



Ist Ihr Kopfhörer phasenrichtig gepolt?

Stellen Sie sich vor, Sie setzen einen Kopfhörer auf, um eine CD oder eine MC zu hören, und Sie hätten den Eindruck, daß mit der Stereophonie „etwas nicht stimmen kann“. Der Klangeindruck ist irgendwie schief. Ist bei der Tonaufnahme etwas mißglückt? Nein, die größere Wahrscheinlichkeit spricht dafür, daß die beiden Systeme Ihres Kopfhörers nicht phasengleich gepolt sind.

ELV hat durch Stichprobenmessungen festgestellt, daß bei manchen Kopfhörerherstellern diese elementare Voraussetzung für HiFi-Stereophonie über Kopfhörer gar nicht bekannt zu sein scheint. Und ELV hat natürlich auch gleich ein einfaches, kleines Gerät zum Überprüfen Ihrer Kopfhörerbestände auf Phasengleichheit entwickelt.

Curt Menke

Warum überhaupt Phasengleichheit?

Bei Tonfrequenzen bis etwa 1.000 Hz nehmen wir Richtungen vor allem aufgrund des Laufzeit- bzw. Phasenunterschiedes der Schallwellen zwischen den beiden Ohren wahr. Sofern Sie zwei gesunde Ohren besitzen, sollten Sie mühelos in der Lage sein, im Vornebereich die Richtungs-

veränderung einer Schallquelle um nur 2° wahrzunehmen. Diese Fähigkeit beruht bei Frequenzen bis zu 1.000 Hz auf einem schlichten Phasenvergleich, der zwischen den beiden Ohren vorgenommen wird.

In Bild 1 ist zu erkennen, daß der Schall aus dem violetten Mund (oben) die beiden Ohren des Zuhörers (unten) zu unterschiedlichen Zeiten erreicht. Da sich die Schallquelle leicht links voraus befindet, braucht der Schall entlang der grünen Linie zum

linken Ohr erkennbar weniger Zeit als entlang der roten Linie zum rechten Ohr. In welchem Zeitbereich sich diese Laufzeitunterschiede abspielen, wollen wir kurz betrachten:

Falls sich im Extremfall dieser Betrachtung eine Schallquelle genau unter 90° links oder rechts vom Hörenden befindet, entspricht die Wegdifferenz genau dem Ohrabstand des Betreffenden, der bei etwa 160 mm liegt. Das bedeutet unter Zugrun-

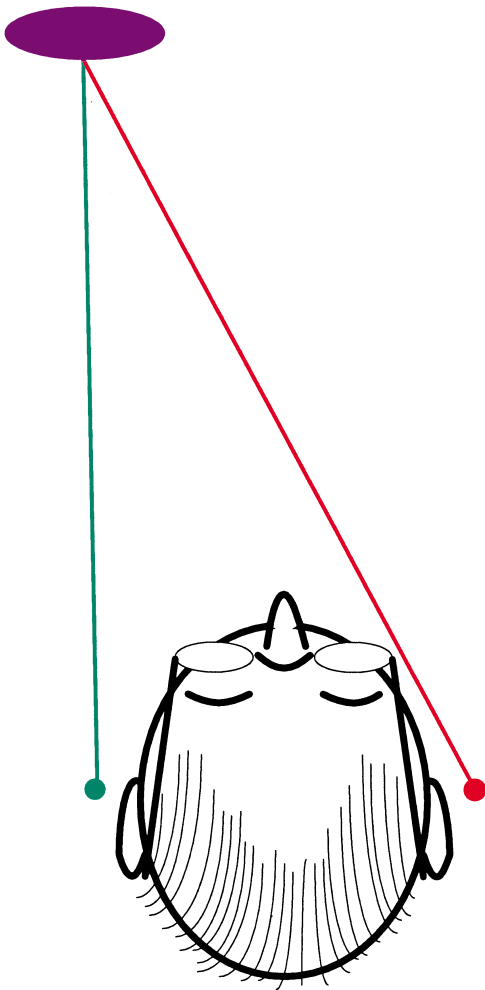


Bild 1: So orten wir ein Schallereignis in der Horizontalen aufgrund von Laufzeiten

Phasenlage des einen Kanals gegenüber dem anderen um 180° verschoben hat. Alles klar?

Wie kommt es zu falscher Phasenlage bei Kopfhörern?

Neunundneunzig Prozent der heutzutage verkauften Kopfhörer arbeiten nach dem dynamischen Wandlerprinzip: Eine sorgfältig gewickelte Spule aus Kupferdraht taucht in einen Topfmagneten ein, wird von den Tonfrequenzströmen durchflossen und bewegt die mit ihr verbundene Membran entsprechend hin und her.

Und da fängt es schon an: Die beiden Spulendrähte müssen ja über die Membran hinweggeführt werden, damit sie außen kontaktiert werden können. Dabei sieht man den Drähten, deren Durchmesser sich im Bereich von $20\ \mu\text{m}$ bis $50\ \mu\text{m}$ bewegt, ohne besondere Vorkehrungen nicht an, welcher

982154402A

und welche Auswirkungen längerfristiges gegenphasiges Hören von Musik haben kann, hat der Verfasser in einem längeren Eigenversuch mit einem nachweislich gegenphasig gepolten Kopfhörer herauszufinden versucht, ob sein Richtungshörvermögen durch diese ständige Fehlinformation beeinträchtigt werden könnte.

Dazu wurde ein derartiger Stereokopfhörer konsequent bei Rundfunk- und Fernsehsendungen in Stereo sowie bei CDs zum Abhören benutzt. Schon nach wenigen Tagen verstärkte sich das un gute Gefühl, das schon beim ersten Anhören gegenphasig gepolter Musik entstanden war, bis zu massivem Unwohlsein. Darüber hinaus hatte der Verfasser danach den deutlichen Eindruck, der natürlich nach diesem Einzelversuch noch nicht als wissenschaftlich untermauert gelten kann, daß sein Richtungshörvermögen verunsichert und beeinträchtigt zu sein schien. Erst mehrere Tage nach dem Ende dieses Versuchs verschwand dieses Symptombild. Also dürfte es schon zu empfehlen sein, daß gesundheitsbewußte ELV-Leser ihren Kopfhörerbestand auf richtige Phasenlage prüfen.

Wie aufwendig muß die Phasenprüfung sein?

Soweit bei den großen Kopfhörerherstellern die Phasenlage geprüft wird, geschieht dies entweder durch stichprobenartige Einzelprüfung oder vollautomatisiert, aber grundsätzlich mit folgendem Ablauf: Auf jedes zu prüfende Hörsystem wird ein kurzer Gleichstromstoß, also beispielsweise ein Rechteck von wenigen Millisekunden, gegeben. Und zwar in einer so definierten Polung, daß von diesem Wandlersystem - unter der Voraussetzung einer richtigen Phasenlage - ein positiver Impuls, also eine einzige Druckwelle, abgegeben werden müßte. Unmittelbar vor dem Wandlersystem befindet sich ein Meßmikrofon, dessen Phasenlage bekannt ist und mit einer einfachen Ja/Nein-Auswertung eine klare Aussage liefert. Sind die beiden Hörsysteme eines Kopfhörers normgerecht gepolt, ist die Welt in Ordnung. Sonst hat die Wicklerin bzw. die

delegung der Schallgeschwindigkeit von $330\ \text{m/s}$ eine Laufzeitdifferenz von nur rund $0,5$ Millisekunden! Aber damit nicht genug - wenn wir im Vornebereich die Richtungsänderung einer Schallquelle von 2° orten können, sind wir, das heißt unser zentrales Hörvermögen, offenbar in der Lage, selbst Laufzeitdifferenzen zwischen beiden Ohren von rund $20\ \mu\text{s}$, also 20 Millionstel Sekunden, zu erkennen und zu verarbeiten. Das läßt sich mit Hilfe der Winkelfunktionen und des Pythagoras rasch nachrechnen.

Somit erreicht ein genau von rechts kommender 500Hz -Ton mit seiner Luftwellenlänge von $66\ \text{cm}$ das linke Ohr gegenüber dem rechten Ohr mit einer Phasenverschiebung von etwa 90° .

Bereits als Baby lernen wir, aufgrund dieser Phasenunterschiede räumlich zu hören. Das macht sich die Stereophonie über Lautsprecher und über Kopfhörer zunutze. Es leuchtet sicher ein, daß dies aber nur richtig funktioniert, wenn die beiden Wandlersysteme für den linken und den rechten Kanal auch wirklich phasengleich abstrahlen. Ist dies nicht der Fall, so haben selbst die meisten ungeschulten Hörenden den Eindruck einer „schiefen“ Stereoübertragung - kein Wunder, da sich ja plötzlich die

für den Spulenanfang und welcher für das Spulenende zuständig ist. Es bedarf schon sorgfältiger Maßnahmen in der Serienfertigung, um stets sicherzustellen, daß alle Systeme phasengleich kontaktiert am Bandende herauskommen. Und mancher Kopfhörerproduzent macht sich erst gar nicht diese kostenverursachende Mühe. Ergebnis: Eine Zufallstreuung der Phase - 50% gegenphasig gepolt.

Kann Gegenphasigkeit das Hörvermögen beeinträchtigen?

Da es keine systematischen wissenschaftlichen Untersuchungen darüber gibt, ob

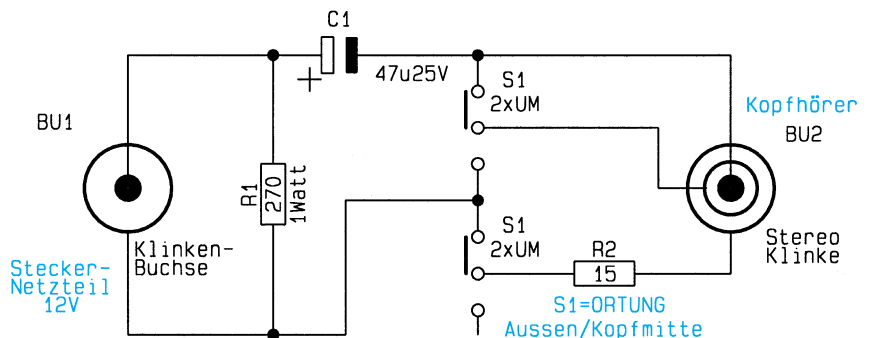


Bild 2: Schaltbild des ELV-Kopfhörer-Phasenprüfers

982154401A

Löterin der Tauchspule „geschlafen“. Der Reparatur muß ans Werk und die richtige Polung herstellen.

Einen derartigen Aufwand will ELV natürlich seinen Kunden nicht zumuten. In unserer Miniaturschaltung wird schlicht die in Fachkreisen bekannte Tatsache genutzt, daß jeder Mensch in der Lage ist, bei tiefen Frequenzen im unmittelbaren Vergleich den Unterschied zwischen richtiger und falscher Phasenlage eindeutig zu erkennen. Im Interesse eines wirklich geringstmöglichen Aufwandes wird für den ELV-Kopfhörer-Phasenprüfer zum Bereitlegen der tiefen Testfrequenz ein beliebiges ELV-Steckernetzteil verwendet, dessen Restwelligkeit von 100 Hz für den Zweck völlig ausreicht. Der 3,5mm-Klinkenstecker dieses Netzteils wird in die untere Buchse des Phasenprüfers gesteckt, in die obere Buchse gehört der Prüfling, also der verdächtige Kopfhörer.

Nachbau

Der Nachbau dieser kleinen Schaltung gestaltet sich sehr einfach. Lediglich sechs Bauteile sind auf der 82 mm x 45 mm messenden Platine zu bestücken.

Die Bestückung erfolgt in gewohnter Weise anhand der Stückliste und des Bestückungsplanes, wobei die Bauteile von oben durch die entsprechenden Bohrungen gesteckt, auf der Platinenunterseite verlötet und die überstehenden Drahtenden mit einem Seitenschneider abzuschneiden sind, ohne dabei die Lötstellen zu beschädigen. Bei dem Elko C 1 muß

unbedingt auf die richtige Polung bzw. Einbaulage geachtet werden.

Nachdem der Schalter und die beiden Buchsen bestückt sind, wird die Platine in das Gehäuse eingebaut. Hierzu sind die beiden Gehäuse-Seitenteile, in denen sich jeweils eine Bohrung befindet, auf das Gewinde der Buchsen zu stecken. Die Platine kann jetzt in die Gehäuse-Unterschale gelegt werden, so daß die Seitenteile einrasten. Nach dem Verschrauben des Gehäuseoberteils ist der Nachbau beendet und das Gerät einsatzbereit.

Parallel-/Reihenschaltung heißt der kleine Trick

Nun setzen Sie den betreffenden Kopfhörer auf und hören einen sanften 100Hz-Ton. Sie betätigen das einzige Bedienelement des Phasenprüfers, einen schlichten Schalter. Zwei verschiedene Möglichkeiten ergeben sich jetzt:

Durch Betätigung des Schalters wandert der 100Hz-Ton deutlich hörbar von innen nach außen bzw. von außen nach innen. Entspricht das Gehörte dem Aufdruck auf dem Gehäuse, ist Ihr Kopfhörer richtig gepolt. Verhält sich der Kopfhörer genau entgegengesetzt, d. h. in der Schalterstellung „Ortung Kopfmitte“ wird der Ton außen geortet, dann ist dieser Kopfhörer gegenphasig gepolt. (Und damit Sie sich nicht vor jeder Kopfhörerprüfung neu einlesen müssen, ist eine Kurzanweisung auf dem Fertigergerät aufgedruckt.)

Bewirkt wird dieser einfache Ablauf dadurch, daß die beiden Hörsysteme in

Stückliste: Phasenprüfer für Kopfhörer

Widerstände:

- 15Ω R2
- 270Ω/1W R1

Kondensatoren:

- 47µF/25V C1

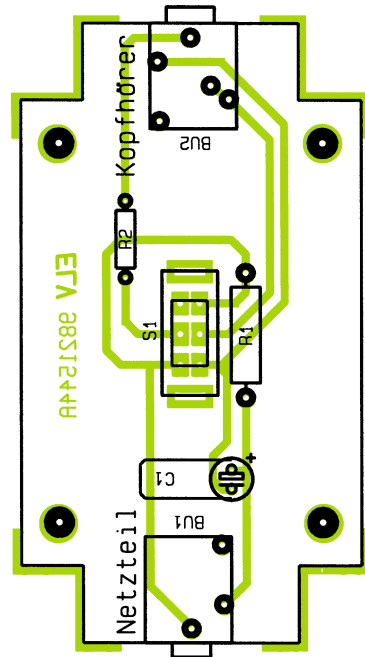
Sonstiges:

- Schiebeschalter, 2 x um, S1
- Klinkenbuchse, 3,5mm, mono, print BU1
- Klinkenbuchse, 3,5mm, stereo, print BU2
- 1 Kunststoff-Element-Gehäuse, G431, bearbeitet

der einen Schalterstellung in Reihe geschaltet sind, so daß das phasengleich auf beide Systeme gegebene 100Hz-Signal auf Kopfmitte geortet werden muß. In der anderen Schalterstellung werden die beiden Hörsysteme hintereinander geschaltet, was wegen des gemeinsamen Massepols am Stecker ohnehin nur gegenphasig möglich ist. Logisch: Wird das Signal in dieser Stellung auf Kopfmitte geortet, müssen die beiden Hörsysteme gegenphasig gepolt sein. Aber wichtig ist dabei, daß dieser Vergleich unmittelbar nacheinander erfolgen muß, um das Wandern von innen nach außen bzw. umgekehrt auch schlüssig wahrzunehmen!

Und was tun bei falscher Polung?

Sollten Sie bei einem Markenkopfhörer ein falsch gepoltes Exemplar so etwa oberhalb 40 DM erworben haben, dann sollten Sie sich an den Hersteller wenden, der sich nach unseren Erfahrungen ohne Diskussion zur Nachbesserung oder Ersatzlieferung eines einwandfreien Exemplars entschließen dürfte. Schwieriger wird es bei billigen Hörern, deren Hersteller oftmals gar nicht auszumachen ist. Hier wäre wohl eher abzuschätzen, ob sich der eigene Aufwand für ein feinwerktechnisches Basteln zum Umpolen eines der beiden Hörsysteme lohnt oder ob es wirtschaftlicher wäre, für die paar D-Mark gleich einen neuen Kopfhörer zu erwerben. Und dabei natürlich den ELV-Kopfhörer-Phasenprüfer zur Hand zu haben, um gleich beim Kauf die Spreu vom Weizen zu trennen - selbst wenn der Verkäufer dabei ein saures Gesicht machen sollte. Vielleicht klären Sie ihn dann auf, wie er sich selbst gegenüber seinen Lieferanten gegen diese Art von Schlamperei schützen kann. Indem nämlich auch er einen solchen Kopfhörer-Phasenprüfer von ELV anschafft...



Fertig aufgebaute Platine des ELV-Kopfhörer-Phasenprüfers mit zugehörigem Bestückungsplan