

LONG THROW PA

HK Audio Linear 9

Eine professionelle Punktstrahler-Familie mit Option zur horizontalen Cluster-Bildung bietet Kombinationen für kleine Clubkonzerte bis hin zu mittelgroßen Hallen oder Open-Airs. Besonders interessant: Als Topteil 210 LTA mit drehbarem Horn lässt sich als Einzelbox und auch für horizontale Arrays einsetzen. Für den Test wurde das Topteil durch den großen Bandpass-Subwoofer 118 Sub BA ergänzt.

Text und Messungen: Anselm Goertz | Fotos: HK Audio und Anselm Goertz



Ende 2021 stellte der saarländische Hersteller HK Audio die Lautsprecherserie Linear 9 vor.

Innerhalb der Linear-Gruppe im Portfolio von HK Audio repräsentiert die Serie Linear 9 die Spitzenprodukte für Live- und Club-Events und eignet sich sowohl für den Verleih wie auch für Festinstallationen. In der Serie Linear 9 finden sich aktuell drei Topteile und zwei Subwoofer. Alle Systeme sind voll aktiv ausgeführt und können bei Bedarf via Netzwerk eingestellt und konfiguriert werden. Bei den Topteilen gibt es zwei klassische Point-source-Lautsprecher, die 110 XA mit einer 10"- und die 112 XA mit einer 12"-Bestückung jeweils kombiniert mit einem 1"-Hochtönsystem und das hier vorgestellte Topteil 210 LTA mit zwei 10"-Treibern und einem großen Hochtönsystem 60 × 25, das die Box sowohl für den Einsatz als eng strahlendes Einzelsystem wie auch für horizontale Arrays prädestiniert. Die beiden zur Linear 9 gehörigen Subwoofer basieren auf einem 18"-Treiber mit 4"-Spule, der in der kompakten

118 Sub A in einem Bassreflexgehäuse arbeitet und in der exakt doppelt so großen 118 Sub BA in einem Bandpassgehäuse.

Gemeinsam haben alle Linear-9-Modelle das solide Multiplex-Gehäuse mit PU-Beschichtung und das hoch stabile 2-mm-Metallgitter auf der Frontseite, das mit Schaumstoff hinterlegt ist. Zwei oder mehr große Griffschalen, Hochständerflansche und hochwertige Anschlussbuchsen unterstreichen den Anspruch der Alltagstauglichkeit in allen Bereichen.

Ein ausführliches Interview mit Produktmanager Lars Reime zum Konzept der Serie findet sich auf www.production-partner.de/hk-reime und in unserer Ausgabe 10/2021.

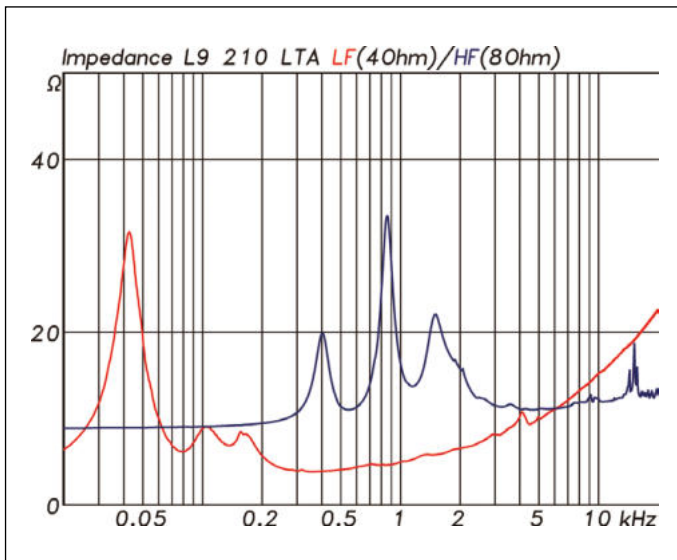


Gehäuse einer 210 LTA ohne Treiber Im oberen Teil erkennt man die Metallschienen und Gewindeinsätze für die Befestigung der Hochtoneinheit

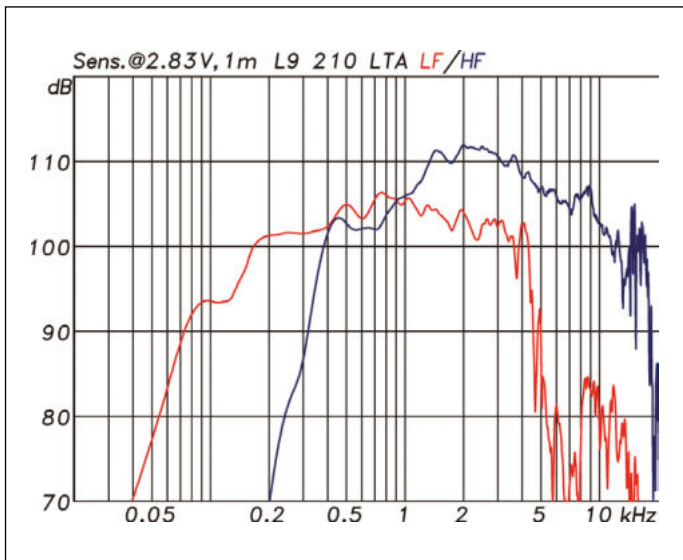
Topteil 210 LTA

Das Topteil 210 LTA ist vom Konzept her als reines Mid/High-System ausgelegt und sollte für Musikwiedergabe immer durch einen Subwoofer unterstützt werden. Der Schwerpunkt der Entwicklung für das Topteil 210 LTA lag dabei auf einer hohen Sensitivity und einem relativ engen und gut kontrolliertem Abstrahlverhalten. Bei tieferen Frequenzen wird das durch den Einsatz von zwei übereinander angeordneten 10"-Treibern erreicht und oberhalb der Trennfrequenz von 1,35 kHz durch den Multi Celular Transformer (MCT). Der Abstrahlwinkel des Hochtöners beträgt 60 × 25 Grad und kann durch Drehen des Horns auf 25° × 60° geändert werden. Passend dazu sind die Gehäuse so konstruiert, dass sich horizontale Arrays mit 25°-Winkeln zwischen den Mittelachsen der Einzelsysteme bilden lassen. Die erforderliche Clustering-Hardware zur Verbindung von zwei oder mehr Topteilen 210 LTA ist im Boden und Deckel der Gehäuse bereits integriert und durch ein einfaches Verschrauben der Verbinder zu nutzen. Einzelne Topteile oder Cluster mit zwei Topteilen können zudem mit Hilfe des optionalen Flugbügels TB-210NQ geflogen werden.

Für einen etwas genaueren Blick auf das Topteil 210 LTA wurden zunächst die beiden Wege einzeln und ohne die eingebaute Elektronik gemessen. Diese Messung ist auch bei voll integrierten Lautsprechern insofern sinnvoll, da man hier erkennen kann, was die Lautsprecher selbst können und was durch die Elektronik kompensiert werden muss. Abb. 1 zeigt dazu die Impedanzkurven der beiden Wege. Die beiden 10"-Tieftöner arbeiten parallel als 4-Ω-System, deren Abstimmung des Bassreflexresonators etwas undeutlich bei ca. 80 Hz zu erkennen ist. Die Kurve des 8-Ω-Hochtöners weist oberhalb von 13,5 kHz auf Partialschwingungen der Membran hin, die bei größeren Kompressionstreibern in diesem Frequenzbereich häufig auftreten, klanglich in der Regel aber eher unkritisch sind. →



Impedanzkurven von Tiefton- (rot) und Hochtonweg (blau) in der 210 LTA. Die beiden 10"-Tieftöner arbeiten parallel als 4- Ω -System. Die Abstimmung des Bassreflexresonators ist etwas undeutlich bei ca. 80 Hz zu erkennen. Die Kurve des Hochtöners weist oberhalb von 13 kHz auf Partialschwingungen der Membran hin. (Abb. 1)

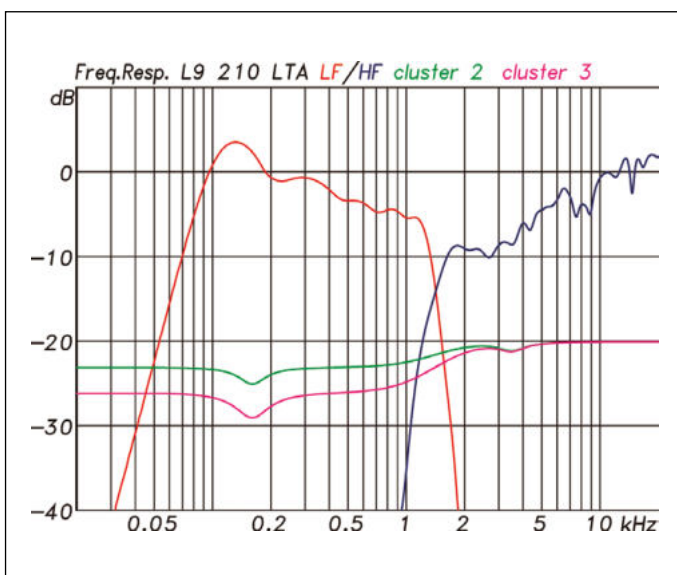


Frequenzgang und Sensitivity von Tiefton- (rot) und Hochtonweg (blau) in der 210 LTA. Für den Tieftöner als 4- Ω -System sind für den 1W/1m-Wert 3 dB abzuziehen (Abb. 2)

Die Frequenzgänge aus Abb. 2 zeigen, dass beide Wege in einem weiten Frequenzbereich überlappend gut nutzbar sind, so dass bei der Wahl der Trennfrequenz keine Kompromisse gemacht werden müssen. Schwachstellen anderer Art sind ebenfalls nicht auszumachen. Die schon im Impedanzverlauf sich andeutenden Partialschwingungen der Hoch-

tonmembran sind auch hier zu erkennen und führen zu einem unruhigeren Verlauf der Kurve oberhalb von 13 kHz. Beide Wege erreichen eine hohe Sensitivity, was gute Voraussetzungen für ein echtes Mid/High-System sind.

Wendet man sich der Rückseite der Box zu, dann findet sich hier die Elektronik mit einer zweikanaligen Endstufe und einem integrierten DSP-System. Neben dem Signaleingang mit Link-Buchse gibt es noch einen zusätzlichen über das DSP-System frei konfigurierbaren Ausgang sowie einen Netzwerkanschluss ebenfalls mit Link-Buchse. Der integrierte DSP lässt sich dann via Ethernet mit Hilfe der zugehörigen HK Audio DSP Control Software (Abb. 7) bedienen. Für den normalen Betrieb mit den drei hinterlegten Standard-Presets wird die Software nicht benötigt. Die Auswahl erfolgt dann einfach per Taster und LED-Anzeige auf der Rückseite des Lautsprechers. Bei der 210 LTA sind drei Presets hinterlegt für den Einsatz als Einzelsystem, im Cluster mit zwei Topteilen und im Cluster mit drei Topteilen. Ein spezielles Setup zur Kombination mit einem der Subwoofer gibt es nicht, da ein Fullrange-Betrieb ohne Subwoofer nicht vorgesehen ist und die vorhandenen Setups diesen bereits berücksichtigen. Etwas anders sieht es bei den beiden kleineren Topteilen der Serie Linear 9 aus, wo bei den Setups ein Fullrange-



Filterfunktionen der Elektronik in der 210 LTA Tiefton- (rot) und Hochtonweg (blau). Die beiden unteren Kurven zeigen den Array-EQ für zwei und drei 210 LTA in einem Horizontal-Array (Abb. 3)

oder ein Low-Cut-Modus gewählt werden kann. Als dritte Werkseinstellung gibt es für diese beiden Modelle dann auch noch die Variante Bühnenmonitor, die es für die 210 LTA nicht gibt.

Welche Filter der DSP in der 210 LTA ausführt, zeigt Abb. 3. die beiden Wege benötigen dank der guten Vorleistung neben der globalen Anpassung des Verlaufs nur leichte Detailkorrekturen. Die interne Trennung zwischen LF und HF erfolgt laut Datenblatt bei 1,35 kHz mit linearphasigen FIR-Hoch- und Tiefpassfiltern und einer Flankensteilheit von 72 dB/Oct. Die Hochpassfilterung als Übergang zum Subwoofer erfolgt bei 105 Hz mit einer Steilheit von 24 dB/Oct. als herkömmliches minimalphasiges Filter. Die beiden unteren Kurven aus Abb. 3 zeigen den Array-EQ für zwei oder drei 210 LTA in einem Horizontal-Array. Wie sich die 210 LTA im Ganzen verhält, zeigt Abb. 8. Näheres hierzu an späterer Stelle.

Subwoofer 118 Sub BA

Wie auch beim Topteil wurde der Subwoofer zunächst pur ohne seine Elektronik gemessen. Der Impedanzverlauf aus Abb. 4 lässt direkt Rückschlüsse auf das Funktionsprinzip zu. Drei Maxima bei tiefen Frequenzen, anstatt der sonst bei



Komponenten der 210 LTA Zwei 10"-Tieftontreiber mit Neodymmagneten und die aufwändig konstruierte MCT-Hochtoneinheit

Bassreflexboxen üblichen zwei, weisen auf ein Bandpasssystem mit zwei Resonatoren hin. D. h. der Treiber arbeitet mit der Membranvorderseite und mit der Rückseite jeweils auf ein Volumen, aus dem dann über einen Tunnel oder Kanal der Schall abgestrahlt wird. Es gibt somit zwei Resonatoren, die man so abstimmt, dass deren Summe das gewünschte Bandpassverhalten aufweist.

Abb. 5 zeigt die zugehörige Messung des Frequenzgangs des 118 Sub BA. Neben dem Gesamtfrequenzgang im →

Digitale Konferenzsysteme

mit PTZ-Kamera-Control

NEU

Bis zu 4 PTZ-Kameras direkt ansteuern;
 Drahtlose und drahtgebundene Sprechstellen in einem System kombinieren;
 Digitale Klangqualität über CAT-5 Kabel oder drahtlos im störungsfreien, verschlüsselten IEEE 802.11n Standard;



See us at



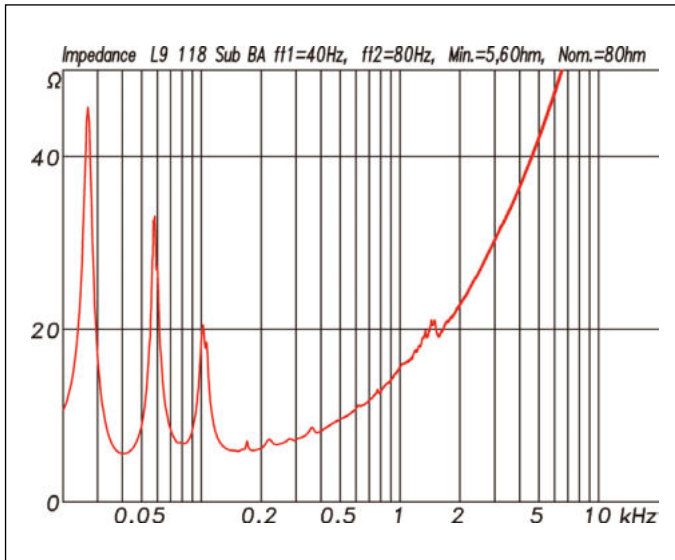
10. - 13.05.2022 in Barcelona
 Halle 7 Stand Q550

Drahtlose und Drahtgebundene Konferenzsysteme & Digitale Audiomatrix

MIPRO Germany GmbH - Kochersteinsfelder Str. 73 - 74239 Hardthausen - Tel: 07139 59 59 00 - info@mipro-germany.de

VISSONIC

www.vissonic.de

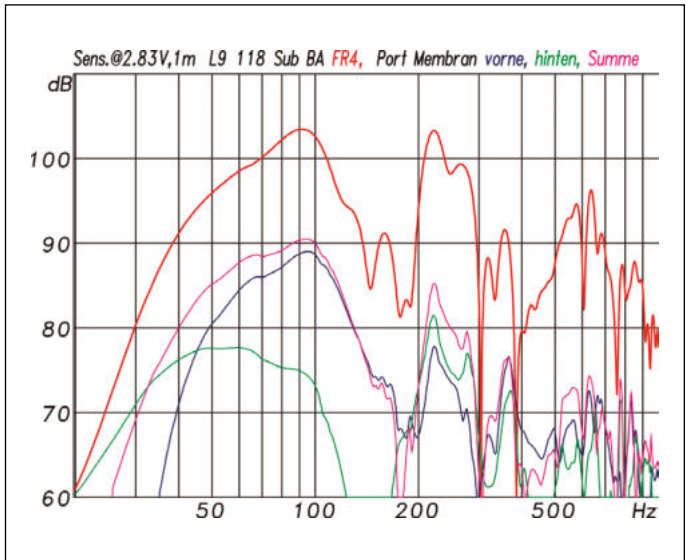


Impedanzkurve des 118 Sub BA Der 18"-Treiber arbeitet auf Bandpassgehäuse, so dass sowohl die Vorderseite der Membran wie auch die Rückseite je einen Resonator antreiben. Dadurch ergibt sich ein Impedanzverlauf mit drei Maxima. Die Abstimmfrequenzen der beiden Resonatoren liegen bei den lokalen Minima bei 40 Hz und bei 80 Hz (Abb. 4)

Fernfeld (Rot) finden sich in der Grafik auch noch die Nahfeldmessungen der Resonatoren auf der Vorderseite (Blau) der Membran, auf der Rückseite (Grün) der Membran und deren Summe (Magenta). Der Summenfrequenzgang folgt



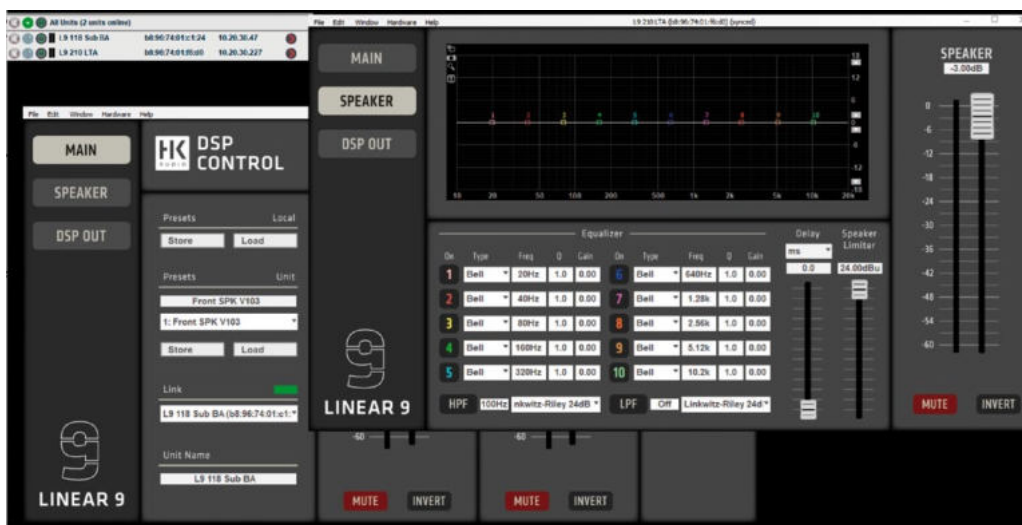
Filterfunktionen der Elektronik im 118 Sub BA Die Kurven zeigen die Filtereinstellungen für den Standard-Modus bzw. als Front-System in einem Cardioid-Array (rot) sowie für die Rear-Systeme im Verhältnis 1:1 (grün) und 2:1 (blau, Abb. 6)



Frequenzgang und Sensitivity des 118 Sub BA (rot). Nahfeldmessungen des Resonators an der Vorderseite der Membran (blau), an der Rückseite (grün) und deren Summe (mg) (Abb. 5)

bis ca. 200 Hz dem erwarteten Bandpassverhalten. Darüber hinaus treten diverse Artefakte durch Gehäusemoden und andere Resonanzen auf. Ein Bandpassgehäuse benötigt daher ebenso wie alle anderen Subwoofer auch ein zusätzliches elektrisches Tiefpassfilter. Die eigentliche Motivation für dieses Gehäuseprinzip dürfte es indessen gewesen sein die Sensitivity zu erhöhen, die für den 118 Sub BA oberhalb von 45 Hz über dem eines in dieser Größe sonst üblichen $2 \times 18''$ Subs liegt.

Die im 118 Sub BA auf der Rückseite eingebaute Elektronik ist vergleichbar der aus den Topteilen ausgestattet. Die Verstärkerleistung beträgt laut Datenblatt 1100 W. Lediglich bei den Eingängen gibt es einen kleinen Unterschied. Die Subwoofer verfügen über zwei Eingänge und zwei Link-Ausgänge, falls der Subwoofer in einem Stereo-Setup als Mono-Subwoofer für beide Kanäle eingesetzt werden soll. Über einen Gain-Steller lässt sich zudem der Pegel des Subwoofers anpassen. Die Auswahl der Setups im DSP-System der Subwoofer bietet neben der Standardeinstellung für ein Einzelsystem auch noch die Setups für Cardioid-Anordnungen im Verhältnis 2:1 und 1:1 für die Rear-Systeme. Das oder die Frontsysteme werden in einem Cardioid-Setup mit der Standardeinstellung betrieben.



Bediensoftware zum
System Linear 9 (Abb. 7)

Zusammenspiel

Bislang haben wir uns die einzelnen Wege des Topteils und des Subwoofers sowie deren Filterfunktionen angesehen. Entscheidend für das Ergebnis im Ganzen ist jedoch deren Zusammenspiel. In Abb. 8 finden sich dazu die Frequenzgänge des 210 LTA und des 118 Sub BA sowie deren Summe. Das Topteil liefert einen nahezu perfekten Frequenzgang mit nur minimalen Welligkeiten mit Eckfrequenzen von 105 Hz und 18 kHz (-6 dB). Unterhalb von 105 Hz übernimmt der Subwoofer der den Übertragungsbereich bis ca. 40 Hz (-6 dB) hinab ergänzt. Wie man diese untere Eckfrequenz jetzt genau definiert, hängt unter anderem vom Bezugswert 0 dB und dem zum Topteil eingestellten Pegelverhältnis ab, womit sich die kleine Abweichung zum Datenblatt erklärt, das einen Wert von 38 Hz bei -3 dB ausweist.

Kritisch für Kombinationen aus Topteilen und Subwoofern ist immer der Übergangsbereich. In Abb. 8 gelingt der Übergang sehr gut, da die Phasengänge (Abb. 9) im Übergangsbereich und auch noch darüber hinaus nahezu gleich verlaufen. Die beiden Wege addieren sich somit konstruktiv. Würden sich die Phasengänge nicht decken, dann käme es zu destruktiven Interferenzen und Auslöschungen. In der Praxis kann letzteres vor allem bedingt durch den Aufbau passieren, wenn z. B. die Subwoofer am Boden stehen und sich die Topteile auf hohen Stativen befinden oder geflogen werden. An dieser Stelle kommt dann die Software ins Spiel, mit der sich über die vorgefertigten Setups hinaus EQs, Pe-

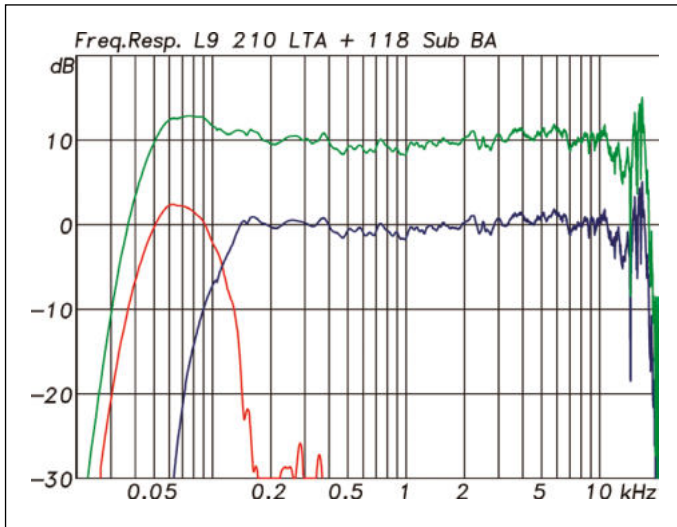
gelverhältnisse und vor allem auch Delays einstellen lassen. Mit einem einfachen Messsystem kann man dann zuerst den Phasengang des Topteils an einer Referenzposition messen, diese abspeichern und hinterlegen, um dann mit einer zweiten Messung den Subwoofer über die Delay-Einstellung in der Software anzupassen. Das klingt einfach, ist aber in der Praxis außerhalb eines Messlabors manchmal etwas schwierig, wenn die Messungen durch viele Reflexionen überlagert werden. →



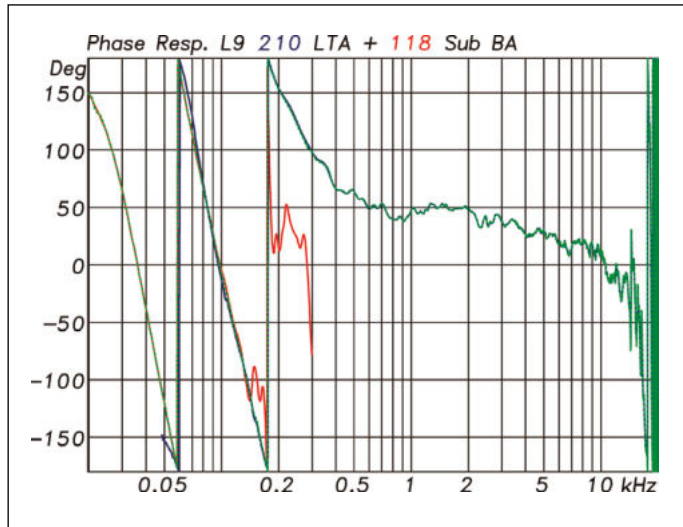
HK Audio 210 LTA bei der Nahfeldmessung an den Bassreflexports



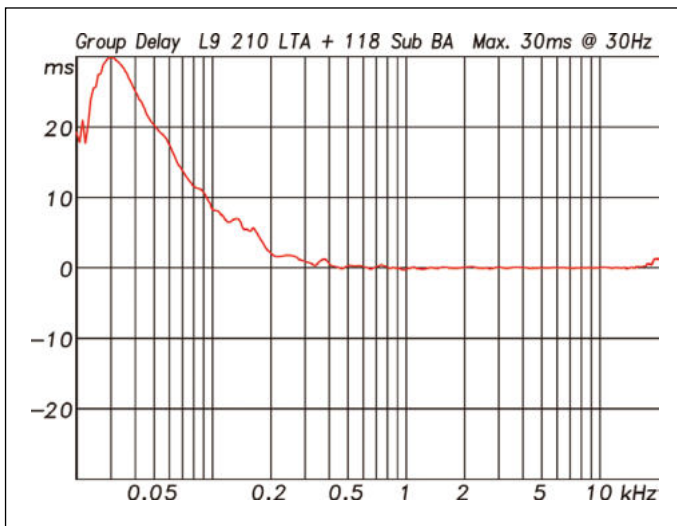
Elektronikmodul der 210 LTA Neben dem Signaleingang mit Link-Buchse gibt es noch einen zusätzlichen, über das DSP-System frei konfigurierbaren Ausgang sowie einen Netzwerkanschluss, ebenfalls mit Link-Buchse



Zusammenspiel des Topteils 210 LTA (blau) mit dem und 118 Sub BA Subwoofer (rot). Für das Gesamtsystem liegen die Eckfrequenzen (6 dB) bei 40 Hz und 18 kHz. Die Welligkeiten im Verlauf betragen zwischen 100 Hz & 10 kHz weniger als ± 2 dB (Abb. 8)

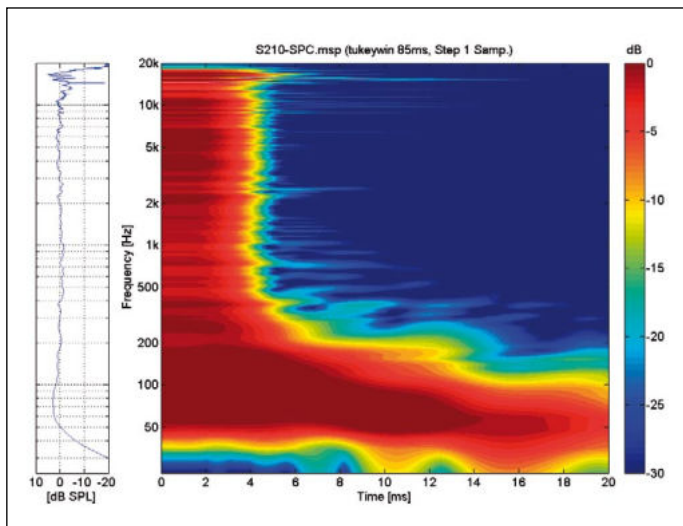


Phasengang des Topteils 210 LTA (blau) und des Subwoofers 118 Sub BA (rot) sowie der Summenfunktion (grün). Die Phasengänge passen im Übergangsbereich perfekt zusammen. Die interne Trennung im Topteil geschieht linearphasig (Abb. 9)



Gruppenlaufzeit des Gesamtsystems Durch die Phasendrehungen bei tiefen Frequenzen steigt die Kurve der Gruppenlaufzeit bei 30 Hz auf ein Maximum von 30 ms an (Abb. 10)

Wie die Phase unter reflexionsfreien Bedingungen verläuft, zeigt Abb. 9. Der Übergang im Topteil bei 1,35 kHz ist hier nicht zu erkennen, da für die X-Over-Funktion linearphasige FIR-Filter eingesetzt werden. Zu tiefen Frequenzen hin dreht sich die Phase mehrfach um 360° durch das X-Over-Filter, den Hochpass für den Subwoofer und auch durch den Phasengang des akustischen Bandpass. Die aus dem Phasengang abgeleitete Gruppenlaufzeit mit einem Maximum von 30 ms bis 30 Hz zeigt Abb. 10.



Spektrogramm des Gesamtsystems mit nur wenigen kleinen Resonanzen (Abb. 11)

Möchte man wissen, ob sich hinter dem glatten Frequenzgang vielleicht doch noch die eine oder andere Resonanz verbirgt, dann hilft das Spektrogramm (Abb. 11). Zur Erstellung eines Spektrogramms wird ein Zeitfenster über die Impulsantwort eines Lautsprechers geschoben und Schritt für Schritt mit einer FFT in den Frequenzbereich transformiert. Die Amplitudenwerte der einzelnen FFTs werden dann als farbliche Darstellung über der Frequenzachse (y-Achse) abgebildet. Für das Spektrogramm in Abb. 11 wurde eine



Horizontal-Array aus drei 210 LTA mit gedrehten Hochtoneinheiten und insgesamt 75° horizontalem Öffnungswinkel

Fensterlänge von 85 ms entsprechend 4096 Samples genutzt. Die Zeitachse (x-Achse) gibt die Position des Zeitfensters an, das hier in Schritten von einem Sample von 0 bis 20 ms verschoben wird. Insgesamt werden dazu 960 Frequenzgänge berechnet und hintereinander aufgereiht eingezeichnet. Für die Kombination aus dem Topteil 210 LTA mit dem 118 Sub BA lassen sich im Spektrogramm nur einige kleine Resonanzen erkennen. Etwas längere Ausläufer gibt es nur bei den hohen Frequenzen durch die schon angesprochenen Partialschwingungen der Hochtonmembran und am unteren Ende des Übertragungsbereiches durch die Phasendrehungen bzw. den Anstieg der Gruppenlaufzeit. Über alles betrachtet gibt die Kombination hier ein sehr gutes Bild ab, was insbesondere auch für die komplexe Hochtoneinheit gilt.

Cardioid-Kombination

Die Subwoofer der Serie Linear 9 verfügen beide auch über Cardioid-Setups, für die im Verhältnis 2:1- oder 1:1-Arrays mit nach vorne und nach hinten abstrahlenden Subs gebildet werden. Ein Verhältnis von 2:1 ist dabei in der Regel die effektivste Form des Cardioid-Arrays. Der nach hinten strahlende Sub arbeitet dabei phasengedreht und mit Delay und

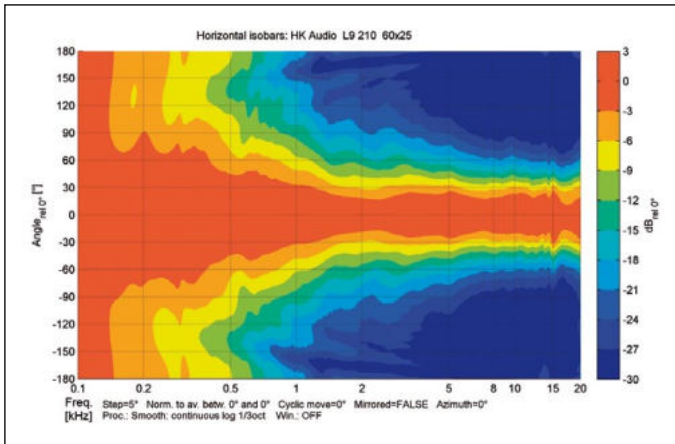
kompensiert so den von den beiden vorderen Subs nach hinten abgestrahlten Schall.

In der Praxis ergeben sich daraus eine Menge Vorzüge, wenn nicht nur die Mitten und Höhen, sondern auch die Bässe gerichtet abgestrahlt werden können. Man hat weniger unerwünschten Basspegel auf der Bühne und somit auch weniger Probleme mit Rückkopplungen, der tieffrequente Nachhall wird weniger angeregt und das Verhältnis vom Direktschall zum Diffus-schall bessert sich. Befindet man sich auf einer Open-Air-Bühne, dann kommt auch noch der Aspekt des Immissionsschutzes für die Anwohner hinzu, wo eine gerichtete Bassabstrahlung Vorzüge bietet. Der nach vorne abgestrahlte Schall wird durch die Cardioid-Anordnung nur geringfügig gegenüber einem komplett nach vorne strahlenden Array geschwächt.

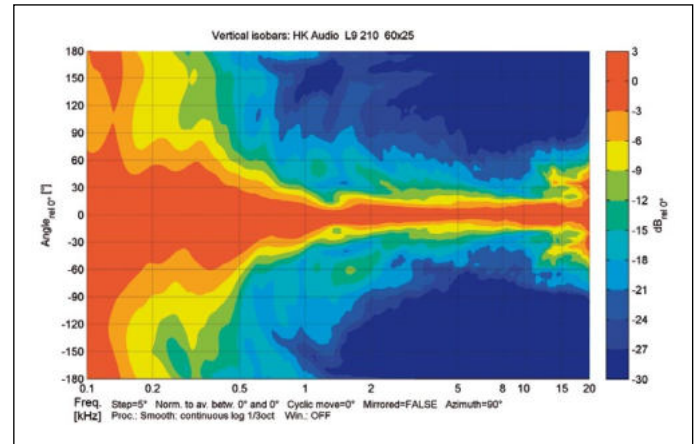
Directivity

Ein relativ enges und exaktes Abstrahlverhalten war eines der wichtigsten Entwicklungsziele für das Topteil 210 LTA. Mit einem Öffnungswinkel

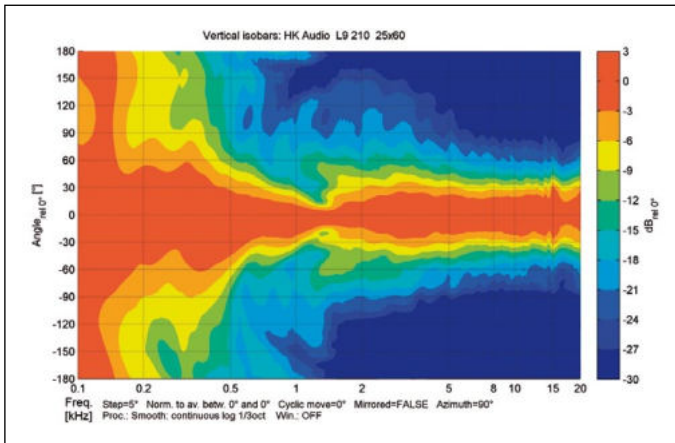
von 60 × 25 sollten auch große Publikumsflächen in der Tiefe des Raumes noch gut beschallt werden und auch die Möglichkeit bestehen, dass für größere Bühnen mehrere Topteile zu Arrays kombiniert werden können. Für Lautsprecher, die nicht als Line-Array konzipiert sind, ist die Bildung von Arrays meist nur in der horizontalen Ebene sinnvoll möglich. Für die 210 LTA würde das jedoch bedeuten ein Array aus Einzelsystemen mit 60° Öffnungswinkel pro Box →



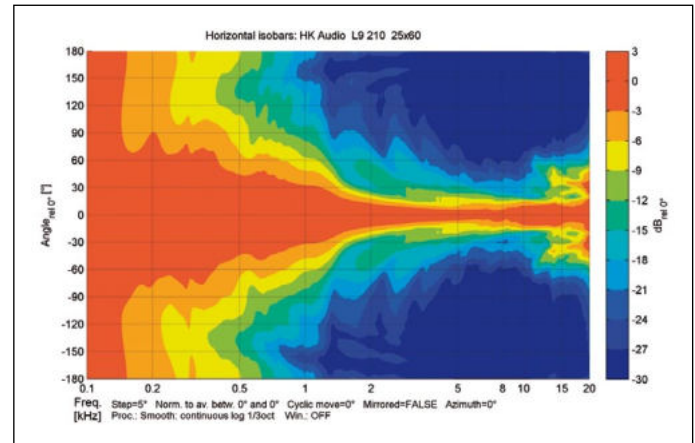
Horizontale Isobarenkurven der 210 LTA in der Standard-Einstellung 60 × 25 der Hochtoneinheit (Abb. 12)



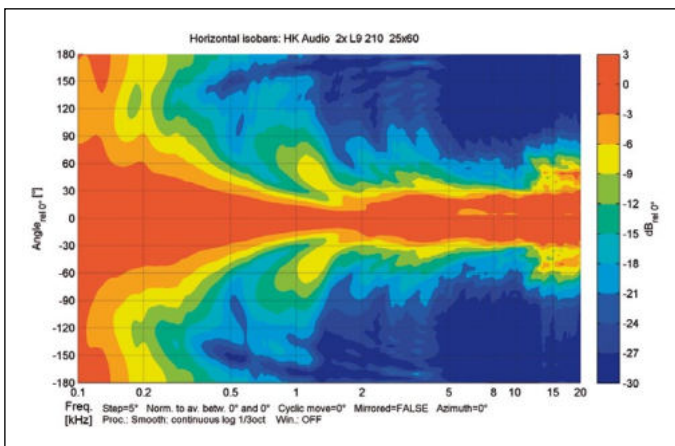
Vertikale Isobarenkurven der 210 LTA in der Standard-Einstellung 60 × 25 der Hochtoneinheit (Abb. 13)



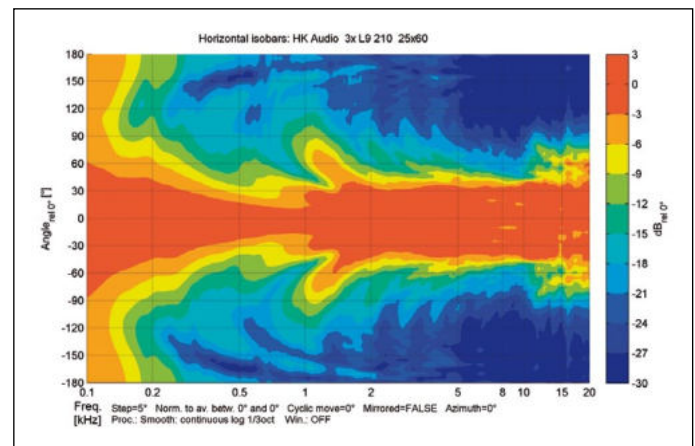
Vertikale Isobarenkurven der 210 LTA mit gedrehter Hochtoneinheit für eine Öffnungswinkel von 25 × 60 (Abb. 14)



Horizontale Isobarenkurven der 210 LTA mit gedrehter Hochtoneinheit für eine Öffnungswinkel von 25 × 60 (Abb. 15)



Isobarenkurven für ein Horizontal-Array aus zwei 210 LTA mit gedrehter Hochtoneinheit für einen Öffnungswinkel von 50 × 60 für das Array im Ganzen (Abb. 16)



Isobarenkurven für ein Horizontal-Array aus drei 210 LTA mit gedrehter Hochtoneinheit für einen Öffnungswinkel von 75 × 60 für das Array im Ganzen (Abb. 17)

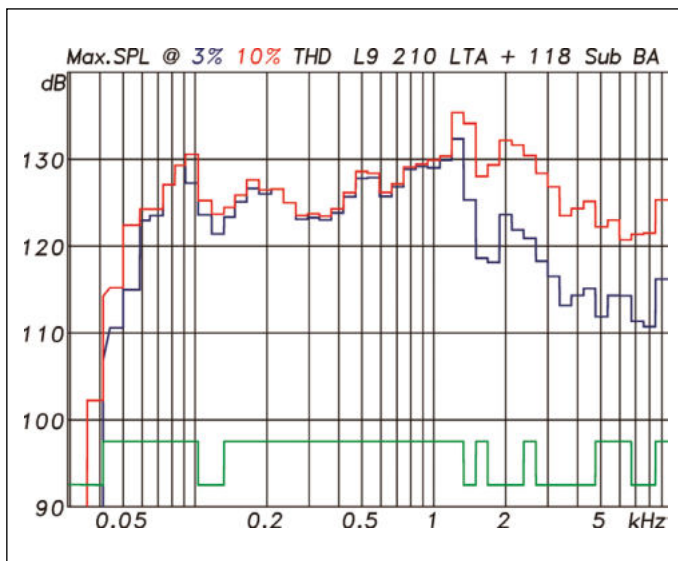
zu bilden, was entweder in der Summe zu einem sehr breiten Abstrahlwinkel oder zu starken Überlappungen der Einzelsysteme führen würde. Für die Bildung von Arrays sollte man daher möglichst in der relevanten Ebene eng strahlende Systeme nehmen, so wie man es auch von Line-Arrays in der vertikalen Ebene kennt.

Die Lösung für die 210 LTA liegt in der Drehung des Hochtonsystems. Werden die 25° Abstrahlwinkel in die horizontale Ebene gedreht, dann prädestiniert sich das Topteil für ein horizontales Constant Curvature Array. Dank des MCT-Konzeptes konnte das Hochtonsystem so konstruiert werden, dass es trotz des 60 × 25 Grad Abstrahlwinkels eine quadratische Austrittsfläche hat und damit auch drehbar ist. Mechanisch und die Gehäusekonstruktion betreffend, bedeutete das gegenüber einer normalen Konstruktion für ein drehbares Horn zwar einen gewissen Mehraufwand, der dann aber auch zu sehr guten Ergebnissen führt, wie die durchgeführten Messungen zeigen. In der Praxis geht die Drehung des Horns leicht vonstatten, indem man vier tiefsitzende Schrauben löst, das Horn dreht und wieder verschraubt. Das Frontgitter deckt nur die beiden Tieftöner ab und muss dafür nicht entfernt werden. Die Kombination aus Horn und Treiber ist jedoch relativ schwer, so dass man die Box dazu am besten auf den Rücken legt.

Die 210 LTA wurde zunächst als Einzelsystem mit der Hornposition 60 × 25 gemessen. Abb. 12 zeigt für die horizontale Ebene ab ca. 1,3 kHz aufwärts ein perfektes 60°-Abstrahlverhalten. Für tieferen Frequenzen weiten sich die Isobaren aus, da hier das Abstrahlverhalten nur noch durch die 10"-Tieftöner bestimmt wird. In der Vertikalen (Abb. 13) werden die 25° der Hochtoneinheit ebenfalls sehr gut eingehalten und bilden einen passenden Übergang zu der in der Vertikalen ebenfalls enger abstrahlenden Anordnung der beiden 10"-Tieftöner. Der eigentliche Übergangsbereich bei 1,35 kHz ist dank der steilen und linearphasigen Trennung mit FIR-Filtern nur durch eine kleine Einschnürung zu erkennen.

Mit gedrehtem Horn verlaufen die Isobaren dann nicht mehr ganz so gleichmäßig. In der vertikalen Ebene (Abb. 14) ergibt sich aber trotzdem noch ein gut nutzbarer 60°-Öffnungswinkel.

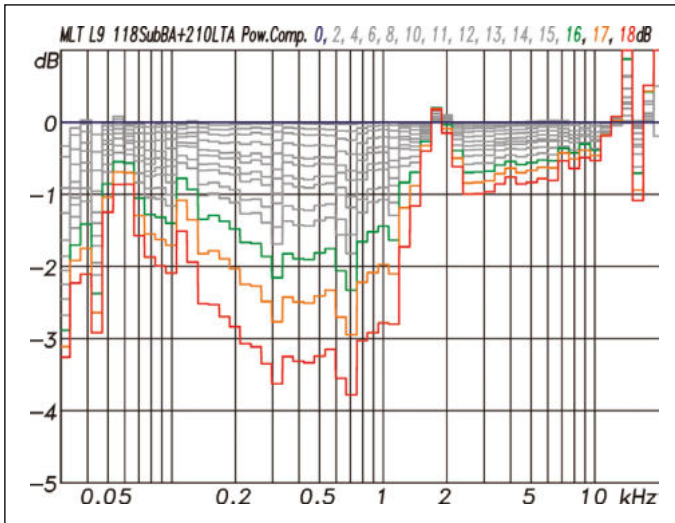
In der Horizontalen (Abb. 15) schnüren sich die Isobaren oberhalb der Trennfrequenz spontan ein, was nicht weiter verwundert, da das Horn hier jetzt mit seiner 25°-Ebene arbeitet. Als Einzelsystem würde man diese Konstellation so



Sinusburstmessung für den Maximalpegel der Kombination aus einem Topteil 210 LTA mit einem 118 Sub BA für höchstens 3% (blau) und höchsten 10% (rot) Verzerrungen. Die untere grüne Kurve zeigt an, wo die Messung durch den Einsatz eines Limiters gestoppt wurde (Abb. 18)

auch nicht nutzen. Ganz anders sieht es dann im Array mit zwei oder drei Topteilen aus, wenn sich die 25°-Einzelsysteme zu 50° oder 75° ergänzen. Das Zusammenspiel gelingt perfekt ohne Lücken oder störende Interferenzen. Der Gehäusewinkel der 210 LTA beträgt passend dazu auch 25°, so dass die Topteile im Array dicht an dicht aufgestellt werden können. Um dem Array auch mechanisch Stabilität zu geben, gibt es im Boden und Deckel der Gehäuse verschiebbare Metallaschen, die eine feste Verbindung zwischen zwei Boxen ermöglichen. →



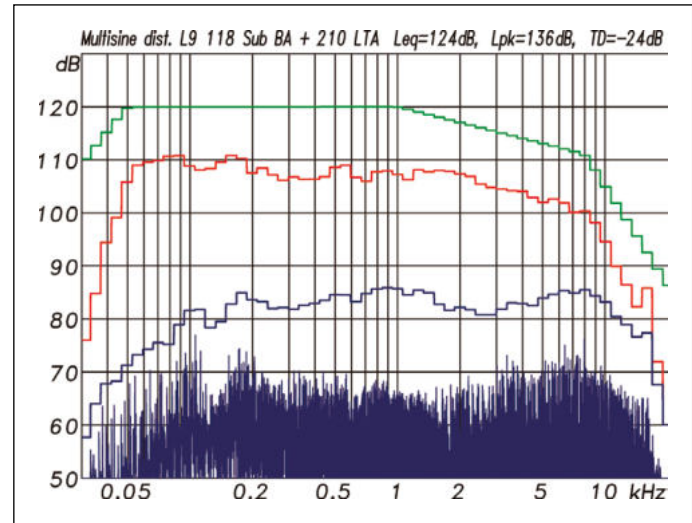


Pegelverlust gegenüber einer Referenzmessung im linearen Kleinsignalbereich des Lautsprechers. Von dort wurde der Pegel zunächst in 2-dB-Stufen und dann in 1-dB-Stufen bis maximal +18 dB gesteigert. Bei +16 dB (grün) überschreiten erste Frequenzbänder den Grenzwert 2 dB. Die Kurven aus Abb. 21 basieren auf der Messung der grünen Kurve (Abb. 19)

Maximalpegel

Für die Bestimmung des Maximalpegels wurde eine Kombination aus einem Topteil 210 LTA und einem Subwoofer 118 Sub-BA genutzt. Die erste Messung mit der Sinusburstmethode lieferte die in Abb. 18 gezeigten Kurven. Zwischen 50 Hz und 1 kHz liegen die beiden Kurven für maximal 3% und maximal 10% Verzerrungen sehr eng zusammen oder überlagern sich sogar, was bedeutet, dass die 10% Verzerrungen hier nicht erreicht werden, bevor ein Limiter eingreift und eine weitere Steigerung des Pegels und der Verzerrungen verhindert. Als zusätzliche Information des Messsystems wurde in Abb. 18 noch die grüne Kurve eingeblendet, die anzeigt, wann der Messalgorithmus einen Limiter erkannt hat. Die gemessenen Pegel beziehen sich auf Vollraumbedingungen und auf 1 m Entfernung. Die gemessenen Werte stimmen weitgehend mit den Angaben aus dem Datenblatt überein, dass für das Topteil 133 dB und für den Subwoofer 134 dB im Mittel für den Halbraum (+6 dB) angibt.

Die zweite Messreihe zum Thema Maximalpegel nutzt das bekannten Multitonsignal mit einem EIA-426B-Spektrum und 12 dB Crestfaktor für die Messung des Maximalpegels. Die Grenzwerte für diese Messung sind so definiert, dass die Verzerrungen maximal -20 dB (10%) betragen dürfen und die Powercompression von mehreren benachbarten Frequenzbändern nicht mehr als 2 dB betragen darf.



Testsignal mit EIA426B Spektrum und einem Crest-Faktor von 12 dB es werden 124 dB als Mittelungspegel und 136 dB Spitzenpegel erreicht, der Verzerrungsanteil beträgt dabei -24 dB (Abb. 21)

Für die Messreihe in Abb. 19 wurde der Pegel beginnend im linearen Arbeitsbereich des Lautsprechers bei 0 dB (hier entsprechend -10 dBu) Messsignalpegel und einem Schalldruck von 109,2 dB bezogen auf 1 m Entfernung zunächst in 2-dB-Schritten und dann in 1-dB-Schritten bis auf +18 dB gesteigert. Die in Abb. 19 abgebildeten Kurven zeigen für diese Messungen den Pegelverlust gegenüber dem rechnerischen Wert für den Pegelbereich von 0 dB bis +18 dB. Die grüne Kurve wurde bei +16 dB ermittelt, wo das System aus Verstärker und Lautsprecher noch ganz knapp innerhalb des Grenzwertes von maximal 2 dB Compression arbeitet. Die orange und die rote Kurve überschreiten den Wert dann im Arbeitsbereich der Tieftöner deutlich. Der für die grüne Kurve gemessene Schalldruck als Mittelungspegel L_{eq} beträgt 124 dB und der Spitzenwert L_{pk} 136 dB (Abb. 21). Der Verzerrungsanteil liegt bei -24 dB. Auch diese Werte beziehen sich auf den Vollraum in 1 m Entfernung. Das Datenblatt gibt dazu einen Wert von 142 dB, jedoch für den Halbraum (+6 dB) an, so dass auch hier eine gute Übereinstimmung vorliegt.

Hörtest

Für den Hörtest wurde ein Stereo-Set mit zwei Topteilen 210 LTA und zwei Subwoofers im reflexionsarmen Raum aufgebaut. Ohne jetzt lange nach passenden Beschreibungen zu suchen, könnte man kurz und knapp sagen: voll

überzeugend. Das Set HK Audio Linear 9 kommt ohne Effekthascherei oder Übertreibungen aus und klingt trotzdem kräftig und umfassend bei maximaler Neutralität. Der Bandpass-Subwoofer passt sich gut in das System ein und drängt sich nicht auf. Aufgrund der mit 105 Hz relativ hohen Trennfrequenz sollte man jedoch darauf achten, dass Topteile und Subwoofer möglichst dicht beieinanderstehen.

Der Hochtöner überzeugt durch eine feine und detailreiche Wiedergabe und lässt einen Hörer schnell vergessen, dass man hier eine große PA hört und keine HiFi-Anlage vor sich hat.

Preise HK Audio Linear 9 Serie

210 LTA Topteil 2 × 10 60x25	3.499 €
110 XA Topteil 1 × 10" 80x60	1.599 €
112 XA Topteil 1 × 12" 70x50	1.649 €
118 Sub A 1 × 18" Bassreflex	2.399 €
118 Sub BA 1 × 18" Bandpass	3.299 €

(alle Preise UVP laut Preisliste)

Fazit

Mit dem Topteil 210 LTA und dem Subwoofer 118 Sub BA aus der Serie Linear 9 gelingt HK Audio der Spagat zwischen einer kompakten Club-PA und einem System, mit dem sich bei Bedarf auch mittlere Hallen und kleine Open Airs beschallen lassen. Das Topteil spielt als Einzelsystem mit Subwoofer ebenso gut wie im Array mit zwei oder drei Boxen. Die voll aktive Betriebsart mit einer einfachen Auswahl der Setups ermöglicht einen schnellen und wenig fehlerträchtigen Aufbau. Wer mehr Einfluss nehmen möchte, kann dies über die zugehörige Software tun, die via Netzwerk alle eingebundenen Lautsprecher als System auf dem PC abbildet und diverse Einstellungen zum Pegel, für Delays und EQs ermöglicht. Die Verarbeitung und Ausstattung sind erwartungsgemäß auf professionellem Niveau. Ein Blick in die Preisliste zeigt zudem, dass man mit der Serie Linear 9 sehr gute PA-Lautsprecher für verträgliche Kosten erhält, und man die Investition sicherlich nicht bereuen muss. ■



■ **Hörtest** mit Aufbau im reflexionsarmen Raum