

Phase-Lifting



Zeitkorrektur bei Nahfeldmonitoren am Beispiel NS-10

Andreas Friesecke

Unter den vielfältigen Nahfeld-Monitoren für Studioanwendungen ist die NS-10M von Yamaha inzwischen am meisten verbreitet. Durch ihren charakteristischen Klang und günstigen Preis hat sie in fast allen Studios einen festen Platz als kleiner Abhörlautsprecher gefunden. Doch vermißt man, wie bei den meisten Monitoren, eine gut ausgeprägte Tiefenstaffelung. Durch Nachrüsten der Box mit dem "TIME ALIGNMENT RING" ist es jetzt möglich, der NS-10M mit geringem Aufwand eine sehr gute Tiefenstaffelung und größere Ortungsschärfe zu verleihen.

Bei der Entwicklung von Lautsprechern wird man immer wieder mit den Problemen der Schallwandler konfrontiert: Baßlautsprecher müssen relativ groß sein, um tieffrequente und hohe Schalldrücke wiedergeben zu können. Dabei erzeugt die Membran jedoch zu höheren Frequenzen hin Partialschwingungen, die Kammfiltereffekte im Abstrahlverhalten und somit unkorrigierbare Frequenzgangfehler zur Folge haben. Hochtonchassis bieten in der Regel auch bis zu höchsten Frequenzen hin einen linearen Frequenzgang - bei gleichzeitiger Erhaltung der punktförmigen Schallquelle - können aber nicht genügend Luftvolumen verschieben, um tiefe Frequenzen laut genug abzustrahlen.

Trotz verschiedener mehr oder weniger sinnvoller Versuche, Einwegesysteme breitbandig aufzubauen, sind die eigentlich praktikablen und seitens der Kosten vertretbaren Lösungen doch die Mehrwegesysteme. Hierbei teilt eine Frequenzweiche z. B. bei einer Zweibeigebox das komplexe Musiksignal in hoch- und tieffrequente Anteile und führt diese dann den einzelnen Systemen zu. Für den Hörer soll das zerlegt abgestrahlte Signal an der Abhörposition wieder zu dem ursprünglichen komplexen Signal zusammengesetzt werden.

In den meisten Fällen hat das Signal an der Abhörposition zwar die gleiche frequenzbezogene Energieverteilung wie das Originalsignal (= linearer Frequenzgang), bei Pegelsprüngen oder komplexen Signalen jedoch entsteht an der Abhörposition meist ein stark verfremdetes, fast nicht wieder zu erkennendes Signal (s. Abb. 1a & b).

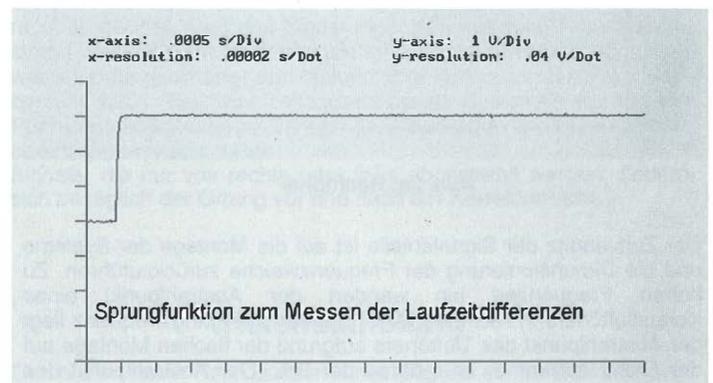


Abb. 1a: Originalsignal

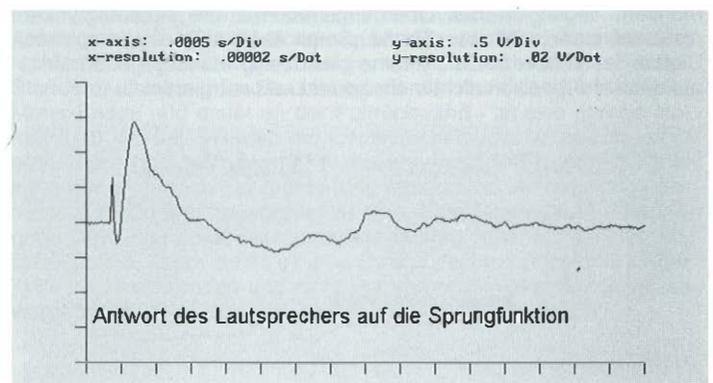


Abb. 1b: Signal an der Abhörposition bei einem 2-Wege Lautsprecher

Dies beruht auf den unterschiedlichen Trägheiten der einzelnen Systeme und der Positionierung der Systeme auf der Boxenfront. Durch falsche Positionierung und Phasenverschiebungen in der Frequenzweiche treffen die Signalanteile der einzelnen Lautsprecher nacheinander an der Abhörposition ein. "Wir erhalten gleichsam nicht etwa eine feine Tasse Kaffee serviert, sondern erhalten den Zucker, die Sahne, das heiße Wasser und den Kaffee-Extrakt hintereinander geliefert. Es stellt sich die Frage, wie schnell nacheinander die Ingredienzien im Mund eintreffen müssen, bis wir sagen können, es sei wirklich Kaffee" (VDT 1993 Paul Zwicky, S 662).

Die Erkennung eines komplexen Signals wird vom Gehirn wesentlich durch den Einschwingvorgang bestimmt. Viele natürliche Instrumente können nicht mehr wiedererkannt werden, wenn man den Einschwingvorgang wegschneidet oder in der Phase verändert. Ist das Signal jedoch erst einmal eingeschwingen, dann reagiert das Ohr nicht mehr empfindlich auf Phasenänderungen.

Zum Messen wurde ein Pegelsprung verwendet, der einen äußerst komplexen, "schwierigen" Einschwingvorgang darstellt. Nur ein Einwegesystem mit absolut linearem Frequenzgang wäre in der Lage, diesen Pegelsprung korrekt wiederzugeben.

Wie man in Abb. 1b erkennen kann, wird bei einem Zweiwegesystem der Pegelsprung eigentlich zweimal und zwar zeitversetzt abgestrahlt. Die erste kleine Spitze ist der Teil des Signales, der vom Hochtöner wiedergegeben wird, die große Flanke stellt den Signalanteil vom Tieftöner dar. Zur Verdeutlichung sind in Abb. 2a & 2b die Signalanteile der einzelnen Systeme in Beziehung zum Gesamtsignal aufgezeigt.

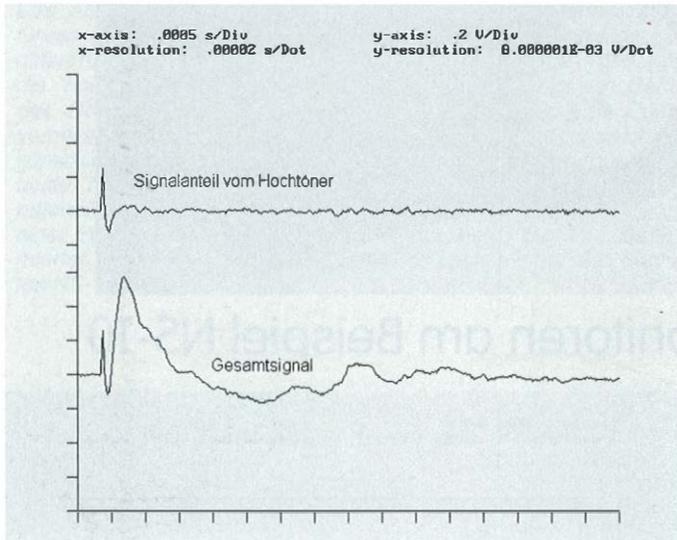


Abb. 2a: Hochtöner

Der Zeitversatz der Signalanteile ist auf die Montage der Systeme und die Dimensionierung der Frequenzweiche zurückzuführen. Zu hohen Frequenzen hin wandert der Abstrahlpunkt eines Konustieftöners in Richtung Mitte. Bei der Übergangsfrequenz liegt der Abstrahlpunkt des Tieftöners aufgrund der flachen Montage auf der Front fast immer im Inneren der Box. Der Abstrahlpunkt des Hochtöners wandert auch mit der Frequenz, verändert sich aber durch die geringen Abmessungen dieses Systems nur unwesentlich. Ist das Hochtönerchassis ebenfalls plan auf der Schallwand montiert, liegen an der Übergangsfrequenz die Abstrahlpunkte nicht auf einer zeitlichen Ebene. Somit kann sich ein komplexes Signal, das ja über beide Systeme gleichzeitig wiedergegeben wird, auf der Abhörposition nicht mehr korrekt rekonstruieren.

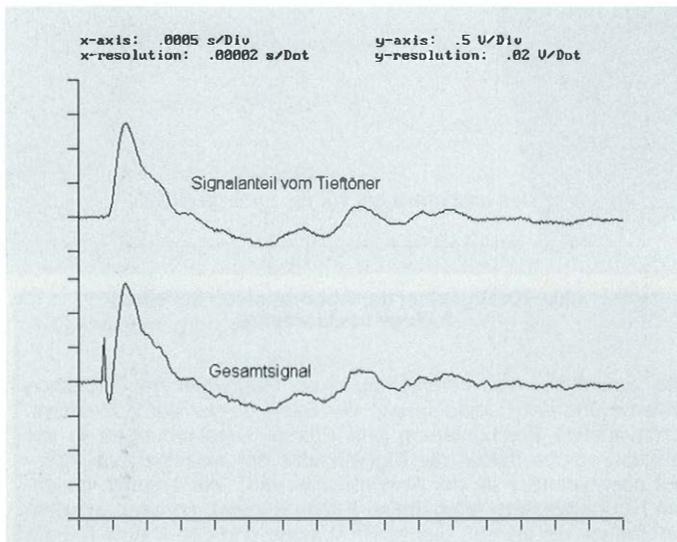


Abb. 2b: Tieftöner

Eine zusätzliche zeitliche Versetzung kann durch Phasenverschiebungen in der Frequenzweiche auftreten. Bei ordnungsgemäßer Phasenlage treffen sich die Hoch- und Tiefpassfilter jeweils an ihrem -3 dB Punkt. Dort weisen beide Filter - sind sie zweiter Ordnung - eine Phasenverschiebung von 90° auf. Die Gesamtphase des Systems würde nun ohne Sprung verlaufen. Dummerweise hat diese Dimensionierung eine Pegelüberhöhung im Übergangsbereich um bis zu 3 dB zur Folge (Abb. 3a und 3b).

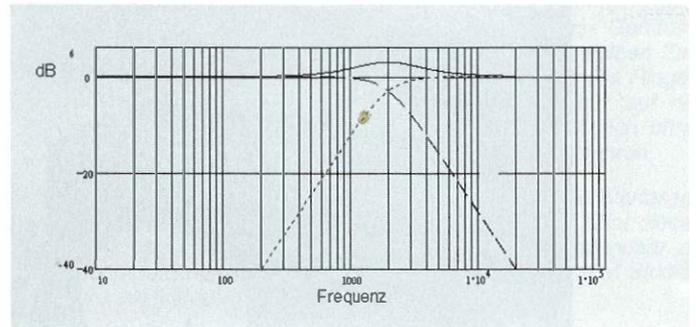


Abb. 3a: Frequenzgang

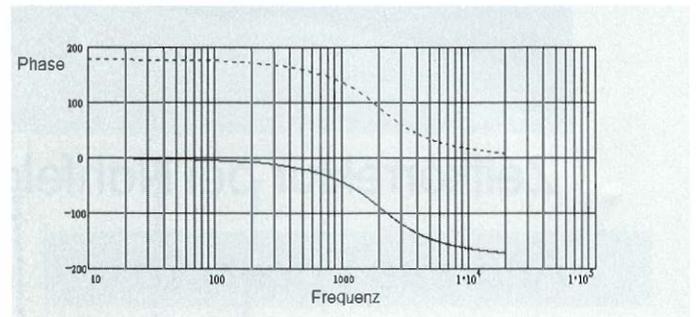


Abb. 3b: Phasengang

Eine relativ einfache Lösung, um dieser Überhöhung zu entgehen, ist, die Filter so zu wählen, daß sie sich ca. an den -6 dB Punkten treffen. Jetzt stimmt der Frequenzgang. An der Übergangsfrequenz ist nun allerdings ein Phasenfehler zu verzeichnen, der den o. g. Versatz hervorruft (Abb. 4a und 4b).

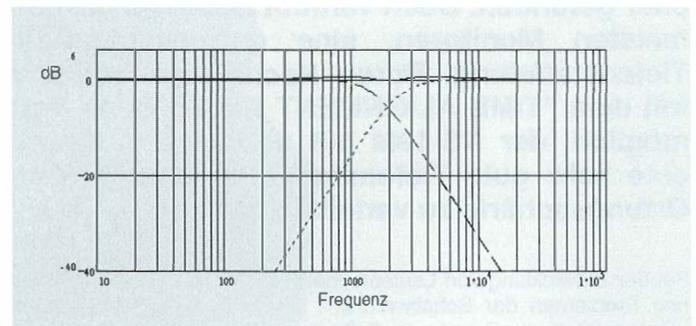


Abb. 4a: Frequenzgang

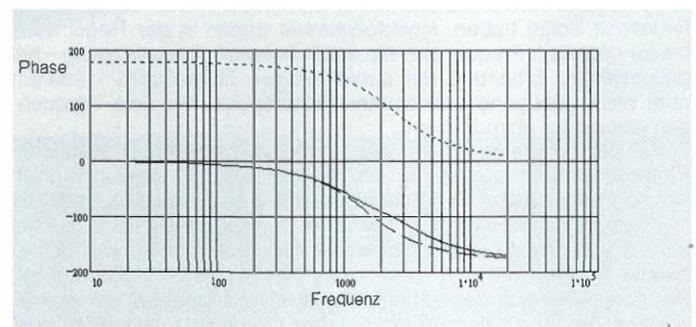


Abb. 4b: Phasengang

Damit sich ein Pegelsprung auf der Abhörposition korrekt zusammensetzt, müssen dessen sämtliche Signalanteile von den einzelnen Lautsprechersystemen genau zeitgleich abgestrahlt werden. Bei der herkömmlichen Konstruktionsweise von Mehrwegboxen ist dies leider nicht der Fall. Die **Abb. 5a und 5b** zeigen ein Rechtecksignal (komplex), das in Abb. 5a über die herkömmlichen NS-10M Boxen, in Abb. 5b über die zeitlich korrigierten Boxen wiedergegeben wird. Der Unterschied wird sofort deutlich: Die zeitlich versetzte Wiedergabe in Abb. 5a führt zu einer Verzerrung des Signales am Abhörpunkt.

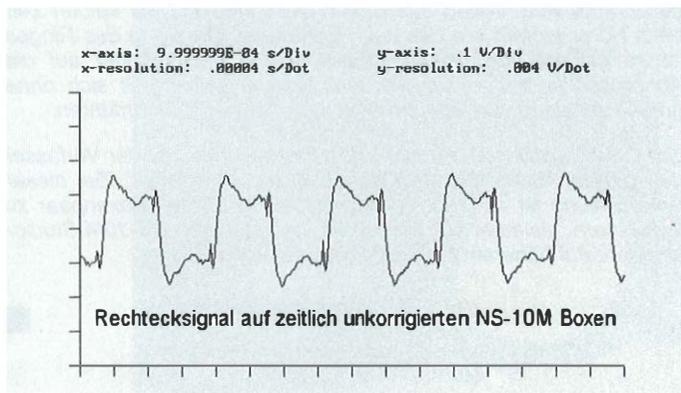


Abb. 5a:

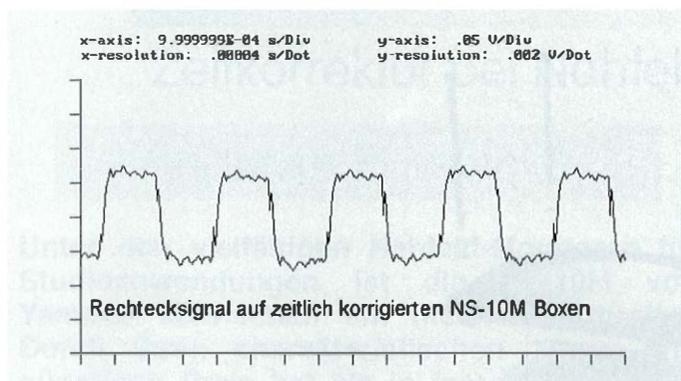


Abb. 5b:

Leider legen nur wenige Hersteller Wert auf die korrekte zeitliche Anordnung ihrer Lautsprechersysteme, sondern plazieren sie einfach auf einer Ebene. Zeitlich korrekt konstruierte Boxen erkennt man meistens schon von außen: Der Tieftöner steht vor, oder die Hochtöner sind in der Front vertieft eingebaut. Aktive Monitore haben die Möglichkeit, einzelne Systeme elektronisch mit Allpassfiltern zu verzögern und somit eine zeitliche Angleichung durchzuführen, ohne daß es von außen ersichtlich ist. Der Unterschied zwischen zeitlich korrekt angeordneten Systemen und zeitlich nicht korrekter Systemanordnung ist auch für ungeschulte Ohren deutlich hörbar. Deshalb galt es herauszufinden, wie man existierende Boxen umbauen kann, um alle Vorteile, die die korrekte Anordnung mit sich bringt, ohne Nachteile nutzen zu können. Da die NS-10M in nahezu jedem Studio zu finden sind, wurde nach genauen Berechnungen und Versuchen ein spezieller Umbausatz für diese Boxen entwickelt. Natürlich ist es auch möglich, auf die gleiche Art andere Boxen zu verbessern.

Die Vorteile, die eine Lautsprecherbox mit zeitlich korrekt angeordneten Systemen hat, sollen nun kurz erläutert werden.

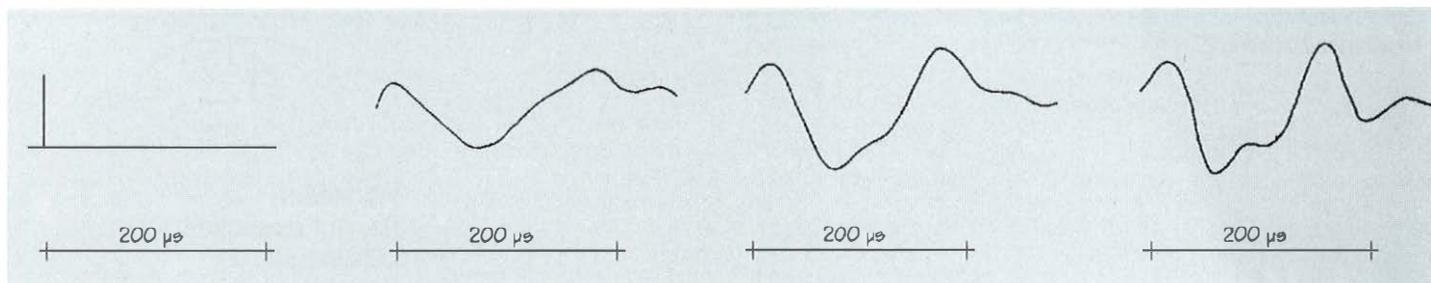


Abb. 6a: Testsignal

Abb. 6b: Schalleinfall aus 0°

Abb. 6c: Schalleinfall aus 45°

Abb. 6d: Schalleinfall aus 90°

Ortung

Bedingt durch den anatomischen Aufbau des Ohrs, wird die Richtungsinformation einer Schallquelle unter anderem durch früheste Reflexionen der Ohrmuschel gewonnen. Diese Reflexionen bewegen sich im Bereich zwischen 100 und 300 µsec nach Eintreffen des Direktsignals. Abhängig vom Pegel dieser Reflexionen kann das Gehirn vorne, seitlich und hinten unterscheiden. Kommt das Schallereignis von der Seite, also von 90°, dann ist diese Reflexion am stärksten (**Abb. 6b, c und d**). (Siehe unten)

Die in Abb. 2a und b dargestellten Zeitverschiebungen der Lautsprechersysteme liegen genau in diesem Bereich der Ohrmuschelreflexionen (100 - 300 µsec. = 3,4 - 10 cm). Die vorher gezeigte Abb. 1b der nicht zeitangeglichenen NS-10M verdeutlicht, daß die Box selbst bereits ein Signal abstrahlt, das vom Gehirn eher in Richtung 90° vermutet wird und nicht aus 30° (bei einer korrekten Aufstellung der Lautsprecherboxen sollten diese im 30° Winkel rechts und links vom Hörer stehen - also mit dem Hörer ein gleichseitiges Dreieck bilden). Durch das Impulsverhalten der Box entsteht nun eine ungewollte Überhöhung der Stereobasisbreite.

Dies bewirkt für den Zuhörer, daß Phantomschallquellen nicht punktgenau geortet werden können. Das heißt, ein Monosignal, das genau aus der Mitte zwischen den Boxen geortet werden soll, variiert in den Ausmaßen seiner Phantomschallquelle: im Bereich der Übergangsfrequenz wird die Phantomschallquelle am breitesten. Bei aufmerksamem Zuhören wird man feststellen, daß das Monosignal nicht nur aus der Mitte kommt, sondern eigentlich von zwei Lautsprechern abgestrahlt wird, die rechts und links stehen und deren Positionen auch zu orten sind.

Sind die Systeme der Box zeitlich korrekt angeordnet, so wird ein Monosignal über den gesamten Frequenzbereich mit gleichbleibenden Ausmaßen seiner Phantomschallquelle genau aus der Stereomitte geortet. Daß das Signal eigentlich aus zwei Boxen abgestrahlt wird, ist nicht mehr bewußt zu hören. Phantomschallquellen werden ortungsschärfer und bleiben über den gesamten Frequenzbereich stabil. Bei nicht zeitangeglichenen Systemen werden die Phantomschallquellen im Bereich der Übertragungsfrequenz breiter oder wandern nach außen.

Signale, die nur von rechts oder links abgestrahlt werden, ändern sich bezüglich der Ortung vor und nach der Korrektur nicht.

Tiefenstaffelung

Durch die exakte Reproduktion eines Signals auf zeitlich korrigierten Boxen werden auch die ersten Reflexionen eines Raumes korrekt wiedergegeben. Dadurch läßt sich eine Schallquelle sehr gut in der Position im Raum beurteilen. Dies betrifft nicht nur das Panorama (siehe Ortung) sondern auch die Tiefenstaffelung.

Auf "normalen" NS-10M Boxen spielt sich der Mix zwischen dem rechten und linken Lautsprecher wie auf einer Leinwand ab. Bei der Standardaufstellung im Studio beginnt die räumliche Tiefe an der Meter-Bridge und endet an der Pultrückwand - ist also gerade einmal 5-10 cm tief. Werden die Lautsprechersysteme zeitlich korrigiert angeordnet, so gewinnt der Mix enorm an Tiefe. Jedem Signal kann nun zusätzlich zur rechts-links Information ein definierter Abstand zum Zuhörer zugeordnet werden. Eine Snare-Drum (Wiedergabe stets über beide Lautsprechersysteme), in einem künstlichen, mittelgroßen Raum scheint nun während der Ausklingphase in der Tiefe zu verschwinden und nicht wie vorher punktförmig kleiner zu werden.

Eine Musikstudentin, die zufällig zu den Hörversuchen dazukam, bemerkte auf einmal räumliche Tiefe (nachdem die Lautsprecher zeitlich korrigiert worden waren), obwohl sie nicht wußte, worauf die Versuche eigentlich abzielten.

"Wer komprimiert, verschenkt räumliche Tiefe": die Dynamik eines Signals trägt also wesentlich zu seiner Tiefenortung bei. Die ersten Reflexionen sollten nicht nur impulsartig, sondern auch im Pegel stimmen, damit eine Signalposition richtig geortet wird. Ein Kompressor sollte möglichst so eingesetzt werden, daß man ihn nicht bewußt wahrnehmen kann. Neben der Möglichkeit, ihn "pumpen" zu hören, kann man über die Tiefenortung, die man nach dem Umbau der NS-10M Boxen erst erhält, ein zu stark komprimiertes Signal in der Tiefe wandern hören.

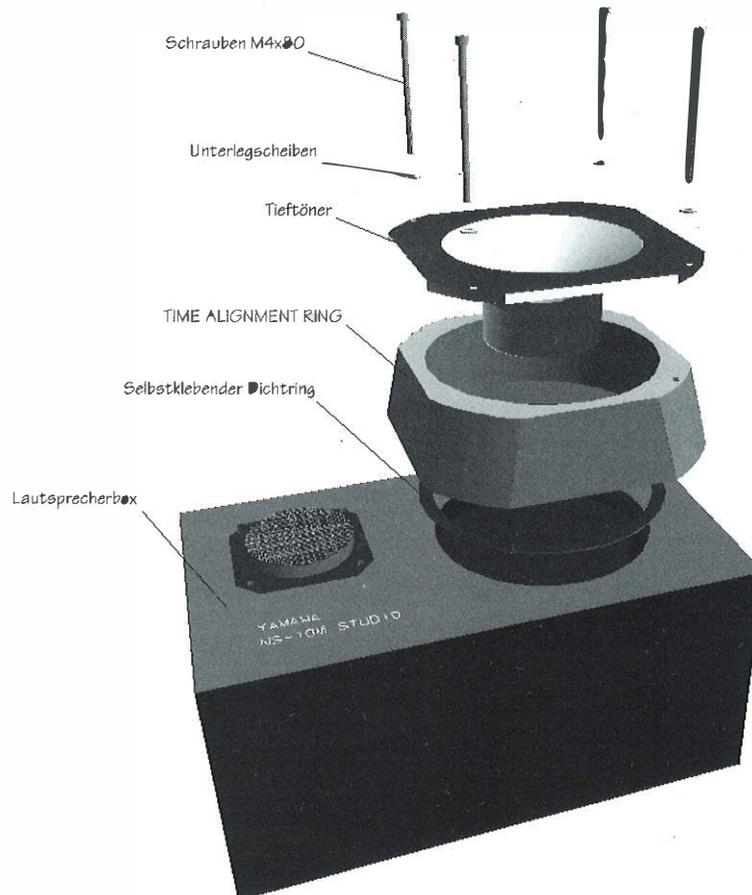
Zusammenfassung

Das Abhören auf zeitlich korrigierten NS-10M Boxen ist für die Ohren eine spürbare Entspannung. Ein Mix wird sowohl deutlich differenzierter als auch viel transparenter. Wechselt man wieder auf die "normalen" NS-10M Boxen, so stellt sich anfangs ein Gefühl des Drucks auf den Ohren ein. Neben der besseren Ortung verbessert sich die Tiefenstaffelung extrem. Dadurch lassen sich künstliche und natürliche Räume hervorragend beurteilen. Die beste Tiefenstaffelung erhält man bei einer dynamikreichen Aufnahme. Man hört sofort ein zu stark komprimiertes Signal anhand einer Wanderung der Schallquelle in der Tiefe. Ein sehr komprimierter Mix klingt nach wie vor genau so flach wie auf den normalen NS-10M Boxen.

Der Frequenzgang ändert sich durch den Umbau nur unwesentlich und liegt innerhalb des Toleranzbereiches dieser Lautsprecher. Die Kompatibilität mit anderen, nicht modifizierten NS-10M Boxen ist frequenzgangmäßig nach wie vor voll gegeben. Eine Eingewöhnungsphase für den Benutzer ist nicht erforderlich, da der Klangcharakter der Box nicht verändert wird.

Der Umbausatz der Box, der anhand der oben erläuterten Messungen entwickelt wurde, besteht aus einem computerberechneten, resonanzarmen, mattschwarzen Kunststoffspritzguß-Distanzring, der zwischen den Tieftöner und das Gehäuse geschraubt wird, sodaß das Signal des Tieftöners zur selben Zeit beim Hörer eintrifft wie das des Hochtöners. Die Form des Ringes ist so gewählt, daß keine Reflexionen vom Hochtöner auf die Abhörposition treffen können. Der Umbau selbst läßt sich ohne großen Aufwand von jedermann in ca. 10 Minuten durchführen.

Um die Abhörqualität der NS-10M zu optimieren, hat der Verfasser den größten Schwachpunkt dieses Systems beseitigt. Ziel dieser Entwicklung ist es jedoch nicht, nur ein einzelnes Boxenpaar zu verbessern, vielmehr soll der bereits bestehenden NS-10M Studio-standard auf höherem Niveau fortgesetzt werden.



Überreicht durch:



Hersteller:
Fa. A. Friesecke
Lilienstraße 21
85521 Ottobrunn
Tel.: 0045 / 405 / 42 42 8 (D-Netz)
Fax: 089 / 606 11 14