

Zur Entwicklung der TMR 100

Nach über neunzig Jahren kontinuierlicher Entwicklung des Lautsprecher stellt sich jedem heutigen Entwickler mit hohem Anspruch irgendwann die Frage, welche Verbesserungen wirklich heutzutage noch möglich sind und wo tatsächlich echte Ansatzpunkte zur Weiterentwicklung der Musikwiedergabe im Wohnraum seitens der Lautsprecher-technik noch vorhanden sind.

Ein Überblick über das derzeitige Marktangebot und seine Neuigkeiten zeigt schnell, daß seitens der einschlägigen Industrie in der Hauptsache **exotische Membranmaterialien** und **ausgefallene Gehäuseformen** als moderne Weiterentwicklungen dem interessierten Musikliebhaber angeboten werden.

Beide „Features“ schaffen allerdings in der Regel mindestens genauso viele neue Probleme, wie sie alte Probleme zu lösen vorgeben.

Exotische Membranmaterialien unterliegen, wie so vieles im Hifi-Bereich, saisonmässig wechselnden Moden.

Mittlerweile gibt es wohl kein denkbare formbares Material, das nicht schon in irgendeiner Form als Membranmaterial zumindest versuchsweise benutzt worden ist.

Dabei wird auch nicht beispielsweise vor seltenen Leichtmetallen, Edelmetallen (Gold), Keramik, Chitin und Diamanten halt gemacht.

In der Hauptsache wird auf die Steifigkeit der Membran geachtet; das daraus resultierende ungünstige Resonanzverhalten am oberen Übertragungsbereichsende verspricht man sich mit Hilfe steifflankiger Frequenzweichen zu vermeiden.

Das dies ein Trugschluss ist, hat sich allerdings mittlerweile schon herumgesprochen.

Die entsprechenden Resonanzen können z.B. durch Summenfrequenzen, deren Komponenten innerhalb des Übertragungsbereiches angesiedelt sind, problemlos angeregt werden.

Interessanterweise wird daher bei wirklich hochwertigen Lautsprechern immer wieder, zumindest wenn Breitbandigkeit und ein ausgewogenes Verhältnis aller anderen klangrelevanten Parameter gefordert ist, auf Zellulosemembranen in ihren vielfältigen Anwendungs- und Ausführungsformen zurückgegriffen.

Das hat natürlich seinen Grund.

Bei kaum einem anderen Material lassen sich bestimmte Parameter auch nach der Rohfertigung individuell einstellen, bzw. auf der Membran bestimmte Dämpfungswerte und Eigenschaften an definierten Orten der Membran festlegen.

Zu den verwendeten **Gehäuseformen** lässt sich bemerken, daß diese heute fast immer einen Kompromiss zwischen akustischen und ästhetischen Anforderungen darstellen.

Lautsprecherboxen werden in der Regel als Möbelstück betrachtet, die sich den Vorstellungen der jeweiligen (Mit)Bewohner des Hörraumes unterzuordnen haben.

Nicht immer werden dabei die akustischen Anforderungen in angemessener Weise berücksichtigt, sondern müssen sich zum Teil den herrschenden Modetrends mehr als deutlich unterordnen.

Beide oben angeführten Konstruktionsmerkmale haben daher in der Vergangenheit nicht grundsätzlich zu einer deutlichen Verbesserung der allgemeinen Wiedergabegüte der Lautsprecherboxen geführt, sondern nur zu Variationen eines Themas.

Membranmaterial und Gehäuseform sind fast ausschließlich Modeerscheinungen, die darüber augen- und ohrenscheinlich hinwegtäuschen, dass sich im Grunde genommen zumindest in den letzten zwanzig Jahren sich bei der Lautsprecherwiedergabe qualitativ nur sehr wenig geändert hat.

Ziel der TMR Elektronik GmbH war daher die Entwicklung einer Lautsprecherbox, die unabhängig von herrschenden Modetrends und Pseudo-Features die Musikwiedergabe in den wirklich entscheidenden Parametern ein kleines Stück weiterbringt.

Nach (nicht nur) unserer Auffassung sind die limitierenden Faktoren bei üblichen Lautsprecherboxen das **Dynamik-, Impuls- und Klirrvverhalten**.

Ursache ist fast immer das Verlassen eines genau definierten linearen Bereichs, sei es Magnetfeld, Schwingspulenwiderstand oder Federweg der Membraneinspannung.

Ein Ansatz für eine Verbesserung könnte daher in der radikalen Ausweitung des möglichen Arbeitsbereiches liegen – durch Überdimensionierung.

Alle anderen Komponenten innerhalb einer Musikwiedergabekette liegen in den genannten Bereichen zumindest messtechnisch qualitativ weit über den Lautsprecherboxen (abgesehen natürlich von analogen Tonabnehmern für die Wiedergabe von Vinyl-Schallplatten).

Überschaut man die Vielzahl der Konstruktionsprinzipien im Lautsprecherbereich, so fällt auf, dass einige Prinzipien in Teilaspekten bestimmte klangliche Vorteile gegenüber anderen Prinzipien haben.

So waren zum Beispiel Hornkonstruktionen bei der Wiedergabe von (grob)dynamischen Signalen gegenüber z. B. Flächenstrahlern oder üblichen elektrodynamischen Chassis klar im Vorteil, während z. B. Homogenität des Klangbildes und Verfärbungsfreiheit eher Domänen der konkurrierenden Prinzipien waren.

Auf der anderen Seite sind **Dynamik** und **Impulsverhalten** gerade die Parameter, die letztendlich eine Heimwiedergabe von einer Live-Darbietung trennen.



TMR 100: Frontseite ohne Bespannung

Was bewirkt denn nun das gute Dynamikverhalten bei Hornkonstruktionen?

Letztendlich ist es der erhöhte Wirkungsgrad aufgrund der besseren Anpassung der Strahlungsimpedanz des Lautsprechers an den Raum.

Schon sehr früh wurden und werden vielfach heute noch daher hochwirkungsgradstarke Breitbandlautsprecher aufgrund ihres hervorragenden Impulsverhalten selbst bei Inkaufnahme einiger Verfärbungen sowie Einschränkungen in der Bandbreite von vielen Musikliebhabern hochgeschätzt.

Die TMR 100

Seit den frühen ersten Ankündigungen und Abbildungen 2003 auf unserer Webseite (aus design-urheberrechtlichen Gründen) haben wir die TMR 100 in einem langwierigen Prozess serienreif entwickelt.

Ziel und Herausforderung war es, optimales Impulsverhalten, Bandbreite, Homogenität und Verfärbungsfreiheit in einen halbwegs bezahlbarem Konzept zu verwirklichen.

Halbwegs bezahlbar – das ist natürlich äußerst relativ. Gemeint ist hier eine preisliche Abstufung der Gehäuseausführungen nach Aufwand.

Um die Einstandskosten so gering wie möglich zu halten, wurde daher zunächst auf ein aufwendiges äußerliches Design verzichtet.

Es sind jedoch nach Vereinbarung **individuelle Ausführungen jeglicher Qualitätsstufe** möglich, die dann allerdings auch ihren Preis haben werden.

Aber zurück zur Technik.

Zwingende Voraussetzung für das geplante Projekt sollte eine Betriebsleistung von 100dB/m/2,83V über den gesamten Übertragungsbereich sein.

Der Name der TMR 100 war also Programm.

Ein hoher Wirkungsgrad erfordert zu allererst einmal Membranfläche. Das ist leichter gesagt als getan, sollen alle anderen klangrelevanten Parameter ebenfalls auf höchstem Niveau liegen.

Der Rohwirkungsgrad mußte sogar noch etwas höher als der Endwirkungsgrad werden, um noch eventuelle kleine unvermeidbare Verluste durch die Frequenzweiche ausgleichen zu können.

Alle verwendeten Membranen sind in ihrem verwendetem Übertragungsbereich äußerst resonanz- bzw. partialschwingungsarm und speziell für diesen Anwendungszweck hin optimiert.

Neben der großen Membranfläche sind natürlich auch sehr starke Antriebe nötig, die die Bewegungen der Membranen kontrollieren.

Auch diesbezüglich wurde das derzeit Machbare eingesetzt.

Tieftonbereich:

Das dies keine kleine und preiswerte Lautsprecherbox werden konnte, war nach den ersten Berechnungen klar. Schließlich wollten allein für den Tieftonbereich ca. 250 Liter Nettovolumen untergebracht werden.

Das Gehäuse ist in der Hauptsache aus Multiplex-Platten mit 28mm Stärke aufgebaut. Multiplexholz ist zwar sehr teuer und schlecht im Vergleich zu beispielsweise MDF zu verarbeiten, hat aber im von anderen in Frage kommenden Materialien die geringsten Schalldurchlässigkeit.

Für die TMR 100 kam nur eine kompromisslose Lösung in Frage.

So gibt es im Gehäuseinneren keine parallelen Wände. Die Positionen der notwendigen Versteifungen sind aufwendig mittels Modalanalyse exakt ermittelt worden, um keinen unnötigen Platz im Gehäuseinnenraum zu verschwenden. Ziel war natürlich auch, das Gehäuse so klein wie irgend möglich zu gestalten.

Diese Aufgabe hat eigentlich am meisten Zeit in Anspruch genommen, es mussten mehrere Prototypen gebaut und auf ihre Brauchbarkeit in Langzeittests geprüft werden.

Im Tieftonbereich wurde ein Chassis mit 46cm Durchmesser eingesetzt, bei dem die Membran speziell für den zu übertragenden Frequenzbereich bis 270Hz optimiert wurde. Die leichte Zellulosemembran ist durch gezielte partielle Kunststoffbeschichtung im Übertragungsbereich sehr steif und im höheren Partialschwingungsbereich optimal bedämpft worden.

Die zur Verfügung stehende große Membranfläche ermöglicht die Verwendung von einem Kurzhubantrieb.

Dieser hat bei richtiger Ausführung den Vorteil, daß die Schwingspulen immer im homogenen Magnetfeld schwingen können und so eine sehr klirrarmer Wiedergabe ermöglichen.

Da die Membranschnelle bei diesem Konstruktionsprinzip ebenfalls geringer ausfällt als bei Langhubchassis, sind zum einen die Verformungskräfte, die auf die Membran wirken und als sog. Partialschwingungen zu beobachten sind, geringer als bei Langhubchassis, zum anderen ist auch die aufzuwendende und den Wert des Wirkungsgrads belastende Energie beim Bremsen und Beschleunigen der Membran geringer.

Bei Langhubchassis ist bei gleichem Verschiebevolumen (Hub x Fläche) zudem der Anteil des Blindwertes des Strahlungswiderstandes höher, da hierbei die Membran sehr viel Luft ohne

wirksamen Schallanteil vor sich her schiebt. Populär gesprochen, werden „nur Löcher in die Luft gestanz“.

Kurzhubchassis erfordern in der Regel eine größere Federsteife der Membranaufhängung als Langhubchassis und gestatten daher konstruktiv die Verwendung von stabilen, weitestgehend reflexions- und verlustarmen Einspannungen mit geringer Neigung zu Partialschwingungen.

Die 100mm-Schwingspule mit 20mm Polkernbohrung ist sehr hoch belastbar (500W RMS) und im Heimbetrieb praktisch unzerstörbar. Damit ist ein Maximalpegel von ca. 127dB erreichbar.

Die Grenzfrequenz von 37Hz (-3dB) ist für die allermeiste Anwendungen ausreichend, eine Erweiterung des Übertragungsbereiches um eine Oktave nach unten hätte rechnerisch den zusätzlichen Einsatz von jeweils vier 46cm-Tieftönern pro Kanal erfordert, wenn der Wirkungsgrad beibehalten werden sollte.

Mitteltonbereich:

Den Bereich von 270Hz bis 3,5kHz übernimmt ein 17cm Kurzhubchassis, ebenfalls mit einer speziell behandelten Zellulosemembran.

Hochtonbereich:

Für den Hochtonbereich kam nach Lage der Dinge nur der große Airmotion-Transformer von Heil in die engere Wahl.

Pegelfestigkeit, Verzerrungen und Linearität liegen hier auf einem bislang unerreichtem Niveau.

Die Ausführung als Dipolstrahler erlaubt problemlos eine optimale Wärmeableitung. Durch die fehlende Rückwand und Dämpfung erfolgt die Abstrahlung sehr symmetrisch und reflexionsfrei.

Ein ungewöhnlich offenes und freies Klangbild bei höchster Pegelfestigkeit und Kompressionsfreiheit ist das Resultat.

Frequenzweiche:

Selbstverständlich wurden nur beste Bauteile verwandt, die Verluste sollten auch hier so gering wie möglich gehalten werden.

Die Übergänge liegen bei 270Hz und 3500Hz.

Die Bauteile liegen auf einer mechanisch und akustisch vom Gehäuse entkoppelten Platte in einem eigenem Gehäuse.

Die TMR 100 wird grundsätzlich als reine Biwiring-Lösung ausgeführt.

Hoher Wirkungsgrad, warum?

Übliche Lautsprecher haben einen ähnlichen Wirkungsgrad wie Glühlampen (ca. 0,5%) – ca. 99% der Leistung wird in Wärme umgewandelt und zwar direkt an der Schwingspule.

Diese wird dann auch im Laufe einer Hörsitzung in der Regel sehr warm (hochbelastbare Schwingspulen können bis zu 250°C heiß werden) und verringern ihre Leitfähigkeit.

Der Schwingspulenwiderstand steigt (ca. um 0,35% pro °C), der Strom wird begrenzt und die ursprüngliche Anpassung an die Frequenzweiche geht verloren.

Auch die Gehäuseabstimmung im Tieftonbereich wird durch den erhöhten Gleichstromwiderstand verändert.

Daher ist es nicht verwunderlich, daß Lautsprecherboxen mit sehr niedrigem Wirkungsgrad oftmals als nicht sehr dynamisch empfunden werden.

Sind die Chassis selbst mit unerwünschten Eigenheiten versehen, die starke Eingriffe seitens der Frequenzweiche erfordern, so verringert dies ebenfalls den Wirkungsgrad mit den bekannten Folgeerscheinungen.

Bei der TMR 100 wurden daher nur Chassis verwendet, die konstruktiv keinerlei Eingriffe seitens der Frequenzweiche erforderlich machten.

Die Funktion der Frequenzweiche ist allein die Aufteilung der Frequenzbereiche und nicht die Korrektur von mechanischen Fehlern wie z.B. Membranresonanzen.

Letztendlich konnte daher ein **Wirkungsgrad von ca. 6,3%** erreicht werden.

Für eine normale Musikwiedergabe werden daher nur einige Milliwatt an Leistung benötigt, die die Schwingspulen nicht erwärmen können und auch bei typischen Class-AB-Verstärkern im Class-A-Bereich liegen.

Der sehr konstante Impedanzgang (6 Ohm) lässt auch den Betrieb an kleinsten Röhrenverstärkern zu.

Aufstellung:

Aufgrund der sehr geringen Chassisabstände lässt sich die TMR 100 auch in kleinen Räumen betreiben.

Ebenfalls ist durch die Tiefe des Gehäuses bei wandnaher Aufstellung der nötige Wandabstand automatisch gegeben.

Technische Daten:

Übertragungsbereich: 37Hz - 25kHz ± 3dB
 Belastbarkeit: mind. 200W DIN
 Kennschalldruck: 100dB/m/2.83V
 Impedanz: 6 Ohm



TMR 100 mit Bespannung

Für Erzielung eines Schallpegels von 88dB/1m (entspricht gehobener Abhörlautstärke im Wohnzimmer) benötigt die TMR 100 beispielsweise nur eine umweltfreundliche Leistung von 0,063 W.

Abmessungen:

Höhe (ohne Rollen): 111 cm
 Breite: 51 cm
 Tiefe (Unterseite): 73 cm

Kontakt:

TMR Elektronik GmbH
 Nunsdorfer Ring 21
 D-12277 Berlin
 Tel.. ++49(0)30 – 72017263
 Fax: ++49(0)30 – 72017264
 Email: info@tmr-audio.de
 Web: <http://www.tmr-elektroakustik.de>