



# Die AUDIO-Test CD

**Gehörmäßige Optimierung Ihrer Musikwiedergabeanlage**

***Vorläufige Version: Stand 8.10.2000***

## **Einleitung**

Die Akustik Ihres Musikwiedergaberaumes ist ein wichtiger Bestandteil und damit Voraussetzung für die Klangqualität, die Sie in Ihren Räumen erreichen können.

Die besten Gerätekombinationen werden zu einem unbefriedigendem Klangergebnis führen, wenn elementare Grundvoraussetzungen der Raumakustik nicht beachtet werden.

Leider sind für eine optimale Raumakustik umfangreiche Messungen und Untersuchungen notwendig, deren Aufwand und Kosten für den durchschnittlichen Musikhörer sehr oft in keinem Verhältnis zum erzielbarem Ergebnis stehen.

Vor allem sind dann auch die eigentlich nötigen Veränderungen bautechnischer Art im Hörraum aus vielerlei Gründen nur begrenzt möglich.

In der Regel möchte man den Abhörraum nicht nur ausschließlich für die Musikwiedergabe nutzen. Auch vertragen sich manche akustisch notwendigen Baumaßnahmen nicht mit den Designvorstellungen der jeweiligen Bauherren und -frauen.

Es ist aber zum Glück für den interessierten Laien mit verhältnismäßig wenig Aufwand, d.h. ohne teures Messequipment und ohne große Room-Tuning-Maßnahmen, dafür aber etwas Hörerfahrung vorausgesetzt, schon eine Menge in dieser Richtung machbar.

Jeder, der keinen Akustiker mit entsprechendem Knowhow und Meßequipment bei der Hand hat, ist gezwungen, mit Hilfe seines eigenen Programmaterials (sprich: seiner Lieblings-CDs oder Vinyl-Schallplatte) die Aufstellung und Konfiguration seiner Anlage, sowie die Ausstattung seines Hörraumes mit Room-Tune-Elementen selbst nach eigenem Geschmack zu gestalten.

Das birgt die Gefahr in sich, daß diese Optimierung sehr stark mit der Aufnahmesituation auf den jeweiligen Quellen verknüpft ist. Diese ist jedoch für den Normalhörer in der Regel unbekannt.

Es ist daher vorteilhaft, wenn ein Quellenmaterial zur Verfügung steht, das von seiner spektralen Zusammensetzung und seiner Amplitude genau definiert und bekannt ist.

Für die Analyse der Ortbarkeit von virtuellen Schallquellen ist es ebenfalls von Vorteil, wenn diese Quellen in ihrer Originalposition im Raum genau definiert sind.

Zu diesem Zweck wurde von TMR diese CD entwickelt. Natürlich ist durch sie keine professionelle Raumanalyse ersetzbar, wie sie auch von TMR optional für unsere Kunden angeboten wird. Die meisten meßbaren Raumparameter entziehen sich der direkten individuellen gehörmäßigen Bewertung. Nur die quantitative Auswirkung bestimmter Parameter auf das Klangergebnis ist grob einschätzbar, wenn das Quellensignal entsprechend auf diese Funktion zugeschnitten ist.

Es ist aber möglich, gehörmäßig ein paar Grundvoraussetzungen für eine gute Wiedergabequalität zu schaffen. Dazu gehört das Erkennen von ungünstigen und günstigen Standorten für Lautsprecher und Racks, sowie die optimale Positionierung von Lautsprecher und Hörplatz. Auch können akustische Probleme wie Raumresonanzen, unsymmetrische Dämpfungseigenschaften und unerwünschte Reflexionen unabhängig vom normalem Musiksignal getrennt analysiert werden.

Nachfolgend soll kurz ein Überblick über die Einordnung subjektiver und objektiver Gütekriterien für Musikwiedergabe entsprechend den Schallfeldstrukturen gegeben werden.

Diese Aufzählung ist für das Verständnis und den Ablauf der Optimierungsprozeduren mit der Hilfe der TMR Audio-Test CD nicht unbedingt erforderlich, dient jedoch dazu, dem interessierten Leser Zusammenhänge zwischen dem Testsignal und dem zu optimierenden Parameter aufzuzeigen.

## **Zusammenhang zwischen Hören und Messen**

<b>Schallfeldstruktur</b>	<b>Subjektiver Eindruck</b>	<b>Meßparameter</b>
Zeitlich-räumlich:	Raumeindruck Eingehülltsein	Raumeindrucksmaß
Zeitlich	Durchsichtigkeit Halligkeit Subjektive Nachhallzeit Echo Flatterecho	Nachhallzeit Hallmaß Hallabstand Anfangsnachhallzeit Reflexionsmaß
Räumlich	Räumlichkeit Breite der Schallquelle Entfernung der Schallquelle	Maximaler Korrelationsgrad Seitenschallpegel Seitenschallgrad Kurzzeit-Korrelationsfaktor
Spektral	Klangfarbe Sprachtimbre Sprachmelodie Wärme Brillanz Intonation	Frequenzgang der Nachhallzeit Klangfarbenmaße Bass-Ratio
Dynamisch	Lautstärke bei fortissimo und piano Balance Klangfülle	Lautstärkemaß Schallpegelverteilung Balancemaß

Wie man sieht, existieren sehr wohl Meßverfahren, mit denen subjektive Eindrücke mit entsprechenden Meßwerten korreliert werden können. Nur ist das alles nicht trivial, sondern erfordert viel Erfahrung, Fachwissen und Mathematik.

Die Akustik gehört trotz aller fortgeschrittenen Meßtechnik immer noch zu den Bereichen, wo oft und gern noch nach dem Trial & Error – Verfahren gearbeitet wird.

Zur quantitativen Ermittlung objektiver Gütekriterien werden folgende Meßverfahren verwendet:

- Impulsschalltest zur Ermittlung der Raumimpulsantwort (jeweils mit Kugel- und Richtmikrofonen)
- Impulsschalltest zur Ermittlung der Raumimpulsantwort, jedoch für linkes und rechtes Ohr getrennt (Kunstkopfmikrofon)
- Anregung des Raumes frequenzabhängig mit oktavbreitem ungerichtetem Rauschen (Kugelmikrofon)
- Schallpegelmessung

Die verschiedenen Messergebnisse werden dann je nach Definition des zu bestimmenden Parameters durch mathematische Verfahren miteinander verknüpft und nach durch Erfahrungswerte gewonnenen Zuordnungsvorschriften ausgewertet.

Eine Aufzählung der jeweils optimalen Meßwerte ist hier in diesem Rahmen leider nicht möglich, da diese in hohem Maße von der Raumgröße abhängen.

Es soll auch nicht verschwiegen werden, daß man sich in der Bewertung der Meßergebnisse noch nicht allgemein einig ist.

Verschiedene Autoren kommen da auf unterschiedlichen Wegen zu unterschiedlichen Ergebnissen.

Mit der vorliegenden Anleitung und der dazu gehörigen CD mit den Signalen sollte es jedoch möglich sein, die wichtigsten Hindernisse auf dem Weg zum optimalem Hören gehörmäßig zu erkennen und so unter Umständen entsprechende Gegenmaßnahmen zu treffen oder wenigstens eine detailliertere Analyse vorzubereiten.

Es sei ebenfalls nicht verschwiegen, daß eine gehörmäßige Auswertung von doch ziemlich abstrakten Signalen einige Hörerfahrung voraussetzt und einiges an Geduld und Einfühlungsvermögen beim Hörer voraussetzt.

## Schallausbreitung im Hörraum

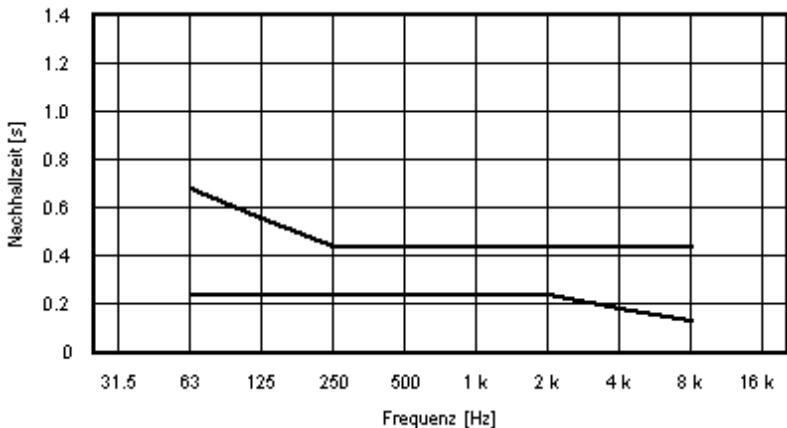
Steht eine Schallquelle in einem geschlossenen Raum, so wird das Ohr eines ebenfalls in diesem Raum befindlichen Zuhörers einmal von der direkten Schallquelle getroffen und zum anderen von Wellen, die von den Wänden reflektiert worden sind (**Nachhall**).

Je nach Material des Wandbelags wird ein gewisser Teil der reflektierten Signale frequenzabhängig absorbiert (bedämpft).

Ein Maß für die Bedämpfung eines Raumes ist die frequenzabhängige **Nachhallzeit**.

Je nach Anforderung an den Raum und Raumgröße unterscheiden sich die jeweils erforderlichen Nachhallzeiten.

Das nachstehende **Diagramm** kennzeichnet das Toleranzfeld, in dem sich die speziell für HiFi-Wiedergabe optimalen Werte der Nachhallzeit für einen typischen Wohnraum mittlerer Größe bewegen sollten (DIN 45573, Teil 4).



Kurze Nachhallzeiten kennzeichnen einen „trockenen“ Raum, während längere Nachhallzeiten zu einem halligen Klangeindruck führen.

In großen Räumen kann infolge der unterschiedlichen Laufstrecken zwischen direktem und reflektiertem Schall ein merklicher Zeitunterschied auftreten.

Beträgt die Zeitdifferenz mehr als etwas 50 ms, so nimmt man ein **Echo** wahr.

Besonders zwischen parallelen Wänden mit kurzen Abständen bilden sich **Flutterechos** aus.

In halligen (unbedämpften) Räumen kann Ortbarkeit und Verständlichkeit der übertragenen Signale daher sehr stark leiden.

Man kann den Einfluß des Nachhalls dadurch herabsetzen, indem man näher an die Schallquelle herangeht. Dadurch überwiegt der Anteil des direkten Schalls.

In größerer Entfernung geht der direkte Schall in Hall über, sobald der Hallradius überschritten wird. Der **Hallradius** legt die Entfernung von der Schallquelle fest, in der die Schallenergiedichte des Direktfeldes gleich der des diffusen Hallfeldes ist.

Der Wert des Hallradius hängt von der Bedämpfung des Hörraumes (Nachhallzeit) ab und vergrößert sich mit der Dämpfung.

Wenn z. B. in einem normalen Wohnraum von 60m<sup>3</sup> Rauminhalt der Hallradius 1 m betragen soll, so darf die Nachhallzeit überschlägig höchstens 0.2 ms betragen.



**Je größer der Hörabstand, desto mehr Dämpfung ist im Hörraum erforderlich, um Ortung und Stabilität des Klangbildes zu gewährleisten.**

Wichtig zu wissen wäre noch, daß sich der Schalldruckpegel in normal bedämpften Räumen im Verhältnis zum Normalpegel in

Raummitte an Wänden (entfernt von Kanten)	um 3 dB,
in Kanten (entfernt von Ecken)	um 6 dB
und in Ecken	um 9 dB

anhebt.

Diese Eigenschaft kann man u. U. gezielt zur Kompensation von fehlendem Baßfundament ausnutzen.

## **Raumresonanzen**

Eine Hauptcharakteristik eines Raumes sind seine Eigenresonanzen.

Darunter versteht man stehende Wellen bestimmter Frequenz, die sich zwischen parallelen Wänden ausbilden.

Die Wellenlängen dieser Resonanzen hängen von den Raumabmessungen ab.

Stehende Wellen lassen sich grundsätzlich nicht vermeiden, man kann nur durch geschickte Wahl der Raumabmessungen diese möglichst breitbandig verteilen.

Eine gleichmäßige Verteilung der Raumresonanzen stellt sich bei einem Verhältnis der Raumabmessungen von 1 : 1.3 : 1.6 ein.

Die meisten Wohnräume (5m x 4m x 3m) erfüllen glücklicherweise diese Bedingung.

Charakteristisch für stehende Wellen ist auch die Ausbildung von Schalldruckmaxima und -minima.

Überall dort, wo die Geschwindigkeit der Luftteilchen in der stehenden Welle gleich Null ist (z.B. direkt an der Wand), bildet sich ein Schalldruckmaximum aus, während sich überall dort, wo die Geschwindigkeit der Luftteilchen ihr Maximum erreicht (z.B. in Raummitte), ein Schalldruckminimum bildet.



**Daraus ist leicht ersichtlich, daß ein Geräterack oder ein Plattenspieler direkt an der Wand äußerst ungünstig positioniert ist, da die Geräte hier sehr leicht durch das hier auftretende breitbandige Schalldruckmaximum zum Schwingen angeregt werden könnten.**

Auch Lautsprecherboxen fangen u. U. an zu dröhnen, wenn sie innerhalb eines Schalldruckmaximums stehen.

Wenn es also in dieser Hinsicht Probleme gibt, sollte zunächst für Lautsprecher, Hörplatz und Geräterack eine neue Position gefunden werden.

Raumresonanzen treten in horizontaler und vertikaler Richtung auf.

Daher ist auch der vertikale Standort der Komponenten innerhalb eines Geräteracks klangbeeinflussend.

Tieffrequente störende Raumresonanzen können erfolgreich nur durch sogenannte Helmholtzresonatoren gemildert werden.

## ***Vorbereitung zum Hörtest***

Es ist absolut notwendig, daß sich Ihre Hifi-Anlage in einem einwandfreiem Zustand befinden.

Selbst wenn Sie vorhaben, denselben u.a. durch Gebrauch dieser CD erst herstellen zu wollen, sind ein paar Vorbereitungen nötig.

Ebenfalls sollten Sie selbst (inklusive Ihrer Ohren) sich in guter Kondition befinden.

Dabei sollten Sie auch auf bestimmte Umgebungsparameter achten, damit Ihnen Ihr Gehör keinen Streich spielt:

- **Lassen Sie alle beteiligten elektronischen Komponenten (CD-Player, DA-Wandler, Verstärker) einen Tag lang vorher warmlaufen.**
- **Verwenden Sie keine nichteingespielten Komponenten wie z.B. Lautsprecher. Diese sollten mindestens sechs Wochen schon ausgiebig in Betrieb gewesen sein.**
- **Achten Sie darauf, daß im Hörraum keine Extremtemperaturen herrschen, es sollte also weder zu heiß noch zu kalt sein ( $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ ).**
- **Vermeiden Sie für den Hörtest Tage mit starken Luftdruckschwankungen (Wetterumschwung).**
- **Verzichten Sie auf den Hörtest, wenn bei Ihnen eine Erkältung im Anmarsch ist, wenn Sie gestreßt, unausgeschlafen oder hungrig sind oder wenn Sie sich nicht hundertprozentig wohl fühlen.**

## **Checken Sie Ihre Hifi-Anlage**

### **Lautsprecherkabel zum Verstärker:**

- Kontrollieren Sie die richtige Polarität der Stecker an Lautsprecher und Verstärker. Rot bedeutet in der Regel PLUS, während Schwarz MINUS bedeutet.
- Kontrollieren Sie den festen Sitz der Stecker.
- Sind die Kanäle richtig angeschlossen oder etwa vertauscht?
- Kann irgendwo durch einzelne Adern oder ähnliches ein Kurzschluß verursacht werden?
- Sind die Steckergehäuse bei gegenseitiger Berührung kurzschlußsicher?
- Lassen Sie die Kabel nicht irgendwie herumliegen, sondern entkoppeln sie vom Boden, beschweren oder fixieren sie.

### **Lautsprecher-Untersetzer (Spikes, etc.):**

- Stehen die Lautsprecher ruhig und wackelfest?
- Sind alle Schrauben fest angezogen?

### **NF-Verbindungen, Digitalkabel (CINCH, CANNON):**

- Entfernen Sie alle Verbindungen zwischen den Geräten und verkabeln Sie neu. Dadurch werden eventuelle Oxidschichten auf den Steckern entfernt.
- Achten Sie auch auf festen Sitz der Stecker. Besonders bei CINCH-Steckern läßt sehr häufig die Federkraft nach, so daß kein ausreichender Massekontakt gewährleistet ist.

### **Netzstecker-Polaritäten:**

- Kontrollieren Sie die richtige Polarität aller Netzstecker. So können keine Potentialausgleichsströme zwischen den Geräten den Klang verfälschen.

### **Netzkabel, Steckdosenleisten, Netzfilter:**

- Wir empfehlen den Austausch aller Netzkabel durch das TMR NK2, soweit nicht schon geschehen. So verschwindet eine gewisse Unruhe, Nervosität und Instabilität des Klangbildes, die man sonst u. U. den Verhältnissen im Hörraum angelastet hätte. Auch die Tieftonwiedergabe wird stabiler und kontrollierter.
- Trennen Sie strommäßig Ihre analogen und digitalen Geräte, d.h. spendieren Sie für jede Gruppe eine separate Steckdose bzw. Verteilung.

### **Racks, Regale:**

- Kontrollieren Sie den festen Stand aller Geräte. Komponenten, die auf Spikes stehen, sollten durch Höhenanpassung der Spikes wackelfrei gemacht werden. Auch das Rack selbst sollte möglichst wackelfrei stehen. Einige Geräte gewinnen an Klang, wenn ihre Gehäuse durch Beschwerung beruhigt werden. Allerdings sollte darauf geachtet werden, daß die Wärmeabgabe der Geräte dadurch nicht behindert wird.

## Signale auf der TMR Audio-Test CD

Nachfolgend werden die verschiedenen Signalarten, die auf der CD vorliegen, vorgestellt und kurz erklärt.

### Sinus:

Ein diskreter periodischer Einzelton (sinusförmiger Amplitudenverlauf) mit einer bestimmten Frequenzhöhe.

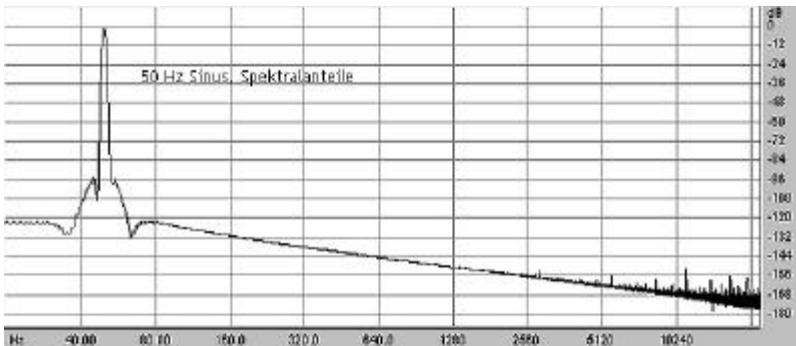
Ein Sinuston wird zur Feststellung von Resonanzen jeglicher Art verwendet (Raum, Gehäuse, mitschwingende Teile).

Die auf der TMR Audio-Test CD generierten Sinussignale sind extrem hochwertig und nur durch die Bitrate des CD-Players begrenzt (Diagramm).

Alle Signale auf dieser CD wurden mit einer Auflösung von 32 Bit generiert und dann auf 16 Bit heruntergerechnet.

Die Ursache von Tönen außerhalb der angegebenen Frequenz ist daher auch außerhalb der Quelle zu suchen.

In der Regel sind das Übersteuerungsartefakte (Klirrfaktor) von Verstärker oder Lautsprecher oder im Raum mitschwingende Gegenstände.



### Sinus-Sweep:

Ein Sinuston wird während einer gewissen Zeitspanne in seiner Frequenz kontinuierlich auf- oder absteigend verändert. Anfangs- und Endfrequenz werden meistens angegeben (Bandbreite).

Auch ein Sinus-Sweep wird zur Feststellung von Resonanzen jeglicher Art verwendet (Raum, Gehäuse, mitschwingende Teile).

### Sinus-Burst:

Ein Sinuston wird periodisch an und abgeschaltet.

Dies wird benutzt, um Ein- und Ausschwingverhalten verschiedener Komponenten (Raum, Lautsprecher) beurteilen zu können.

**Rechteck-Puls:**

Zum Testen der richtigen absoluten Polarität ist auf der CD eine kurze Sequenz enthalten, bei dem zwei sehr kurze positive rechteckige Spannungssprünge die Tieftönermembran nach vorn treten lassen, wenn alles stimmt.

**Rauschen:**

Im Gegensatz zu den Sinustönen, wo zu jedem Zeitpunkt jeweils nur eine einzige Frequenz den Raum anregen kann, kann man durch ein Rauschsignal mit einer Reihe von Tönen den Raum gleichzeitig anregen.

So ist es möglich, die verschiedenen Frequenzen anhand der "Färbung" des Rauschens zu beurteilen.

Zu diesem Zweck gibt es verschiedenen vorgefärbte Rauschsignale.

Die bekanntesten heißen White Noise (weißes Rauschen) und Pink Noise (rosa Rauschen).

In der Elektroakustik kennt man noch u.a. Brown Noise und Cyan Noise.

Rauschsignale eignen sich auch hervorragend zum „Voraltern“ bzw. „Einbrennen“ von Komponenten.

**White Noise (weißes Rauschen):**

Das ist sozusagen das Ausgangsmaterial für alle folgenden Rauscharten, die dann auch folgerichtig durch entsprechende Filterung aus White Noise abgeleitet werden.

White Noise ist gekennzeichnet durch konstante Energie pro Frequenz, d.h. alle im Rauschen vorkommenden Frequenzen haben im Mittel die gleiche Amplitude.

Man spricht hier von konstanter Leistungsdichte.

Das Gehör bewertet die Energie in den einzelnen Frequenzbändern logarithmisch.

Unterteilt man den hörbaren Bereich 20 Hz - 20 kHz in Oktaven, Terze oder Dekaden, so erhält man z.B. bei der Unterteilung in Dekaden

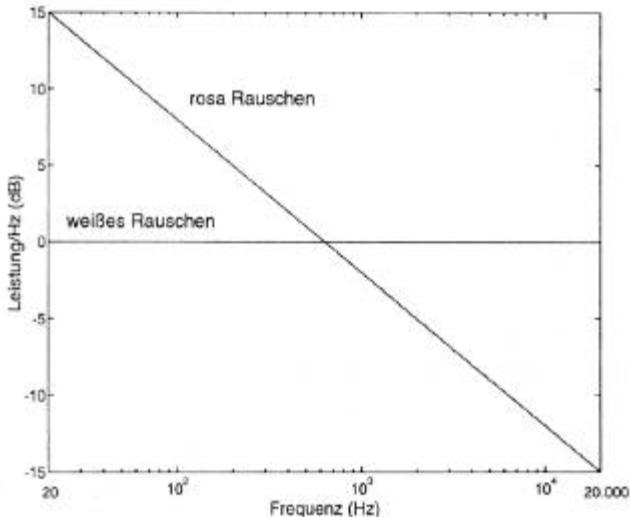
im Bereich 20 Hz - 100 Hz 80 Einzelfrequenzen,

im Bereich 100 - 1000 Hz schon 900 und

im Bereich 1 - 10 kHz insgesamt 9000 Einzelfrequenzen mit entsprechenden Energieanteilen.

Im Vergleich zu den tieferen Frequenzbereichen enthalten die höheren Frequenzbereiche also sehr viel mehr Energie.

White Noise klingt also sehr hell und höhenbetont, das entspricht gefühlsmäßig dem Weiß (auch von der spektralen Verteilung) auf der Farbskala.



### Pink Noise (rosa Rauschen):

Für akustische Zwecke besser geeignet ist daher Pink Noise, bei dem die Energie pro Terz oder Oktave konstant ist.

Damit dies so sein kann, sind die Einzelamplituden der mittleren und hohen Frequenzen per Filterung entsprechend abgesenkt (Diagramm).

Mit Oktave und Terz wird übrigens das Zahlenverhältnis der Mittenfrequenzen zweier aufeinander folgender Frequenzbereiche bezeichnet. Die Oktave bezeichnet ein Frequenzverhältnis von 2:1, während die Terz durch ein Verhältnis von 5:4 gekennzeichnet ist.

Pink Noise klingt ausgewogen und grundtonbetont (ohne jedoch den Höhenanteil zu vernachlässigen), das entspricht gefühlsmäßig einem Rosa (auch von der spektralen Verteilung) auf der Farbskala.

### gefiltertes Pink Noise:

Zur Bewertung ausgesuchter Frequenzbereiche wird das breitbandige Pink Noise - Signal entsprechend schmalbandig gefiltert.

Bei den Lautsprecherdiagnose - Signalen wird Pink Noise entsprechend den einzelnen Frequenzbereichen der Chassis gefiltert. Hat der Hochtöner z.B. einen Übertragungsbereich von 4,5 – 20 kHz, so enthält das entsprechend gefilterte Pink Noise – Signal alle Frequenzen im Bereich von 4,5 – 20 kHz in zufälliger zeitlicher Abfolge. Für die Schalldruckmessung mit Hilfe eines Schallpegelmessers wird breitbandiges Pink Noise entsprechend den vorgegebenen Oktav- oder Terzfrequenzbändern ausgefiltert.

Beispiel:

Oktavmessung bei 1 kHz :

enthält alle Frequenzen von 647 - 1354 Hz

Terzmessung bei 1 kHz:

enthält alle Frequenzen von 885 - 1115 Hz

**In-Phase (L+R), Out-of-Phase (L-R):**

Zum Feststellen der Polarität von Lautsprecherboxen und Einzelchassis wird zeitweise bei einer Stereo-Aufnahme ein Kanal invertiert, d.h. die Signalpolarität in diesem Kanal wird vertauscht.

Bei denen meisten Signalen auf der CD wird auf beiden Kanälen das absolut identische (Betrag und Phase) Signal verwendet. Es entsteht daher ein monauraler Klangeindruck.

Das Signal wird also im Kopfhörer oder bei optimaler Aufstellung im Raum und optimalen Raumbedingungen direkt aus der Mitte zwischen beiden Schallquellen ortbar sein.

Eine Invertierung oder Verpolung eines Kanals (oder Lautsprechers oder Kabels!!) läßt das Signal diffus zwischen oder sogar außerhalb der Lautsprecher-aufstellung erscheinen.

Außerdem nimmt bei einer Verpolung in der Regel die Gesamtlautstärke (vor allen Dingen im Tieftonbereich) ab.

Stimmen werden körperloser und nicht mehr scharf ortbar.

Der Klang scheint von überall und nirgends zu kommen.

Das zuverlässige Erkennen von Verpolungen gehört mit zu den wichtigsten Hörerfahrungen, die man sich aneignen sollte.

## **Stereo-Aufnahmeverfahren**

Zur Positionierung von virtuellen Schallquellen (Phantomschallquellen) zwischen den Lautsprechern werden zwei verschiedene Stereo-Aufnahmeverfahren benutzt.

### **Intensitäts-Stereofonie:**

Hier werden die Richtungsinformationen (vorwiegend) durch Intensitätsunterschiede (Pegelunterschiede zwischen 0 ... 30 dB) zwischen den Stereosignalen L und R übertragen.

Die Intensitäts-Stereofonie ermöglicht eine exaktere Richtungslokalisation und eine gleichmäßigere Auffüllung der Basis.

### **Laufzeit-Stereofonie (Phasen-Stereofonie):**

Hier werden die Richtungsinformationen (vorwiegend) durch Laufzeitunterschiede (Zeitdifferenzen zwischen 0 ... 3 ms) zwischen den Stereosignalen L und R übertragen.

Die Laufzeit-Stereofonie ermöglicht einen überzeugenderen Raumeindruck sowie eine größere Abbildungsbreite.

Einige Tracks auf der CD sind in Laufzeit-Stereofonie aufgenommen worden.

Genaugenommen sind sie natürlich nicht mit diesem Verfahren aufgenommen worden, sondern die entsprechenden Signale sind per Computer und DSP entsprechend diesem Verfahren verzögert worden.

Das hat den Vorteil, daß wir die volle mathematische Kontrolle über den Trackinhalt hatten und die Phantomschallquellen exakt auf jeden von uns gewünschten Punkt positionieren konnten.

Die Laufzeit-Stereofonie versagt vor allem da, wo durch zu nahe Reflexionen die für den korrekten Höreindruck nötigen Laufzeitunterschiede zwischen den Kanälen nicht mehr exakt reproduziert werden können. Daher ist dies ein Härtestest für die Stereoabbildung im Hörraum.

Die Intensitäts-Stereofonie ist in dieser Hinsicht sehr viel unkritischer, verlangt aber dafür eine exakte Positionierung der Lautsprecherboxen.

Bis auf wenige Aufnahmen, die mit Ortbarkeit und Positionierung von Phantomschallquellen zu tun haben, sind alle Tracks auf der CD zwar stereofon, aber mit identischen Inhalten auf beiden Kanälen aufgenommen worden.

Es sollte sich also in den meisten Fällen eine Phantomschallquelle genau zwischen den beiden Lautsprechern ausbilden (Ausnahmen: absichtliche Invertierung des rechten Kanals).

Und genau hier liegt das Problem.

Die Phantomschallquelle ist nur dann exakt in der Mitte ortbar und bleibt auch dort, unabhängig vom Frequenz- und Dynamikbereich, stabil stehen, wenn das am linken und rechten Ohr des Hörers ankommende Signal absolut identisch ist und auch zur gleichen Zeit eintrifft.

Die exakte Lokalisation einer in Basismitte abzubildenden Mittenschallquelle ist also nur möglich, wenn der Hörer genau auf der Mittelsenkrechten zur Basis positioniert ist. Bei jeder seitlichen Abweichung von der Mittellinie ergeben sich unterschiedliche Abstände zu beiden Lautsprechern und damit zusätzliche Laufzeit- sowie ggf. Pegeldifferenzen, die entsprechend den Gesetzen der Summenlokalisierung zu einer Ortungsverschiebung der Mittenschallquelle in die Richtung des jeweils näheren Lautsprechers führen.

Ein fester Standpunkt der Phantomschallquelle zwischen den Lautsprechern, der unabhängig von der Position des Hörers ist, ist also technisch und physikalisch nicht möglich.

Eine perfekte stabile Mittenortung ist in der Praxis so gut wie nie der Fall. Meistens springt die Schallquelle je nach Frequenzbereich sogar hin und her.

Das kann mehrere Gründe haben:

1. Asymmetrie des Raumes:  
Unterschiedliche Abstände zu den reflektierenden Wänden links und rechts, unterschiedliche Dämpfungseigenschaften links und rechts neben den Lautsprechern.
2. Asymmetrie des Abstands vom Lautsprecher zum Hörer:  
Unterschiedliche Abstände vom Hörplatz zu den Lautsprechern.
3. Fertigungstoleranzen bei Geräten (z.B. Lautsprecherboxen):  
Auch kleinste Abweichungen im Schalldruck zwischen einem Lautsprecherboxen-paar kann schon die Balance verschieben.

## **Inhalt der TMR Audio-Test CD**

Die CD ist nach folgenden Kriterien gegliedert:

- **Optimierung der Lautsprecherposition**
- **Raumanalyse**
- **Klangbeispiele**
- **Spezieller Funktionstest für Lautsprecherboxen TMR 1, TMR 10 und TMR Standard**
- **Schalldruckmessung mit Hilfe eines Schallpegelmessers**

Die beiden erstgenannten Punkte sind allerdings nicht isoliert zu betrachten, sondern bedingen sich natürlich wechselseitig.

**Hinweis:**

Bei den Inhaltsbeschreibungen der einzelnen Tracks bedeutet

**Stereo:** beide Kanäle haben unterschiedlichen Signalinhalt

**L + R:** beide Kanäle haben den gleichen Signalinhalt und sind in Phase

**L - R:** der rechte Kanal ist (zeitweise) gegenüber dem linken Kanal bei gleichem Signalinhalt phasengedreht (verpolt).

Zunächst ist es nötig, eine vorläufige Lautsprecherposition zu finden. Dieser erste Punkt ist auch schon fast der schwierigste, da hier vom Hörer schon eine sehr komplexe gehörmäßige Analyse gefordert wird.

♦ **Track 1:** *Pink Noise: (20 Hz - 20 kHz), L+R, L-R, L+R (jeweils 5")* 0'15"

### **Kontrollieren Sie die relative Überalles-Phasen-Gleichheit Ihrer Anlage.**

Das Rauschsignal des rechten Kanals wechselt jeweils nach 5 Sekunden die Phase.

**L+R:** Das Signal kommt aus der Mitte, ist kräftig und breitbandig.

**L-R:** Das Signal ist diffus und ausgedünnt.

Falls bei Ihnen diese Sequenz mit einem „L-R“- anstatt einem „L+R“-Gehöreindruck beginnt, ist bei Ihrer Anlage irgend etwas verpolt.

Kontrollieren Sie daher:

1. Lautsprecherkabelanschlüsse am Lautsprecher und Verstärker (Hauptursache)
2. NF-Verbindungen, speziell CANNON-Anschlüsse (sehr selten)

Falls Sie keine eindeutige Aussage über die Polarität anhand von Track 1 machen können:

- Ihre Lautsprecher stehen extrem ungünstig. Gehen Sie gleich zu Track 2 weiter.  
oder
- Ihre Lautsprecher sind defekt.  
Gehen Sie gleich zu Track 2 weiter. Checken Sie die korrekte Phasenlage der Tieftöner und gehen dann weiter zu den Diagnose-Tracks für die Lautsprecher

◆ **Track 2:** *Puls 100ms (für Polarität TT und absolute Polarität)*

0'02"

**Kontrollieren Sie die absolute Phase Ihrer Anlage.**

Beobachten Sie die Tieftöner. Ist die „absolute Phase“ korrekt, müssen sich die Tieftöner zweimal kurzzeitig nach **vorne** bewegen.

Falls nicht, ist vermutlich ein Polaritätsumschalter am DA-Wandler auf „inverted“ geschaltet (immer vorausgesetzt, Ihre Kabelverbindungen sind alle korrekt).

◆ **Track 3:** *White Noise: L + R, (20 Hz - 20 kHz), korreliert*

10'00"

Beide Kanäle sind exakt identisch.

Korreliert bedeutet, daß sie wirklich zu jedem Zeitpunkt absolut identisch sind.

Rauschen wird normalerweise digital mit Hilfe eines Zufallsgenerators, bzw. analog durch entsprechende Filterung und Verstärkung von thermischem Bauteilrauschen erzeugt. In jedem Fall ist die Signalverteilung ein Zufallsprodukt; nur als Mittelwert lassen sich Frequenz bzw. Bandbreite und Amplitude reproduzierbar bestimmen.

Bei *korreliertem* Rauschen wird das Signal einmal erzeugt und dann für beide Kanäle gleichermaßen benutzt, während bei *unkorreliertem* Rauschen das Signal für jeden Kanal getrennt erzeugt wird.

Wenn auf dieser CD für die einzelnen Tracks nicht besonders angegeben, wird in der Regel für alle (auch die gefilterten) Rauschsignale immer korreliertes Rauschen benutzt, d.h. beide Kanäle sind zu jedem Zeitpunkt absolut identisch.

Für die **Lautsprecherpositionierung** benutzen wir *korreliertes* Rauschen, da nur bei exakt gleichen Signalen auf beiden Kanälen eine exakte Summenlokalisierung möglich ist.

Ziel ist es, durch Verschieben der Lautsprecherboxen in Breite und Tiefe, sowie durch Anwinkeln eine möglichst breitbandige Mittenortung des Rauschens zu erreichen.



**Zunächst ist es wichtig, daß Sie ein Gefühl für die möglichen Klangunterschiede bekommen.**

Setzen Sie sich also in Hörposition und lassen durch einen Helfer **eine** Lautsprecherbox langsam in alle Richtungen verschieben und anwinkeln. Je nach Position der Lautsprecherbox wird es „Farbunterschiede“ im Rauschen geben.

Konzentrieren Sie sich auf den Mittelhochtonbereich.  
Hier sind aufgrund der kleineren Wellenlängen die Unterschiede am größten.

Beim Hin- und Herschieben, bzw. Anwinkeln werden Sie bemerken, daß immer irgendwann in bestimmten Frequenzbereichen ein Schalldruckmaximum auftritt, das dann vor und hinter dem entsprechenden Lautsprecherstandpunkt wieder abnimmt.  
Weiterhin werden Sie feststellen müssen, daß schon 1 cm Standortverschiebung eine deutliche Klangänderung verursachen kann.

Auch durch leichtes Ankippen nach hinten kann eine Klangverschiebung erreicht werden.

Probieren Sie *alles* aus.

**Finden Sie den Punkt, bei dem Sie das Gefühl haben, daß der Hauptteil der Schallenergie in der Mitte zwischen den Lautsprechern am besten konzentriert ist.**

Das ist anfangs nicht einfach.

Hundertprozentig wird es nie gelingen, da Raumakustik und Abstrahlcharakteristik der meisten Lautsprecherboxen dies nicht zu lassen.

Seien Sie hartnäckig und halten durch! Es ist nicht einfach, aber erst danach haben Sie die Voraussetzung für eine optimale Hörposition erreicht.

Nun muß die gleiche Prozedur bei der anderen Lautsprecherbox ebenfalls angewendet werden.

Wenn Sie damit halbwegs erfolgreich fertig sind, sind auch die Lautsprecherboxen einigermassen korrekt für eine Stereowiedergabe positioniert.

◆ **Track 4:** *White Noise: L - R, (20 Hz - 20 kHz), korreliert* 5'00"

Manchmal ist es einfacher, nicht nach einem Maximum, sondern nach einem Minimum zu suchen.

Mit diesem Track kann man entweder einen Gegencheck zu dem Verfahren mit Track 3 machen, oder gleich das Verfahren von Track 3 insofern modifizieren, daß man nicht nach einem Schalldruckmaximum in der Basismitte, sondern nach einem Schalldruckminimum sucht.

Welches Verfahren letztendlich benutzt wird, hängt von der Lautsprechercharakteristik, vom Raum und auch von den persönlichen Hörgewohnheiten ab.

◆ **Track 5:** *Pink Noise: L + R, (20 Hz - 20 kHz), korreliert* 5'00"

Wenn Sie möchten und die Möglichkeit dazu haben, können Sie jetzt das Ergebnis mit einem Realtime-Analyser mit Oktav- oder Terzauflösung kontrollieren.

- ◆ **Track 6:** *White Noise: Stereo, (20 Hz - 20 kHz), unkorreliert* 3'00"
- ◆ **Track 7:** *Pink Noise: Stereo, (20 Hz - 20 kHz), unkorreliert* 3'00"

Der Vollständigkeit halber und für bestimmte Meß- und Testzwecke sind jeweils noch drei Minuten lange Beispiele für unkorreliertes Rauschen aufgeführt.

Sie können damit Frequenzgang von Raum und Lautsprecherboxen beurteilen, ohne daß es zu größeren Auslöschungen aufgrund von Positionsänderungen Ihrerseits oder der Lautsprecherboxen kommt.

- ◆ **Track 8:** *Orchester: L, R, L, R, L, R* 1'27"

Vorausgesetzt, Ihre beiden Lautsprecherboxen sind absolut identisch, können Sie mit diesem Track die Raumakustik links und rechts neben Ihren Lautsprecherboxen testen.

Der gleiche Signalinhalt wechselt sich links und recht insgesamt 3x ab.

Bei idealen Bedingungen müßte der Klangeindruck aus dem linken wie aus dem rechtem Kanal identisch sein.

Achten Sie auf:

- Lautstärkeunterschiede links und rechts
- Klangfarbenunterschiede
- Abstrahlcharakteristik:  
Löst sich der Klang vom Lautsprecher oder klebt er?

Sollte dies bei Ihnen nicht der Fall sein, so vertauschen Sie zunächst linke und rechte Box, d.h. linke Box an die Position der rechten und umgekehrt.



**Achtung:**

**Positionen auf Boden genau markieren!**

Jetzt gibt es verschiedene Möglichkeiten:

- **kein Unterschied gegenüber der Vertauschung:**  
Die Lautsprecherboxen scheinen identisch zu sein, das Problem liegt in einer Raumasymmetrie.  
Diese resultiert entweder aus unterschiedlichen Abständen zu den Wänden und/oder unterschiedlicher Bedämpfung an den Wänden.
  
- **die Unterschiede haben sich verstärkt oder verringert:**  
Die Lautsprecherboxen scheinen nicht identisch zu sein, zusätzlich gibt es noch ein Problem mit einer Raumasymmetrie (siehe auch vorherigen Punkt).  
Sie können jetzt zunächst versuchen, die Lautsprecherdiagnose-Tracks zu benutzen, um eventuellen internen Verpolungen der Lautsprecherchassis auf die Spur zu kommen.  
Kleineren Schallpegelabweichungen der Chassis können Sie allerdings hinreichend genau nur meßtechnisch auf die Spur kommen.  
Falls Sie in dieser Hinsicht nicht weiterkommen, müssen Sie die Lautsprecherboxen so positionieren, daß die Abweichung zwischen links und rechts am kleinsten ist. Unter Positionierung ist hierbei selbstverständlich nur das Vertauschen der linken und rechten Box gemeint.  
Die mit Hilfe von Track 3 oder 4 herausgefundene Position der Lautsprecherboxen sollte in jedem Fall beibehalten werden.
  
- **die Unterschiede haben sich aufgehoben, d.h. kein Unterschied mehr zwischen links und rechts:**  
  
Seien Sie froh. Dieses Problem haben Sie erledigt. Markieren Sie die Lautsprecher entsprechend.

Meistens entstehen unterschiedliche Klangfärbungen, wenn eine Wandseite aus einer Fensterfront besteht. Das Klangbild auf dieser Seite wird dann heller und meistens auch lauter klingen.

Bei den Tracks mit Rauschsignalen wird dieser Punkt nicht so sehr auffallen, da sich in der Regel ein Energiegleichgewicht im Raum aufgrund von Signalfrequenz und -verlauf bildet.

◆ **Track 9:** *Orchester: L + R, L - R, L + R* 1'23"

Zur Kontrolle der bisherigen Justierarbeiten noch einmal das Orchester monaural mit wechselnder Phase.

Zeitlicher Ablauf:	
L+ R:	0'00"
L - R:	0'27"
L+ R:	0'54"

◆ **Track 10:** *Orchester - Stereo* 1'08"

Ist bis hierher alles in Ordnung, müßte sich eigentlich mit dem diesem Track ein ordentliches Stereobild aufbauen können.

Zur Kontrolle der Abbildungsschärfe und stabilen Ortung dienen die nächsten Tracks.

◆ **Track 11:** *White Noise Burst: - Stereo - (20 Hz – 20 kHz)* 1'27"

Bei diesem Track besteht das Signal aus einem White Noise - Signal, das jeweils 80 ms lang eingeschaltet wird; danach folgt eine Pause von 1 Sekunde.

In neun Schritten bewegt sich das Signal insgesamt vier Mal über die Stereobasis und wieder zurück.

Das Mittensignal wird durch einen zusätzlich überlagerten 1kHz-Sinus-Ton gekennzeichnet.

Die virtuellen Abstände zwischen den Signalen auf der Basis müssen immer gleich sein.

◆ **Track 12:** *White Noise Burst - L+R* 0'30"

Zur Kontrolle der virtuellen Mitte und eventuellen Reflexionen und Nachhalleffekten dient dieses Signal.

Der Burst muß exakt in der Mitte der Stereobasis ortbar sein.

Achten Sie auf Flatterechos und Nachhall.

Die folgenden Tracks dienen dem Aufspüren von Resonanzen.

### **V o r s i c h t !**

Die folgenden Signale sind knapp unter Volllaussteuerung (-0.5 dB) aufgezeichnet worden, um einen maximalen Störspannungsabstand zu gewährleisten.

Wenn Sie anfangs nichts hören, so liegt es daran, daß das Signal unterhalb der Grenzfrequenz Ihres Lautsprechers oder Raumes liegt.

Bei exzessivem Pegel können Ihre Lautsprecherboxen beschädigt werden. Drehen Sie den Lautstärkesteller anfangs nicht zu weit auf und beobachten Sie die Bewegungen der Tieftonmembran.

- ◆ **Track 13:** *Sinus - 20 Hz - L+R* 0'10"
- ◆ **Track 14:** *Sinus - 30 Hz - L+R* 0'10"
- ◆ **Track 15:** *Sinus - 40 Hz - L+R* 0'10"
- ◆ **Track 16:** *Sinus - 50 Hz - L+R* 0'10"
- ◆ **Track 17:** *Sinus - 60 Hz - L+R* 0'10"
- ◆ **Track 18:** *Sinus - 70 Hz - L+R* 0'10"
- ◆ **Track 19:** *Sinus - 80 Hz - L+R* 0'10"
- ◆ **Track 20:** *Sinus - 90 Hz - L+R* 0'10"
- ◆ **Track 21:** *Sinus - 100 Hz - L+R* 0'10"
- ◆ **Track 22:** *Sinus - 125 Hz - L+R* 0'10"
- ◆ **Track 23:** *Sinus - 150 Hz - L+R* 0'10"
- ◆ **Track 24:** *Sinus - 175 Hz - L+R* 0'10"
- ◆ **Track 25:** *Sinus - 200 Hz - L+R* 0'10"
- ◆ **Track 26:** *Sinus - 225 Hz - L+R* 0'10"
- ◆ **Track 27:** *Sinus - 250 Hz - L+R* 0'10"
- ◆ **Track 28:** *Sweep - Sinus - (250 - 20 Hz) - L+R* 0'15"

Die vorliegenden Sinussignale sind extrem sauber und störungsfrei; daher eignen sich diese besonders gut, um Raumresonanzen, Gehäuseresonanzen, Rackresonanzen usw. anzuregen.

Gleichzeitig lässt sich auch sehr gut die untere Grenzfrequenz Ihrer Anlage und Ihres Raumes eingrenzen.

20 Hz mit entsprechendem Pegel wird wohl kaum ein Lautsprecher ohne elektronische Unterstützung schaffen, aber 30 Hz sollten z.B. auch mit der TMR Standard ohne weiteres mit fühlbarem Druck (aber ohne direkten „Ton“) zu erreichen sein.

Wenn Ihr CD-Player dies zulässt, sollten Sie einzelne Tracks mit einer Wiederholfunktion (Repeat) wiedergeben.

Laufen Sie dann im Hörraum umher und beobachten, wie sich vertikal und horizontal Schalldruckmaxima und –minima an verschiedenen Orten im Hörraum ausbilden.

Diese werden durch Raumresonanzen erzeugt, deren Wert wiederum von den Raumabmessungen abhängt.



**Wählen Sie als endgültigen Standpunkt für Ihr Rack oder Ihren Analog-Plattenspieler einen Ort, wo sich möglichst bei vielen Frequenzen ein Schalldruckminimum zeigt.**

In durchschnittlichen Wohnräumen dürfte dies in ca. 0.35 – 1 m Abstand von den Wänden der Fall sein.

- ◆ **Track 29:** *Sinus - 30 Hz - Burst Links-Rechts (500 ms / 500 ms), L+R* 0'11"
- ◆ **Track 30:** *Sinus - 40 Hz - Burst Links-Rechts (500 ms / 500 ms), L+R* 0'11"
- ◆ **Track 31:** *Sinus - 50 Hz - Burst Links-Rechts (500 ms / 500 ms), L+R* 0'11"

Um einen gehörmäßigen Eindruck vom Einschwingverhalten der Tieftonlautsprecher zu gewinnen, können obige Signale benutzt werden.

Nach einer halben Sekunde wird jeweils auf den anderen Kanal umgeschaltet, um die Ausbildung von stehenden Wellen im Raum und damit eine Beeinflussung des Einschwingverhaltens durch den Raum möglichst zu verhindern.

Ein guter Impulstest für den Tieftöner ist auch der absolute Polaritätstest von Track 2.

- ◆ **Track 32:** *Sweep - Sinus – (20 Hz - 20 kHz), L+R* 0'18"

Dieses Signal kann benutzt werden, um Raumresonanzen und Kammfiltereffekte im Frequenzgang zu beurteilen.

Bei jeweils einer Dekade, also bei 100 Hz, 1 kHz und 10 kHz wird das Signal kurz unterbrochen.

- ◆ **Track 33:** *White Noise Burst 100ms – (20 Hz – 20 kHz), L+R* 0'03"
- ◆ **Track 34:** *White Noise Burst 100ms/1s – (20 Hz – 20 kHz), L+R* 1'08"

Zum Beurteilen der Nachhallzeit können diese Signale benutzt werden.

Track 33 dient als Signal für eine breitbandige Messung, während Track 34 zur gehörmäßigen Beurteilung der Nachhallzeit dienen kann.

- ◆ **Track 35:** *White Noise Burst 100ms/1s – (20 Hz – 1 kHz), L+R* 0'10"
- ◆ **Track 36:** *White Noise Burst 100ms/1s – (1 kHz – 10 kHz), L+R* 0'10"

Diese Signale sind frequenzbandmäßig begrenzt auf 20 Hz - 1 kHz, sowie 1 - 10 kHz.

So lassen sich die Nachhalleffekte frequenzmäßig etwas besser eingrenzen.

- ◆ **Track 37:** *Stimmen - Stereo - Ortung (Laufzeitstereo)* 0'16"
- ◆ **Track 38:** *Stimmen - Stereo - Ortung (Intensitätsstereo)* 0'16"

Diese Tracks sind eigentlich selbsterklärend.

Die Stimme befindet sich anfangs beim ersten Durchgang auf der Basisebene; jeweils beim zweiten Durchgang kommt noch Tiefenstaffelung hinzu.

Die Positionen der Stimme müssen einen Halbkreis nach hinten beschreiben.

- ◆ **Track 39:** *KlapKlap - Stereo - Links-Mitte-Rechts* 0'23"
- ◆ **Track 40:** *Stimmen - Stereo - Ortung (Laufzeitstereo)* 0'07"
- ◆ **Track 41:** *Stimmen - Stereo - Ortung (Laufzeitstereo):R verzögert 1-5 ms* 0'13"
- ◆ **Track 42:** *Stimmen - Stereo - Ortung (Laufzeitstereo):L verzögert 1-5 ms* 0'13"
- ◆ **Track 43:** *Stimmen - Stereo - Ortung (Laufzeitstereo):R1, R0.5, 0, L0.5, L1s* 0'13"

## Signale für Lautsprecherboxen-Diagnose

Diese Signale sind speziell für TMR-Lautsprecherboxen entwickelt worden.

Die Funktion der einzelnen Chassis kann damit kontrolliert werden, sowie die Phasenlage der jeweiligen Chassis vom rechten und linken Kanal.

Sie können also feststellen, ob beide Tief-, Mittel- oder Hochtöner jeweils gleichphasig laufen.

Dazu wurde entsprechend dem jeweiligen Übertragungsbereich ein Pink Noise - Signal entsprechend gefiltert und jeweils nach 10 s, bzw. 8 s invertiert.

Der zeitliche Ablauf für die folgenden:

L+ R:	0'00"	Signal auf beiden Kanälen gleichphasig
L - R:	0'10"	Signal auf beiden Kanälen gegenphasig
L+ R:	0'18"	Signal auf beiden Kanälen gleichphasig

### Signale für TMR Standard:

- ◆ **Track 44:** *Pink Noise - L+R – (20 - 90 Hz), für TT* 0'28"
- ◆ **Track 45:** *Pink Noise - L+R – (90 - 450 Hz), für TT* 0'28"
- ◆ **Track 46:** *Pink Noise - L+R – (450 - 4500 Hz), für MT* 0'28"
- ◆ **Track 47:** *Pink Noise - L+R – (4.5 - 20 kHz), für HT* 0'28"

### Signale für TMR 10:

- ◆ **Track 48:** *Pink Noise - L+R – (20 - 90 Hz), für TT* 0'28"
- ◆ **Track 49:** *Pink Noise - L+R – (90 - 3000 Hz), für MT* 0'28"
- ◆ **Track 50:** *Pink Noise - L+R – (3 - 20 kHz), für HT* 0'28"

### Signale für TMR 1:

- ◆ **Track 51:** *Pink Noise - L+R – (20 - 450 Hz), für TT* 0'28"
- ◆ **Track 52:** *Pink Noise - L+R – (450 - 4500 Hz), für MT* 0'28"
- ◆ **Track 53:** *Pink Noise - L+R – (4.5 - 20 kHz), für HT* 0'28"

### Signale für TMR 2:

- ◆ **Track 54:** *Pink Noise - L+R – (20 - 3000 Hz), für TT* 0'28"
- ◆ **Track 55:** *Pink Noise - L+R – (3 - 20 kHz), für HT* 0'28"

Es empfiehlt sich folgende Vorgehensweise:

1. Kontrolle der absoluten Phase und Phasengleichheit der Tieftöner mit Track 2
2. Je nach Lautsprechermodell entsprechende Tracks wählen und der Reihe nach anspielen.  
Jeder Bereich beginnt gleichphasig, wechselt nach 10 s in gegenphasig, um nach weiteren 8 s wieder gleichphasig zu werden.

Achten Sie auch auf störende Nebengeräusche wie Kratzen und Prasseln, bzw. gelegentlichen Aussetzern. Diese Geräusche deuten auf ein defektes Chassis hin.

Falls das Signal nicht aus der Mitte kommt, sondern entweder aus der Mitte verschoben oder nur von einer Seite, liegt ebenfalls ein Defekt oder sogar Totalausfall eines Chassis vor.

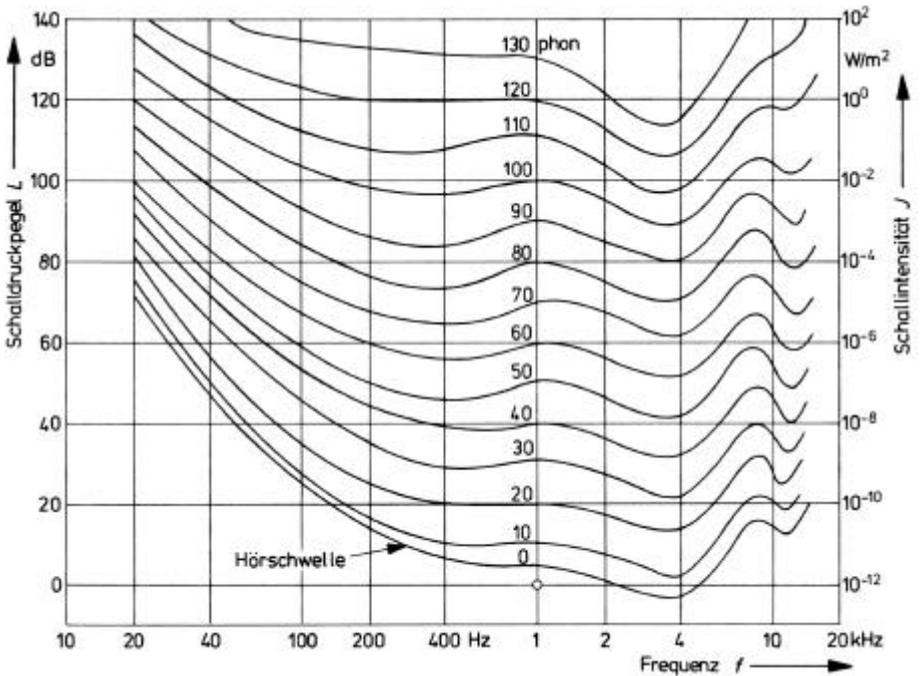
Defekte Chassis können übrigens auch leicht mit Track 32 festgestellt werden.

## Schalldruckmessungen

Die folgenden Signal sind für Frequenzgangmessungen mit Hilfe eines einfachen Schallpegelmessers (SPM) geeignet.

Für eine *gehörmäßige* Bewertung des Schalldruckverlaufs sind diese Signale nur bedingt geeignet, da der Höreindruck in hohem Maß vom absoluten Schalldruck abhängt.

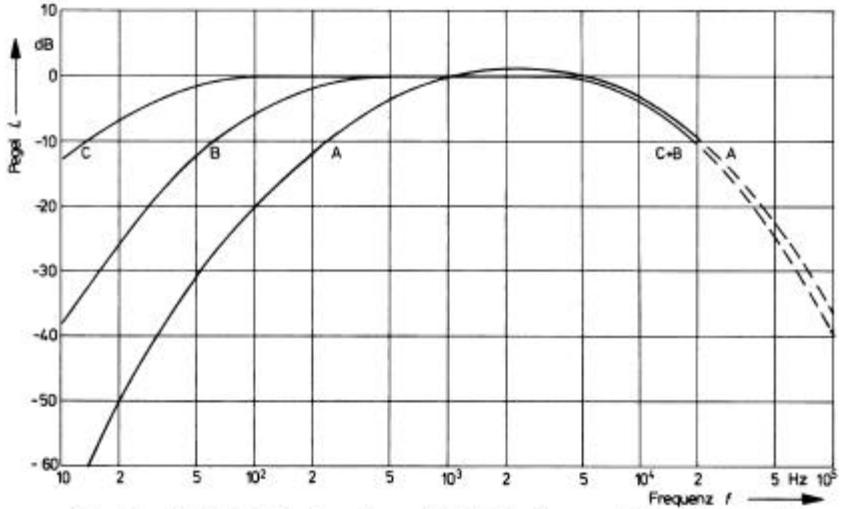
Die Empfindlichkeit des Ohres ist schalldruck- und frequenzabhängig (nachfolgendes Diagramm).



*Kurven gleicher Lautstärke, aufgenommen mit Sinustönen*

Beim Umgang mit einfachen SPM ist ferner zu beachten, daß diese meistens über fest eingebaute umschaltbare Bewertungfilter (C,A,B) verfügen.

Der Frequenzgang der Anzeige ist dadurch nicht mehr linear, sondern entsprechend dem eingeschleiften Filter verformt (nachfolgendes Diagramm).



*International festgelegte Bewertungskurven für Schallpegelmesser mit den Bewertungsfiltren A, B und C gemäß IEC*

Falls eine Stellung „unbewertet“ beim SPM nicht vorhanden ist, sollten u.U. Korrekturwerte zu den einzelnen Meßwerten addiert werden, um die Filtereigenschaft auszugleichen und die Linearität wieder herzustellen (siehe auch Bemerkung weiter unten).

Vorzugsweise sollte daher immer in Stellung „C“ gemessen werden, da hier der Frequenzgang am wenigsten verbogen ist.  
Die fettgedruckten Zahlen in der Tabelle bezeichnen die Werte für die Oktavmessung.

Frequenz (Hz)	Korrekturwerte in dB für Bewertungskurve		
	A	B	C
20	50.5	24.2	6.2
<b>31.5</b>	<b>39.4</b>	<b>17.1</b>	<b>3.0</b>
40	34.6	14.2	2.0
50	30.2	11.6	1.3
<b>63</b>	<b>26.2</b>	<b>9.3</b>	<b>0.8</b>
80	22.5	7.4	0.5
100	19.1	5.6	0.3
<b>125</b>	<b>16.1</b>	<b>4.2</b>	<b>0.2</b>
160	13.4	3.0	0.1
200	10.9	2.0	0
<b>250</b>	<b>8.6</b>	<b>1.3</b>	<b>0</b>
315	6.6	0.8	0
400	4.8	0.5	0
<b>500</b>	<b>3.2</b>	<b>0.3</b>	<b>0</b>
630	1.9	0.1	0
800	0.8	0	0
<b>1 k</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
1.25 k	-0.6	0	0
1.6 k	-1.0	0	0.1
<b>2 k</b>	<b>-1.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>
2.5 k	-1.3	0.2	0.3
3.15 k	-1.2	0.4	0.5
<b>4 k</b>	<b>-1.0</b>	<b>0.7</b>	<b>0.8</b>
5 k	-0.5	2.2	1.3
6.3 k	0.1	1.9	2
<b>8 k</b>	<b>1.1</b>	<b>2.9</b>	<b>3</b>
10 k	2.5	4.3	4.4
12.5 k	4.3	6.1	6.2
<b>16 k</b>	<b>6.6</b>	<b>8.4</b>	<b>8.5</b>
20 k	9.3	11.1	11.2

Diese Korrekturwerte sollte man jedoch nicht zu genau nehmen. Sie stellen die Idealwerte der entsprechenden Bewertungsfilter dar und sind der Form halber aufgeführt (für den Fall, daß Sie einen hochgenauen SPM zur Verfügung haben).

Betrachtet man die Genauigkeitsklasse der vermutlich verwendeten SPM (siehe Tabelle), sind bei der Messung mit Bewertungsfilter „C“ die Korrekturwerte unterhalb von 10 kHz vernachlässigbar.

Genauigkeitsklasse	Zweck der Messung	Frequenzbereich	Maximalfehler <sup>1</sup>
0	Eichnormal	20 Hz - 20 kHz	±0.4 dB
1	genau	20 Hz - 12.5 kHz	±0.7 dB
2	allgemein	20 Hz - 8 kHz	±1.0 dB
3	orientierend	31.5 Hz – 8 kHz	±1.5 dB

Für die Schallpegelmessung mittels eines SPM empfiehlt sich folgende Vorgehensweise:

1. Legen Sie eine Fotokopie von S.33 mit dem Meßprotokoll bereit (und Bleistift bzw. Radiergummi)
  2. Justieren Sie die Lautstärke anhand des den entsprechenden (Oktav oder Terz) Tracks vorangestellten Kalibriersignals von 1 kHz so, daß der SPM in der gewählten Bereichsstellung genau 0 dB anzeigt
  3. Starten Sie die Messung und tragen die abgelesenen Werte in das Meßprotokoll ein
- Für den Fall, daß Sie mit den Tracks und den Eintragungen etwas durcheinander kommen, ist den Signalen bei 100 Hz, 1 kHz und 10 kHz jeweils zur Kontrolle ein kurzes 1 kHz-Sinussignal vorangestellt.

<sup>1</sup>: bei Referenzfrequenz und –pegel, die tatsächlich zulässigen Abweichungen sind an den Bereichsenden sehr viel größer.

Signale für Oktavmessung:

◆ <b>Track 58:</b>	Oktavrauschen Mittenfrequenz <b>1 kHz</b> Kalibriersignal	0'10"
◆ <b>Track 59:</b>	Oktavrauschen Mittenfrequenz <b>31.5 Hz</b>	0'10"
◆ <b>Track 60:</b>	Oktavrauschen Mittenfrequenz <b>63 Hz</b>	0'10"
◆ <b>Track 61:</b>	Oktavrauschen Mittenfrequenz <b>125 Hz</b>	0'10"
◆ <b>Track 62:</b>	Oktavrauschen Mittenfrequenz <b>250 Hz</b>	0'10"
◆ <b>Track 63:</b>	Oktavrauschen Mittenfrequenz <b>500 Hz</b>	0'10"
◆ <b>Track 64:</b>	Oktavrauschen Mittenfrequenz <b>1 kHz</b>	0'10"
◆ <b>Track 65:</b>	Oktavrauschen Mittenfrequenz <b>2 kHz</b>	0'10"
◆ <b>Track 66:</b>	Oktavrauschen Mittenfrequenz <b>4 kHz</b>	0'10"
◆ <b>Track 67:</b>	Oktavrauschen Mittenfrequenz <b>8 kHz</b>	0'10"
◆ <b>Track 68:</b>	Oktavrauschen Mittenfrequenz <b>16 kHz</b>	0'10"

Signale für Terzmessung:

◆ <b>Track 69:</b>	Terzrauschen Mittenfrequenz <b>1 kHz</b> Kalibriersignal	0'10"
◆ <b>Track 70:</b>	Terzrauschen Mittenfrequenz <b>20 Hz</b>	0'10"
◆ <b>Track 71:</b>	Terzrauschen Mittenfrequenz <b>25 Hz</b>	0'10"
◆ <b>Track 72:</b>	Terzrauschen Mittenfrequenz <b>31.5 Hz</b>	0'10"
◆ <b>Track 73:</b>	Terzrauschen Mittenfrequenz <b>40 Hz</b>	0'10"
◆ <b>Track 74:</b>	Terzrauschen Mittenfrequenz <b>50 Hz</b>	0'10"
◆ <b>Track 75:</b>	Terzrauschen Mittenfrequenz <b>63 Hz</b>	0'10"
◆ <b>Track 76:</b>	Terzrauschen Mittenfrequenz <b>80 Hz</b>	0'10"
◆ <b>Track 77:</b>	Terzrauschen Mittenfrequenz <b>100 Hz</b>	0'10"
◆ <b>Track 78:</b>	Terzrauschen Mittenfrequenz <b>125 Hz</b>	0'10"
◆ <b>Track 79:</b>	Terzrauschen Mittenfrequenz <b>160 Hz</b>	0'10"
◆ <b>Track 80:</b>	Terzrauschen Mittenfrequenz <b>200 Hz</b>	0'10"
◆ <b>Track 81:</b>	Terzrauschen Mittenfrequenz <b>250 Hz</b>	0'10"
◆ <b>Track 82:</b>	Terzrauschen Mittenfrequenz <b>315 Hz</b>	0'10"
◆ <b>Track 83:</b>	Terzrauschen Mittenfrequenz <b>400 Hz</b>	0'10"
◆ <b>Track 84:</b>	Terzrauschen Mittenfrequenz <b>500 Hz</b>	0'10"
◆ <b>Track 85:</b>	Terzrauschen Mittenfrequenz <b>630 Hz</b>	0'10"
◆ <b>Track 86:</b>	Terzrauschen Mittenfrequenz <b>800 Hz</b>	0'10"
◆ <b>Track 87:</b>	Terzrauschen Mittenfrequenz <b>1 kHz</b>	0'10"
◆ <b>Track 88:</b>	Terzrauschen Mittenfrequenz <b>1.25 kHz</b>	0'10"
◆ <b>Track 89:</b>	Terzrauschen Mittenfrequenz <b>1.6 kHz</b>	0'10"
◆ <b>Track 90:</b>	Terzrauschen Mittenfrequenz <b>2 kHz</b>	0'10"
◆ <b>Track 91:</b>	Terzrauschen Mittenfrequenz <b>2.5 kHz</b>	0'10"
◆ <b>Track 92:</b>	Terzrauschen Mittenfrequenz <b>3.15 kHz</b>	0'10"
◆ <b>Track 93:</b>	Terzrauschen Mittenfrequenz <b>4 kHz</b>	0'10"
◆ <b>Track 94:</b>	Terzrauschen Mittenfrequenz <b>5 kHz</b>	0'10"
◆ <b>Track 95:</b>	Terzrauschen Mittenfrequenz <b>6.3 kHz</b>	0'10"
◆ <b>Track 96:</b>	Terzrauschen Mittenfrequenz <b>8 kHz</b>	0'10"
◆ <b>Track 97:</b>	Terzrauschen Mittenfrequenz <b>10 kHz</b>	0'10"
◆ <b>Track 98:</b>	Terzrauschen Mittenfrequenz <b>12.5 kHz</b>	0'10"
◆ <b>Track 99:</b>	Terzrauschen Mittenfrequenz <b>16 kHz</b>	0'10"
◆ <b>Track 100:</b>	Terzrauschen Mittenfrequenz <b>20 kHz</b>	0'10"

BP	↑	Hz	↓	8	7	6	5	4	3	2	1	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	
20 k																					
16 k																					
12.5 k																					
10 k																					
8 k																					
6.3 k																					
5 k																					
4 k																					
3.15 k																					
2.5 k																					
2 k																					
1.6 k																					
1.25 k																					
1 k																					
800																					
630																					
500																					
400																					
315																					
250																					
200																					
160																					
125																					
100																					
80																					
63																					
50																					
40																					
31.5																					
20																					