

# Entwicklung Nubert nuForm 120

In diesem Blatt wird auf Grundlagen eingegangen, die teilweise auch in den technischen Dokumentationen anderer Modelle vorkommen. Um beim Lesen „Langeweile“ infolge Wiederholungen zu vermeiden, haben wir die nuForm-120-spezifischen Fakten, die in anderen Dokumentationen nicht vorkommen, hervorgehoben!

## Ziel

Das Ziel bei der Entwicklung der nuForm 120 war es, einen Lautsprecher zu verwirklichen, der in seiner Volumenklasse kompromisslos alle Konstruktions-Details beinhaltet, die sich in über 20 Jahren intensivem Hören und Messen als sinnvoll herausgestellt haben. Dabei sollten insbesondere hinsichtlich Durchsichtigkeit und Impulswiedergabe Maßstäbe gesetzt werden.

Da man im Tiefbassbereich bei vorgegebener Chassisbestückung und definiertem Nettovolumen nur zwischen **Präzision** und sehr **niedriger Einsatzfrequenz wählen**, - aber **nicht beides gleichzeitig optimieren** kann, haben wir uns als Entwicklungsziel für maximale **Präzision im Tieftonbereich** entschieden und wollten dafür auf extrem tief hinunterreichende Abstimmung verzichten. Mit aktiven Bassentzernern oder DSP-Systemen kann man dann den gewünschten „Tiefgang“ doch noch erreichen, ohne allzu viel an Exaktheit aufgeben zu müssen. - Der umgekehrte Weg ist üblicherweise nicht gangbar: - eine einmal verlorene Präzision (zum Beispiel durch Dröhnen) ist normalerweise nicht wieder zu beschaffen! (Ausnahmen stellen *eindeutig fassbare* Effekte dar, die über einen definierten Frequenzbereich vorhersehbar variieren; -(wie z. B. eine Korrektur von Dynamik-Kompression nach hohen Belastungen als Folge angestiegener Schwingspulen-Temperatur und dadurch angestiegener Impedanz.)

Bei der Entwicklungszeit war von vornherein ein enormer Aufwand zur Schwingungsuntersuchung mittels Modal-Analyse eingeplant, um nicht nur in den Mitten und Höhen, sondern auch im Bassbereich Spitzenergebnisse erreichen zu können. Der Gehäuseaufbau sollte bezüglich Innenverstreubungen und Schwingungsunterdrückung ohne jeden Kompromiss erfolgen.

## Basis

Die Firma Nubert entwickelt seit über 20 Jahren hochwertige Lautsprecher. Unser HiFi-Boxenprogramm bestand am Anfang aus 3 Grundmodellen; - neben Studio-Monitoren, Studio-Elektronik und Hochleistungsverstärkern. Seit etwa 10 Jahren sind es 5 Größenklassen, die im Konkurrenzfeld durch viele Evolutionsschritte technisch immer auf sehr hohem Niveau gehalten werden konnten und sauber verarbeitet sind. Beim Typ 460 diente beispielsweise das mittlere Modell aus den 5 Volumenklassen in seiner 7. Generation als Basis. Jede dieser Generationen hatte bis zu 16 Upgrades.

Das Aussehen der Boxen war vor der Einführung der nuForm-Linie aber eher zweitrangig. Die Entwicklungen nuForm 60 bis nuForm 120 entstanden in intensiver Zusammenarbeit mit einer der erfolgreichsten und leistungsfähigsten Designergruppen Deutschlands.

Als technische Basis für die nuForm 120 diente die Linie der größten Modelle aus unseren 5 Volumen-Klassen. -

Das „**Herzstück**“ der nuForm 120 wurde hingegen - in verschiedenen Varianten für unsere 3 nuForm-Typen - gemeinsam auf Basis jenes „sagenumwobenen“ 21er-Tief-Mitteltöners entwickelt, der (in Verbindung mit den zugehörigen Weichen) eine absolute Ausnahme-Erscheinung darstellt.

Schon vor mehr als 10 Jahren hat der damalige 21cm-Tief-Mitteltöner im Ein- und Ausschwingverhalten hervorragende Werte erzielt. Es konnten zwei eher widersprüchliche Eigenschaften unter einen Hut gebracht werden: einerseits wurde seine abstrahlende Fläche mit zunehmender Frequenz im-

mer kleiner, was eine gute Abstrahl-Charakteristik über den gesamten Arbeitsbereich ermöglichte. Andererseits war er weitgehend frei von Partial-Schwingungen, was sich unter anderem durch einen Übertragungsbereich ohne schmalbandige Spitzen oder Einbrüche bemerkbar machte. Der Gesamtverlauf des Frequenzgangs musste allerdings mit aufwändigen Filtern in der Weiche geradegebogen werden. Das beeinträchtigte zwar das hervorragende Ein- und Ausschwingverhalten wieder ein wenig, - aber die erzielte Durchsichtigkeit im Klang war mit keinem anderen dynamischen Chassis zu erreichen.

Natürlich war dieser Tief-Mitteltöner die Plattform mit der größten Chance, noch weitere Verbesserungen zu erreichen: als er Ende der 80er-Jahre vor der Überarbeitung für den geplanten Einsatz in unserer Design-Boxen-Familie „Projekt nuForm 60, 90 und 120“ noch einmal gründlich untersucht wurde, zeigte er bei **einigen wenigen Frequenzen** (von tausenden verschiedenen) Burst-Impuls-Messungen ein für **unerreichbar präzise** geltendes Ein- und Ausschwingverhalten, das die typischen Impulse bezüglich Präzision um ein Mehrfaches übertraf.

Diese wenigen -praktisch perfekten- Burst-Messergebnisse ließen uns dann nicht mehr ruhen! Im Laufe von 4 Jahren Entwicklungsarbeit gab es immer wieder kleine Fortschritte und herbe Rückschläge. - Der eigentliche Durchbruch bei einigen Prototypen wurde dann in wenigen, sehr konsequenten, Schritten erzielt. Zeitgleich mit dem Abschluss des „Design-Projekts“ konnte dieses Chassis, das schon seit 1990 in Form von Labor-Mustern vorlag, endlich in einer weiter verbesserten Version innerhalb der geforderten Toleranzen in Serie gefertigt werden.

Eine **derartig exakte Impulsverarbeitung** ist aus folgendem Grund normalerweise physikalisch unmöglich:

Eine Lautsprechermembrane hat mit ständigen „Verformungen“ zu kämpfen, wenn sie unterschiedlichen Beschleunigungen ausgesetzt ist. Wenn nach einem Signal plötzlich „Ruhe“ herrschen soll, gibt es praktisch immer noch abgestrahlten Schall durch ungleichmäßig verteilte Bewegungsabläufe auf der Membran-Oberfläche. Wir haben viele Jahre lang versucht, das Problem mit Gegenkopplung und riesigen Verstärkerleistungen in den Griff zu bekommen. Die erzielbaren Verbesserungen waren aber sehr gering; - dafür waren aber abgerissene Schwingspulen von Lautsprecher-Membranen eher der Normalfall.

Wie sollte es dann doch (zunächst bei einzelnen Frequenzen) funktionieren?

Erst mit extrem aufwändigen Messanordnungen und mittels Einsatz mehrerer Sondenmikrofone auf der Membrane und unter der Staubschutz-Kalotte, mit denen wir Schwingungs-Differenzen aufspürten, konnten wir uns diesen Effekt erklären: während der Impulsverarbeitung gab es **andere** kurzzeitige Membran-Gegenbewegungen als im eingeschwingenen Zustand. Die also normalerweise unerwünschten Partialschwingungen einzelner Membranbereiche relativ zur Schwingspule galt es nun *nicht zu verhindern, sondern zu zähmen*.

Dieser eher zufällig gefundene (sehr komplexe) Effekt konnte dann im Laufe der Jahre mit ungeheurem Aufwand auf „reproduzierbar“ getrimmt und „zivilisiert“ werden. In 1 cm Abstand des Mikrofons von der Membrane kann man noch Teile der üblichen Ein- und Ausschwing-Probleme finden. - Ab 10 cm Abstand nicht mehr!

Diese gezielte **Kompensation** von Fehlern in der Impulsverarbeitung funktioniert praktisch perfekt bei allen Impulsformen, allen Frequenzen oberhalb etwa 250 Hz und allen Dynamikbereichen und ist damit jeder uns bekannten Lautsprecher-Regeltechnik oder -Gegenkopplung deutlich überlegen. Auch mit den besten Entwicklungen aller anderer untersuchten und optimierten High-End-Bauarten, wie z. B. elektrostatischen oder magnetostatischen Systemen, (oder auch Schallwandlern mit Biegewellen-Membranen), wurden keine vergleichbar guten Ergebnisse erreicht. Lediglich **ein** auf dem Markt befindliches - extrem teures - System konnte

im **Einschwingen** einigermaßen mithalten, war jedoch bezüglich Ausschwingen, Frequenzgang, Wirkungsgrad und Belastbarkeit deutlich unterlegen.

### Wohnraum-Einflüsse und deren Kompensation

Lautsprecher mit identischen Messwerten im schalltoten Raum können in normalen Wohnräumen völlig unterschiedlich klingen. Den Auswirkungen übel klingender Räume kann man mit Equalizern oder digitalen Signalprozessoren nur sehr unvollkommen beikommen, weil jeder Punkt im Raum sein Eigenleben hat. Das Aufstellen von Diffusoren, Reflektoren und Absorbern kann die akustischen Eigenschaften eines Wohnraums stark verbessern - aber ob sich mit diesen sperrigen Gegenständen, die mehrere Quadratmeter in Anspruch nehmen, noch Familienmitglieder oder Gäste wohlfühlen, ist fraglich.

Mit großen Boxen, überlegter Anordnung der Lautsprecherchassis und sinnvoller Auslegung der Weiche kann man mit einem Tieftöner die Einbrüche auffüllen, die z. B. durch Fußboden-Reflexionen beim jeweils anderen Tieftöner erzeugt werden.

Diese Einbrüche und Anhebungen entstehen durch gegenseitige Überlagerung unterschiedlicher Schallwellenzüge, die auf verschiedenen und verschiedenen langen Wegen die Strecke vom Lautsprecher zum Ohr durchlaufen, sowie durch stehende Wellen zwischen parallelen Wänden.

Vielfach wird versucht, die sich dadurch ergebenden extrem „schmalbandigen“ Welligkeiten, die an jedem Punkt im Raum vollkommen unterschiedlich ausgeprägt sind, mit digitalen Signal-Prozessoren (DSP-Systemen) oder parametrischen Equalizern geradezubiegen. Solche „Korrekturversuche“ verkehren sich jedoch gravierend ins Gegenteil: für den Punkt, an dem sich das Mess-Mikrofon (oder beispielsweise das *linke* Ohr eines Hörers) befindet, können zwar mit Hilfe von DSP-Systemen Frequenzgangeinbrüche durch drastisch erhöhten Leistungseinsatz für die zugehörigen Frequenzen ausgeglichen werden; - aber nur für diesen einen Punkt und nur für den „ingeschwungenen Zustand“ (also für langsam an- und ausschwingende Instrumente, wie z.B. große Orgelpfeifen).

Um einen im Alltag „normalen“ Einbruch von beispielsweise 10 dB aufzufüllen, benötigt man eine **Verzehnfachung** der Verstärkerleistung. Dabei entsteht **absolut sicher** an fast allen anderen Stellen des Raumes - vielleicht nur 50 cm entfernt - eine weit unangenehmere, dröhnende Überhöhung. - In der Praxis werden also durch „Ausbügeln“ der (nicht so störenden) Frequenzgang-Einbrüche im Raum **extrem störende Überhöhungen** gemacht!

Frequenzgang- Phasen- und Laufzeitfehler eines Lautsprechers können von DSP-Systemen weitgehend kompensiert werden, - aber nur dann, wenn diese Fehler über einen größeren Winkelbereich sehr gleichmäßig auftreten. Der DSP-Einsatz kann also auch sinnvoll sein! (Wie auf Seite 4 - im „Kapitel DSP“ - beschrieben.)

Für eine Kompensation von Raum-Einflüssen sind nur „breitbandige“ Entzerrungen mit geringen Filtersteilheiten zulässig, - wie bei üblichen Klangreglern. DSP-Versuche mit mehreren gemittelten „Raumfrequenzgängen“ (von verschiedenen Stellen des Raumes als Korrektur-Grundlage) können manchmal auf den ersten Blick ganz angenehme Resultate liefern, - sie wirken wenigstens normalerweise nicht so krass wie der Kompensationsversuch für einen Raumpunkt.

Die Vor- und Nachteile dieses Verfahrens (im Vergleich zu überhaupt keiner Korrektur) sind nicht leicht zu bewerten; - uns erscheint eine „sanfte“ Raum-Korrektur bei kleineren Boxen (mit nur einem Basslautsprecher) insgesamt als erwägenswert, - bei großen Lautsprechern überwiegen hingegen, - auch durch den gravierenden Verlust an Präzision bei impulsreichen Klängen, die Nachteile deutlich.

Man kann das Übel „schmalbandige Raumeinflüsse“ aber teilweise an der Wurzel packen:

- Mit großen Lautsprechern (mit je mindestens 2 Bässen) und überlegter Auslegung von Gehäuse-Geometrie, Chassis-Anordnung und Frequenzweiche.
- Mit mittelgroßen Boxen, die auch bei größerem Pegel und ordentlicher Qualität bis mindestens 80 Hertz hinunterreichen - in Zusammenarbeit mit mindestens einem, überlegt aufgestellten Subwoofer pro Kanal, der genau an die Hauptlautsprecher angepasst sein muss.
- Mit nicht zu kleinen Satelliten-Boxen - (untere Grenze etwa 6 bis 10 Liter pro Stück) - und pro Kanal mindestens zwei dazu perfekt angepassten Bassboxen, die in unterschiedlicher Höhe, definierter Entfernung und maximal etwa 1 Meter seitlichem Abstand zu den Satelliten exakt aufgestellt sein müssen.

**Jedoch nicht** mit den üblichen „Mono-Subwoofern“, wenn sie in „irgendeiner Ecke“ stehen. - So kann zwar „viel“ Bass erzielt werden, die Qualität im Bassbereich ist jedoch (je nach Aufstellung und Bauweise) fast immer deutlich schlechter als die von guten, mittelgroßen, normal aufgebauten Lautsprecherboxen. Der Klang so aufgestellter Subwoofer-Satelliten-Systeme ist häufig von brummeligen, unpräzisen Bässen gekennzeichnet, die sich sehr ungleichmäßig im Raum verteilen. Besonders ungünstig sind die Ergebnisse, wenn die Tieftöner des Subwoofers nur durch ein Bassreflexrohr mit der Außenwelt kommunizieren. (Für mittelmäßige Dolby-Surround-Anlagen mag dieses Gebrummel bei der Wiedergabe von Film-Effekten ja irgendwie beeindruckend sein, - aber für hochwertige Musikwiedergabe ist es unzumutbar.)

Je nach Abstand des Tieftöners vom Boden und vom Hörer verschieben sich die Raumresonanzen extrem. Bei überlegter Anordnung von mindestens zwei Bässen pro Box kann man, wie schon erwähnt, mit einem Tieftöner die Auslöschungen des anderen Tieftöners „auffüllen“ und Frequenzgang-Spitzen mindern. So kann man der Dröhnneigung des Raumes ein Schnippchen schlagen. - Aber natürlich nur, wenn mindestens 2 Bässe in diesen Bereich überhaupt arbeiten! (Steiles Abtrennen eines von zwei Bässen, wie es auch bei Subwoofern geschieht, untergräbt also diese Möglichkeit.)

### Konstruktions-Details

Außer auf die Lautsprechersysteme und die Frequenzweichen wurde bei der nuForm 120 auch großes Augenmerk auf Versteifungs- und Dämpfungsmaßnahmen des Gehäuses gelegt. Langwierige Modal-Analyseberechnungen auf unserer leistungsfähigsten UNIX-Workstation brachten zunächst keine verwertbaren Ergebnisse, weil die „streng nach Lehrbuch“ eingegebenen Randbedingungen für die komplexen „wirklichen“ Verhältnisse nicht ausreichten. Es folgten über 200 Stunden Detektivarbeit mit Weg- Geschwindigkeits- und Beschleunigungsaufnehmern, in denen die Schwingungsverhältnisse von knapp 1000 Punkten der Gehäuse-Oberfläche und aller Diagonal- und Querstreben mit den üblichen „Vertikal-Komponenten“ für jeden Messpunkt - aber **darüber hinaus** noch **zusätzlich** (unseres Wissens **„echtes Neuland“!!**) - als **Vektoren** für sämtliche **Horizontal-Komponenten** eingegeben wurden. Damit konnten dann bisher unberücksichtigte Schwingungen und Resonanzen aller Gehäusebereiche aufgespürt und durch geänderte oder zusätzliche Dämpfungselemente entweder weitgehend beseitigt, - oder, wo das technisch nicht vollkommen realisierbar war, „harmonisiert“ werden. (Einsame Resonanzspitzen wurden also zu einem „Kontinuum“ gespreizt und abgesenkt, wobei sich die störenden Auswirkungen deutlich reduzieren ließen.)

### Lautsprecher-Chassis und Weiche:

Der Tief-Mitteltöner läuft (um 4.5 dB gedämpft) mit den Sub-Bässen im Tiefbassbereich parallel. - Wenn alle Basslautsprecher bis zum Einsatz des Hochtöners (also bis etwa 2000 Hz hinauf) parallel laufen würden, gäbe es Klangverfälschungen durch Interferenzen und Richtwirkung, da sich die „vertikale Ausdehnung“ der Schallquelle im Übergangsbereich mehr als verdreifachen würde. Deshalb werden bei „Qualitäts-Boxen“ mit drei Tieftönern meistens zwei zwi-

schen 70 und 150 Hz steifflankig abgetrennt. (z.B. mit 12 dB pro Oktave). Diese steifflankige Abtrennung kam für die nuForm 120 nicht in Frage, denn so eine Maßnahme würde im Tieftonbereich grundsätzlich zu einer deutlichen Verschlechterung der Impulsverarbeitung führen. (Im Tieftonbereich reicht die Impuls-Präzision ohnehin nicht an die Ergebnisse heran, die man in den Mitten erreichen kann.)

Bedeutsamer ist aber noch, dass man durch die steifflankige Weichenauslegung die Chance verschenkt, die schon im Kapitel „Wohnraum-Einflüsse“ erwähnt ist: wenn bei großen Boxen mit zwei oder mehr Tieftönern **nur ein** Lautsprecher den Bereich von 100 bis 500 Hz abdeckt, schwankt der Schalldruck, der in typischen Wohnräumen in Abständen ab etwa 1.5 m beim Hörer ankommt, mehrmals zwischen weniger als 10 % und etwa 200 % des Sollwertes. Dieses Problem besteht auch besonders ausgeprägt bei allen üblichen Satelliten / Subwoofer - Kombinationen, die nur über **ein** relativ kleines Bass-Chassis oder (als Mehrkammer-Bandpass-System) nur über **ein** Bassreflexrohr verfügen.

Bei der nuForm 120 fällt der Frequenzgang des oberen „Subwoofers“ von 150 bis 600 Hz flach ab. (gleichmäßig mit 4.5 dB / Okt.) Ab 700 Hz geht der Verlauf in 12 dB / Okt. über. Der untere Subwoofer fällt schon bei etwas tieferen Frequenzen **extrem phasentreu** mit einer fließenden Steilheit von 6 bis 9 dB / Okt. ab, um sich dann bei 800 Hz steifflankig zu verabschieden. - Einerseits hat man also bei den Frequenzen, bei denen die Raumresonanzen am stärksten auftreten, genügend Pegel für deren Kompensation und man verhindert trotzdem Interferenzen zwischen den drei Tieftönern bei höheren Frequenzen. - Andererseits ist der Schalldruck der Subwoofer an den Stellen der Einsatzpunkte der steifflankigen Filtercharakteristiken relativ zum Tief-Mitteltöner bereits um 10 dB (oberer Sub) bzw. 21 dB (unterer Sub) abgefallen. Die damit verbundenen störenden Einflüsse der höheren Flankensteilheit auf das Gesamtsignal verringern sich damit also um mehr als den Faktor 3 (bzw. 10 beim unteren Sub). Der flach abfallende Frequenzbereich der Subbässe wird im Tief-Mitteltonkanal so kompensiert, dass der resultierende Schalldruck und die resultierende Impulsantwort aus der Summe aller Chassis die gewünschten Eigenschaften zeigt.

Außerdem konnte erstmals ein Verfahren in die Serie gebracht werden, an dem wir schon seit vielen Jahren arbeiten und das die Bass-Präzision noch weiter steigert. (In Studio-Prototypen hatten wir dieses Prinzip schon vorher verwirklichen können):

Durch gezielte Dämpfungsmaßnahmen und das „Auffächern der Strömungsverhältnisse“ im Innern der Box - in Verbindung mit Kompensations-Schaltkreisen in der Weiche - konnten die sonst gültigen Parameter für gedämpfte Bassreflexboxen **weitgehend ausgeschaltet** werden! - Durch 3 leicht nachvollziehbare Tests kann sich ein „skeptischer“ Messtechniker innerhalb weniger Minuten von diesem beinahe ungläublichen Ergebnis überzeugen:

- Die Länge der Bassreflexrohre hat keinerlei Auswirkungen auf die Abstimmungsfrequenz der Box. Je kürzer das Rohr ist, desto mehr **Pegel** (mit dem identischen Frequenzgang) kommt aus den Rohren. - Damit kann man den Tiefbass-Anteil in einem „sauberen Bereich“ um etwa 6 dB, - bei etwas eingeschränkter Präzision - um weitere 4 dB variieren.
- Die Präzision eines Nadelimpulses (oder eines sonstigen impulsartigen Signals), das an den Rohren gemessen werden kann, ist eine Klasse besser als üblich; - was natürlich auch im Fernfeld der Box Vorteile bringt. (Am BR-Rohr erscheint bei einem Nadelimpuls nur **eine einzige** Halbwelle (statt der üblicherweise 2 bis 4 abklingenden Wellenzüge) als „Überschwinger“, - sowie ein aperiodischer Ausgleichsvorgang ohne weiteres Nachschwingen.)
- Üblicherweise hat eine Box im Bassbereich einen Anstieg des Impedanzverlaufes, der die Resonanzfrequenz zeigt. Die nuForm 120 hat diesen Anstieg nicht! - Fast könnte man sagen, dass es gar keine Resonanzfrequenz gibt!

Trotzdem kann eine Box mit einem solch massiven Bassfundament Räume stärker zu Eigenschwingungen anregen,

als es mit einer schlankeren Abstimmung der Fall ist. Deshalb sollte ein gewisser Abstand zu Raum-Ecken und Wänden eingehalten werden.

Manche Kunden honorierten zwar den extrem sauberen Bassbereich, - doch war er ihnen ohne Tiefbass-Equalizing (für die Größe der Box) nicht „massiv“ genug! So haben wir uns entschlossen, **den elektrischen Teil** dieser Dämpfungsmaßnahmen **schaltbar** zu gestalten. Wir können also die Alternative anbieten, auf Wunsch dieser Kunden (und mit leicht „blutendem Herzen“ des Entwicklers), etwas Präzision aufzugeben und dafür den Bassbereich um 2.5 dB anzuheben.

Oberhalb des eigentlichen Arbeitsbereiches (- im Bereich des „Roll-Off“ ab ca. 2.2 kHz -) hat der Tief-Mitteltöner einen etwas problematischen Verlauf, der bei Boxen bis zur angehenden Spitzenklasse nicht weiter stören würde. Eine **perfekte** Kompensation erfordert jedoch einen extrem hohen Weichenaufwand. - Es waren umfangreiche Entwicklungsarbeiten an der Weiche erforderlich, um den kritischen Übergangsbereich zwischen Tiefmittel- und dem Hochtöner mit sauberem Frequenzgang und ohne Phasenprobleme zu realisieren. Allein diese Kompensation besteht aus 14 selektierten Bauelementen, die überwiegend auf einer eigenen „Tuning-Platine“ untergebracht sind.

Als Hochtönlautsprecher kommt eine neu entwickelte, asymmetrische 25 mm-Kalotte zum Einsatz, deren Übertragungsbereich ebenfalls mit Hilfe der Weiche linearisiert wird. Diese Kalotte baut auf einer Modellreihe auf, mit der wir schon seit vielen Jahren Erfahrungen haben und die ständig weiterentwickelt wird.

Durch den Einsatz der neuartigen „vented Ferrofluid-Technik“ konnte der typische Anstieg von „Breitband-Klirrgeräuschen“ von üblichen Ferrofluid-Hochtönern vermieden werden. (Konventionelle Klirrfaktormessungen berücksichtigen meist nur die zweite und dritte Oberwelle und lassen diesen „unharmonischen“ Klirr nicht erkennen.) Außerdem konnte der „offene Orgelpfeifen-Effekt“ verhindert werden, der von durchbohrten Polkernen stammt; - ärgerlicherweise hat die Polkerndicke gerade die mechanischen Abmessungen, die für die Ein- und Ausklinggeschwindigkeit im oberen Hochtönbereich am unangenehmsten ist. (Resonanzen im Bereich oberhalb 5 kHz.)

Bei großen, hochbelastbaren Lautsprecherboxen werden häufig steifflankige Weichen eingesetzt, um den Hochtöner thermisch in den Griff bekommen zu können. Anstelle typischer 18- oder 24 dB - Weichen, die in der Nähe der Übergangsfrequenz das Ein- und Ausschwingen dramatisch verschlechtern, setzten wir eine gedämpfte 12 dB-Weiche ein, die praktisch die Impulsverarbeitung von Bessel-Filtern liefert, - also keine nennenswerten „Überschwinger“ produziert. Durch Parallel-Schaltkreise zum Hochtöner, die bei geeigneter Dimensionierung die Impulse nicht verschlechtern, konnte dessen thermische Belastung trotzdem sehr gering gehalten werden.

Die Übergangsfrequenz wurde mit 2.4 kHz so gewählt, dass sich ein sehr guter Kompromiss zwischen Ein- und Ausschwingen, Frequenzganglinearität und maximal erreichbarem vertikalem Abstrahlwinkelbereich ergibt. (Im Impulsverhalten ist das 21cm-System dem Hochtöner deutlich überlegen, - im Frequenzgang ist es umgekehrt. Für das vertikale Abstrahlverhalten ist eine niedrige Übernahmefrequenz günstiger; - für das Klirrverhalten ungünstiger.)

Bei 2.4 kHz ist das Einschwingen des 21- cm-Chassis noch praktisch perfekt, während der Hochtöner die erste Halbwelle eines Sinus-Burst um ca. 3-4 dB dämpft. Die Wellenlängen des abgestrahlten Schalls sind dabei (mit ca. 14 cm) aber noch groß genug, um einen in der Praxis ausreichenden vertikalen Abstrahlwinkelbereich ohne Phasenauslöschungen zwischen Mittel- und Hochtöner zu ermöglichen. Bei Entfernungen von mehr als 1.5 Meter ist das Optimum etwa die Lotsenrechte auf dem Zentrum des oberen Basslautsprechers. - Also die Boxen mit Hilfe der Schraubfüße entsprechend leicht nach hinten neigen!

Es wurde Wert darauf gelegt, die gesamte Weiche ohne den Einsatz von Elektrolyt-Kondensatoren aufzubauen. Die verwendeten Kunststoff-Folienkondensatoren sind zwar mehr als 4 mal so teuer (bei sehr großen Werten oberhalb 100 µF sogar mehr als 10 mal so teuer), haben dafür aber bessere elektrische Eigenschaften und perfekte Langzeit-Stabilität.

Die speziellen Kernspulen kommen auch bei sehr hohen Verstärkerleistungen nicht in Sättigung und verbinden das mit geringsten Verlusten und extrem niedrigen Verzerrungen. (Unter 0.02 % Klirrfaktor bei 300 Watt, bzw. unter 0.04 % bei 500 Watt und allen Frequenzen im Tief-Mittelton-Kanal bis über 2.4 kHz.) Die drei zum Vergleich im Labor vorhandenen Luftspulen mit dem selben geringen Innenwiderstand haben ein Kupferdraht-Gewicht von zusammen 28.6 kg (für eine Box) und wären in der Serie nur sinnvoll, wenn sie irgendwelche wahrnehmbaren Vorteile brächten.

Durch gezielten Einsatz von Kompensations-Schaltungen und Dämpfungsgliedern in der Frequenzweiche konnte im Bereich von ca. 300 bis über 2000 Hz ein praktisch perfektes Impulsverhalten erreicht werden, das sogar die Präzision der besten Aktiv-Varianten der nuForm 120 übertrifft, die parallel im Labor aufgebaut wurden. Beispielsweise wird ein Nadelimpuls vom Mittel-Tieftöner über die Serienweiche etwa **um den Faktor 5 präziser** wiedergegeben, als es bei Anschluss direkt am Verstärkerausgang der Fall wäre.

### Möglichkeiten und Grenzen von DSP-Systemen (Digitale Signal-Prozessoren):

Mit dem für die nuForm 120 auf Wunsch lieferbaren DSP-System kann der Laufzeit-Unterschied zwischen Hoch- und Tieftöner komplett ausgeglichen werden, was eine praktisch perfekte Sprungfunktion im Übertragungsverhalten zur Folge hat. Weitere Eingriffe von DSP-Systemen (außer der Frequenzgang-Korrektur im Tiefbassbereich) hat die nuForm 120 nicht nötig; - außer für eine Simulation konventioneller Klangregler wären sie sogar schädlich! Der Preis dieses DSP-Systems liegt zur Zeit noch in der Nähe von 3000 DM (für beide Boxen); - man erhält damit (vor allem messtechnisch) einen *so sauberen* Schallwandler, wie er auch in der 10.000 DM-Preisklasse längst nicht selbstverständlich ist. - Allerdings sollte man keine Wunderdinge durch die „zeitrichtige“ Wiedergabe erwarten. - Viele Blind-Tests zeigten, dass man **nur dann** von einer Verbesserung des Klanges reden kann, wenn man von einer digitalen Tonquelle kommt (z.B. CD oder DAT) auf digitaler Ebene bleibt und das DSP-System schon vor der Digital-Analog-Wandlung einschleift. So kann verhindert werden, dass das Musiksinal mehrere Analog/Digital-Wandlungen durchlaufen muss. (Mit analogen Tonquellen oder mit erneuter Zwischenwandlung eines Digital-Signals durch den DSP erscheinen die Vorteile durch die zeitrichtige Wiedergabe geringer als das leichte Anwachsen eines etwas metallischen Klangcharakters. Jeder D / A -Wandler (in Abhängigkeit von der Filtercharakteristik) ist negativ hörbar. In unserem Labor laufen aber bereits Systeme, bei denen dieses Problem - durch Umsteigen auf 96 kHz Sampling-Frequenz - unerheblich ist. Der dabei ebenfalls erfolgte Umstieg von 16 auf 24 Bit Auflösung bringt außer einem etwas höheren Rauschabstand kaum hörbare Klangverbesserungen.

### Schallwand-Geometrie nuForm 120

Bei der Konstruktion der nuForm 120 wurde darauf geachtet, dass die „Energie-Verteilung“ über alle horizontalen und vertikalen Abstrahlwinkel sehr gleichmäßig erfolgt und es bot sich die Chance, durch die gewölbte Schallwand und den asymmetrisch ausgeführten Hochtöner den größten Teil der Dispersionen zu verhindern, die an den Gehäusekanten entstehen. Der verbleibende Rest dieses Effekts wird gezielt zur Kompensation eines physikalischen Sachverhalts benutzt: Mittel- und Tief-Mitteltöner liefern bei kleinen Abstrahlwinkeln im Bereich ihrer oberen Grenzfrequenz grundsätzlich einen etwas höheren Schallpegel als bei größeren Winkeln. Kanten-Dispersionen, die sich ebenfalls am stärksten bei kleinen Winkeln auswirken, senken hingegen bestimmte Frequenzbereiche, die der Hochtöner abstrahlt, durch entstehende Interferenzen ab.

Nach umfangreichen Modifikationsarbeiten und Analyse der Chassis- und Weichen-Eigenschaften in optimal gedämpften Gehäusen mit 1.6 Meter Durchmesser (Halbzylinder), wurde die Schallwand-Geometrie bei der nuForm 120 so ausgelegt, dass beim Hochtöner genau im passenden Frequenzbereich der etwas höhere Pegel des Mittel-Tieftöners bei kleinen Winkeln ausgeglichen wird. - Das ist für eine gegebene Übergangsfrequenz nur mit einer einzigen Schallwandbreite realisierbar. Messtechnisch äußert sich der Gewinn an Natürlichkeit des Klangbildes in einer verbesserten Energie-Verteilungskurve im Wohnraum und in einer etwas höher liegender Übergangsfrequenz bei kleinen Abstrahlwinkeln.

Dieser Sachverhalt hat sich bei zahlreichen Hörsitzungen gegenüber Boxen mit unterschiedlicher Gehäusebreite und verschieden Rundungsradien von Softline-Schallwandkanten erstaunlich eindeutig als überlegener Kompromiss zwischen präzisiertem und räumlichem Klangbild bestätigt.

Neben der verbesserten Natürlichkeit ergab sich dadurch auch die überraschend deutliche Steigerung der Räumlichkeit des Klanges, ohne die perfekte Ortbarkeit des Geschehens zu beeinträchtigen.

Relativ zu „Softline-Kanten“ gibt es zwar (in Abhängigkeit von verschiedenen Abstrahlwinkeln und der Mikrofon-Höhe) eine etwas größere Welligkeit der einzelnen Frequenzgänge, - aber die Summe dieser Frequenzgänge ergibt eine weiter verbesserte Energieverteilungskurve im Wohnraum. Als weiterer Vorteil war in Vergleichen hörbar, dass dieser Lautsprecher bei zunehmenden Abhörwinkeln nur „weniger hell“ klingt. - Der Mittenbereich war aber auch bei 30 Grad Abhörwinkel deutlich homogener und weniger "nasal eingefärbt", als es bei den anderen, teilweise sehr hochkarätigen Testkandidaten der Fall war. Um bei größeren Winkeln mehr Höhen zu erreichen, ist im Anschlussfeld ein Schalter vorhanden, mit dem man den Bereich oberhalb 7 kHz um bis zu 3 dB anheben kann, ohne „Stufen“ im Frequenzgang zu erzeugen.

### Geräte zur Tiefbass-Entzerrung

Für die nuForm 120 ist ein DSP-System mit Tiefbass-Entzerrung fertig entwickelt und in Serienvorbereitung.

Alternativ dazu gibt es das optimierte Tiefbass-Linearisierungs-Modul ABL-nuForm120. Sie werden zwischen CD-Player und Vorverstärker, bzw. zwischen Vor- und Endstufe oder über Tape-Monitor am Verstärker angeschlossen. Damit erzielt man einen vergleichbarem Pegel im Tiefbass, wie es hochwertige Boxen mit etwa 4-fachem Volumen und zwei 30 cm-Tieftönern liefern ( -3 dB-Punkt bei 26 Hz). Die Präzision im gesamten Bassbereich ist dabei merklich besser; - man benötigt allerdings für sehr große Lautstärken im Tiefbass einen kräftigeren Verstärker.

Verwendet man zur Anhebung des Tiefbasses ein DSP-System, so erhält man recht kleine Einbußen bezüglich Präzision der Impulsverarbeitung. (DSP's arbeiten nur oberhalb des Bassbereiches als fast perfekte „minimalphasige“ FIR-Filter; - unter ca. 200 Hz nur als „quasi analoge“ IIR-Filter)

Die bisher auf dem Markt befindlichen Subbass-Equalizer-Vorschaltgeräte, - bzw. graphische oder parametrische Equalizer -, erzeugen zwar ebenfalls ein volleres Klangbild; - allerdings bei merklichem Verlust an Impulsivität. Alle diese bisher untersuchten Geräte verschlechtern die Basspräzision mehr oder weniger deutlich; - manche, - vor allem diejenigen mit „integriertem Rumpelfilter“ (Absenkung der Frequenzen unterhalb des Hörbereiches) - „verstümmeln“ solche Impulse teilweise bis zur Unkenntlichkeit. - Dabei kann man sich im Extremfall noch schlechtere Ergebnisse einhandeln, als bei Einsatz der für die Impulsverarbeitung ebenfalls unbrauchbaren „Mehrkammer-Bandpass-Boxen“ bzw. entsprechenden Subwoofern!

Technische Beschreibungen können leider keine Aussagen über den Klang dieses Ausnahme-Lautsprechers liefern.

**Die nuForm 120 muss man einfach gehört haben!**