andere Telefongespräch mithören...
...natürlich nur zu Test- und Prüfzwecken...

Bis heute dient diese einfache und nahezu unverwüsthliche Methode zu den Grundlagen der Entstörungstechnik – auch wenn wir mehr von digitalen Kundenschnittstellen und Anbindungen sprechen.

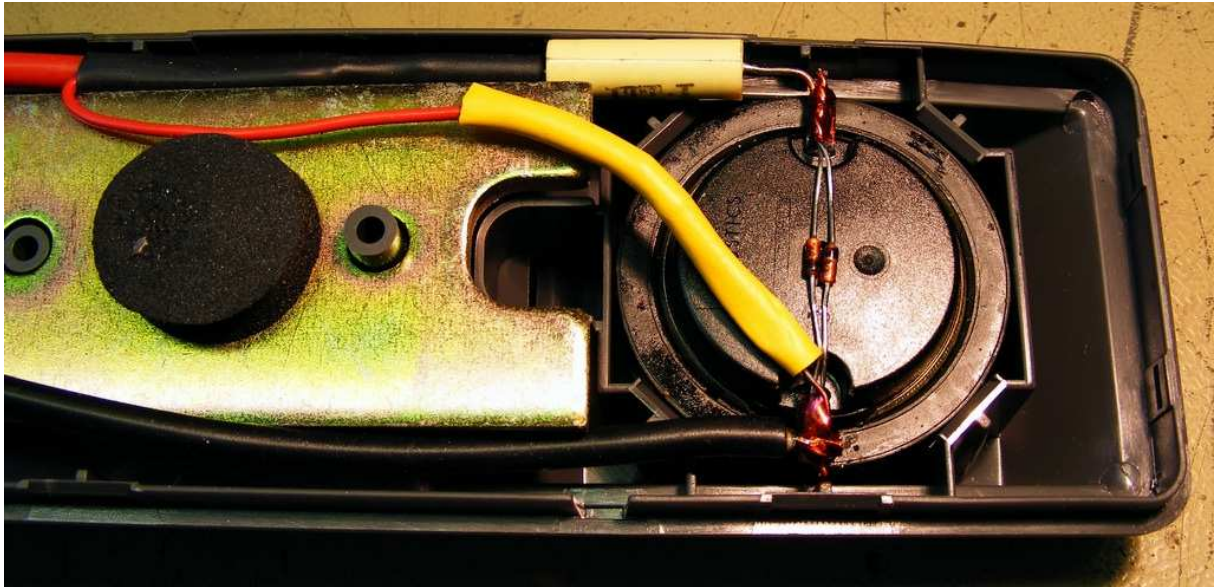


Bild: Das fertige Gerät von Innen – gut zu erkennen ist der Koppelkondensator und die Schutzdioden. Unter dem gelben Schrumpfschlauch befindet sich der 1 M Ohm Widerstand zur Entladung der Kapazität (Kondensator).



Bild: Das fertige Gerät.

Daher ist ein Testhörer – gebaut aus einem alten Telefonhörer – eine sinnvolle und preiswerte Alternative zu aufwändigen Prüfgeräten. Von der optischen Erscheinung mal abgesehen, kommt es ohnehin nur auf das Ergebnis an...

Ende der Dokumentation

Version vom 14.06.2010 / Rev.1.0

© Text und Layout by Jens Kelting für Radio K.R.E.

© Bildmaterial by Jens Kelting für Radio K.R.E.