PRODUCTION PARTNER
Fachmagazin für Veranstaltungstechnik

Test
aus Ausgabe 06/2019

Self-powered Compact Line-Array
Meyer Sound LINA

Meyer Sound stellt als Nachfolger der MINA-Modelle in der LEO-Familie die LINA mit neuen Treibern, neuen Endstufen und verbesserter Signalverarbeitung vor. LINA verspricht dadurch geringere Verzerrungen, mehr Headroom für Signalspitzen und eine insgesamt gesteigerte Performance

Text und Messungen: Anselm Goertz | Fotos: Dieter Stork (2), Anselm Goertz, Detlef Hoepfner (3)

Das Fachportal für die AV- und Event-Branche
PRODUCTION PARTNER

Line-Arrays der Größenklasse von zwei 6,5"-Chassis gehörenzu den sehr gerne eingesetzten Systemen im Rental-Betrieb und auch bei Festinstallationen: Abmessungen und Gewicht erlauben den Einsatz auch unter beengten räumlichen Verhältnissen, in denen größere Lautsprecher unabhängig von der Bauart nicht eingesetzt werden könnten. Ein weiterer Pluspunkt ist die Flexibilität dieser kompakten Line-Arrays – als Main-PA können (abhängig von der Länge des Arrays) kleine und mittelgroße Hallen beschallt werden. Ebenso ist aber auch der Einsatz als Side-Fill auf großen Bühnen, als Down-Fill unter großen Arrays oder auch als Einzelsystem an der Bühnenkante möglich. Zusammen mit den zugehörigen Subwoofern eignen sie sich auch bestens als Kompakt-PA für Club-Gigs und ähnliches.

Meist haben diese Compact Line-Arrays einen nominellen horizontalen Abstrahlwinkel zwischen 80° und 110° (wie die hier vorgestellte Meyer Sound LINA mit nominellen 100°). Damit eignen sie sich für viele der genannten Anwendungen bereits gut. Über die Anzahl der Elemente und deren Curving kann dann in der Vertikalen das Array auf die jeweilige Anwendung angepasst werden. Gegenüber klassischen Point-Source-Lautsprechern bietet ein kleines Line-Array mit 3-5 Elementen dann auch noch die Möglichkeit, in der Vertikalen sehr eng und gezielt auf das Publikum abzustrahlen, ohne dabei den Raum unnötig stark anzuregen oder Reflexionen von der Decke zu erzeugen. Ähnlich sieht es mit den zugehörigen Subwoofern aus, die dank ihrer vielen Einsatzmöglichkeiten als einfacher Bass im Ground-Stack, als Flugbass im Array und als Cardioid-Anordnung am Boden oder geflogen eingesetzt werden können. Speziell für den Verleihbetrieb ist daher die Flexibilität dieser Art Systeme der ganz große Pluspunkt. Ein weiterer sehr wichtiger Aspekt ist die Betriebssicherheit. Hier spielt zum einen die Ausfallsicherheit eine große Rolle, aber auch die Vermeidung von Fehlbedienung oder falscher Konfiguration. Bei Meyer Sound setzt man daher speziell unter diesem Aspekt konsequent auf aktive Selfpowered-Systeme, bei denen Lautsprecher, Endstufen und Controller als eine Einheit immer exakt passend miteinander agieren. Falsche Presets, unpassende Endstufen oder auch Verkabelungsfehler kann es hier erst gar nicht geben, womit eine große Fehlerquelle bereits von vorne herein ausgeschlossen ist. Bei Meyer Sound haben aktive Selfpowered-Lautsprecher schon eine jahrzehntelange Tradition, sodass man John Meyer durchaus als Pionier dieses Lautsprecherkonzeptes bezeichnen kann. Auch aus technischer Sicht gibt es noch einige Pluspunkte wie kurze Kabelwege und immer optimal angepasste Endstufen auf die jeweiligen Lautsprecher. Möchte man bei Line-Arrays neben dem mechanischen Curving auch elektronisches Beamforming nutzen, ergibt sich aus dem Selfpowered-Konzept noch ein weiterer Vorzug, da man hier jeden Lautsprecher separat filtern kann.

Auf der anderen Seite stehen aber auch die Kosten und der Aspekt der Servicefreundlichkeit. Eine große Endstufe, die viele Line-Array-Elemente und/oder Subwoofer versorgen kann, ist in der Regel günstiger als der Aufpreis für einen Selfpowered-Lautsprecher. Beim Service wird speziell bei Festinstallationen manchmal die Sorge geäußert, dass im Falle eines Defektes der Lautsprecherelektronik großer Aufwand für den Austausch erforderlich werden kann. Beides hat somit seine Vor- und Nachteile, und je nach Art der Anwendung wiegt das eine oder andere Argument schwerer.

LINA im Detail

Zum Test gestellt von Meyer Sound wurde das neue Line-Array LINA zusammen mit dem Subwoofer 750-LFC. Topteile und Subwoofer sind im Rigging zueinander kompatibel und können zusammen geflogen oder als Ground-Stack eingesetzt werden. Die Netto-Gehäusebreite beträgt 471 mm; bei den Subwoofern kommen noch die optional von außen aufgesetzten Griffschienen hinzu und bei den Topteilen die Pins der Flugvorrichtung. Schauen wir uns zunächst die LINA-Line-Array-Elemente an. Typisch für Meyer-Sound machen die Lautsprecher einen sehr soliden und robusten Eindruck. Die Front ist durch ein stabiles Gitter mit hinterlegtem Schaumstoff geschützt, das Gehäuse besteht aus Multiplex mit schwarzem Strukturlack und die Flugvorrichtungen sind seitlich von außen aufgesetzt. Die Flughardware ist als Vierpunkt-System ausgeführt, was für ein kleines Line-Array eher ungewöhnlich ist, sich aber auch damit begründet, dass die gesamte Fläche auf der Rückseite mit dem Elektronikmodul belegt ist. Schraubt man das Frontgitter ab, dann dominiert das Horn respektive Waveguide das Bild. Hinter den seitlichen Flächen des Waveguides angeordnet sieht man die beiden 6,5"-Tieftöner auf den schräg nach innen verlaufenden Teilen der Front. Der Aufbau stellt aus akustischer Sicht für die beiden Tieftöner eine Art Bandpasskammer dar. Die 6,5"-Treiber stammen ebenso wie der 3"-Kompressionstreiber und dessen Horn aus der hauseigenen Entwicklung und Fertigung bei Meyer Sound. Die Bassreflexöffnungen des Gehäuses befinden sich in den Griffschalen. Baut man die Elektronik auf der Rückseite aus, dann wird der Blick auf die Treiber frei. Die Tieftöner und der Hochtöner sind mit Neodym-Magneten ausgestattet. Beim Hochtontreiber ist zur besseren Wärmeabfuhr noch ein Kühlprofil aufgesetzt. Inte-

ressant ist der auf der linken Seite mittig im Gehäuse angeordnete Lüfter, dessen Aufgabe darin besteht, bei Bedarf für Luftbewegung im Gehäuse zu sorgen. Etwas Luftaustausch kann über die Bassreflexports erreicht werden. Die Abwärme im Gehäuse stammt von den Treibern und der eingebauten Elektronik, die nur durch ein Lochblech vom Gehäusevolumen getrennt wird. Nach außen kann die Elektronik die Wärme über ein großflächiges Kühlprofil, das ca. 2/3 der Rückseite belegt, abgeben.

Die Elektronik in der LINA besteht aus drei Class-D-Endstufen, einem DSP-System und diversen peripheren Schaltungen zur Überwachung des Lautsprechers. Die Gesamtleistung der Endstufen als Spitzenwert wird im Datenblatt mit 1950 W angegeben. Den Spitzenwerten kommt bei Meyer Sound eine besondere Bedeutung zu, da man bei der Musikwiedergabe besonderen Wert auf eine unverzerrte und nicht komprimierte Wiedergabe einzelner Peaks im Signal legt, was letztendlich die Dynamik in der Wiedergabe ausmacht. In diesem Zusammenhang entstand unlängst auch das neue Messverfahren mit M-Noise (siehe unseren weiteren Beitrag zu M-Noise).

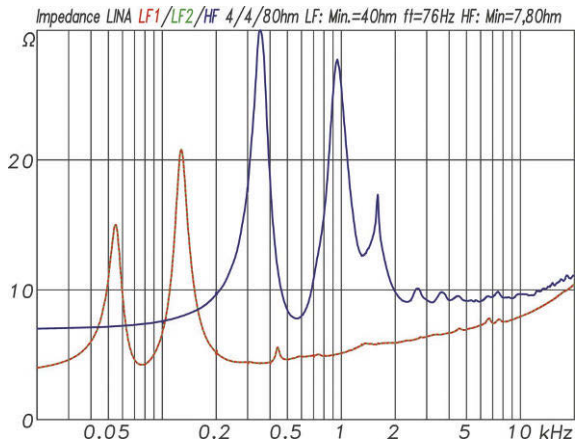
Eine einzelne LINA *für eine erste Messung im reflexionsarmen Raum (das Mikrofon liegt unten rechts)*

HF-Waveguide *in der LINA. Hinter den seitlichen Flächen des Waveguides angeordnet sieht man die beiden 6,5"-Tieftöner*

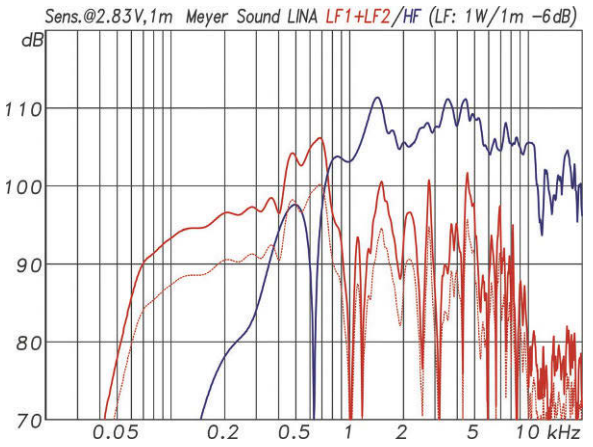
Um auch einen Einblick in die Eigenschaften der Einzelwege zu bekommen, wurden zunächst der LF- und HF-Weg in der LINA separat gemessen, d. h. direkt mit den Treibern am Messverstärker, ohne die interne Elektronik zu nutzen. Abb. 1 zeigt die so entstandenen Impedanzkurven. Die beiden Tieftöner sind 4-Ohm-Systeme, der Hochtöner ist ein 8-Ohm-Treiber. Etwas ungewöhnlich sind die 4 Ohm der Tieftöner. Mit der relativ niedrigen Impedanz lassen sich die zwei Endstufen für die Tieftöner optimal ausnutzen. Die Resonatoren des Bassreflexsystems sind auf 76 Hz abgestimmt.

Im Frequenzgang der Tieftöner (Abb. 2) erkennt man, dass der LF-Weg mit dieser Abstimmung gut bis 70 Hz hinab nutzbar ist und auch 60 Hz noch vertretbar sind. Bezogen auf 1 W / 1 m liegt die mittlere Sensitivity bei ca. 90 dB mit einem deutlichen Anstieg oberhalb von 400 Hz bis auf 100 dB. Dieser kräftige Zugewinn entsteht durch die Bandpasskammer vor den Membranen. Oberhalb von 800 Hz bricht die Kurve dann jedoch steil ein, wo der Tiefpassanteil des Bandpasses wirksam wird. Entsprechend erfolgt auch die Trennung der beiden Wege bereits knapp unterhalb von 800 Hz. Die Kombination des kräftigen Hochtontreibers zusammen mit dem großen Horn spielt trotz der tiefen Trennung gut mit. Die zugehörige Kurve aus Abb. 2 zeigt, dass der Hochtöner genau passend bei 800 Hz voll im Spiel ist und vom Tieftöner übernehmen kann.

Ein Blick auf das Anschlussfeld der LINA zeigt einen Powercon-Stromanschluss mit Link-Ausgang, zwei orange Weidmüller-Stecker und einen fünfpoligen XLR-Anschluss mit Link-Buchse. Neben dem Audiosignal führt die XLR-Buchse auf den Pins 4 und 5 auch noch das RMS-Signal (Remote Monitoring System) für die Fernsteuerung und Überwachung der Lautsprecher. Für die LINA-Systeme ist das RMS-Modul



Impedanzkurven *der der beiden LF-Wege (rot und grün) und des Hochtöners (blau). Die beiden Tieftöner sind 4-Ω-Systeme, der Hochtöner ist ein 8-Ω-Treiber. Die Abstimmfrequenz des Bassreflexgehäuses liegt bei 76 Hz (Abb. 1)*



Frequenzgänge *des LF- (rot) und HF-Weges (blau) mit Angabe der Sensitivity bezogen auf 2,83 V / 1 m. Die beiden Tieftöner wurden für die Messungen parallel mit 2 Ω Nennimpedanz betrieben. Zur Umrechnung auf den Wert 1 W / 1 m müssen daher für den LF-Weg 6 dB bei der Sensitivity abgezogen werden (rot gestrichelte Kurve), Abb. 2*

eine optionale Ausstattung, die alternativ zum Standard-Modul mit dreipoligen XLR-Anschlüssen bestellt oder auch nachgerüstet werden kann. Das Anschlussfeld wird durch eine Abdeckung vor Regen und Schmutz geschützt. Für einige unserer Fotos wurde diese Abdeckung abgenommen, da sonst das Anschlussfeld nicht komplett sichtbar ist.

Subwoofer Meyer Sound 750-LFC

Zur LINA kann der 750-LFC als Subwoofer eingesetzt werden. LFC steht dabei für „Low Frequency Control Element“, es handelt sich dabei um einen normalen 15"-Subwoofer im Bassreflexgehäuse, der Treiber hat jedoch eine Besonderheit aufzuweisen: Verbaut wird hier ein Doppelschwingspulen-Chassis mit zwei 2-Ohm-Spulen, wobei eine Spule innen und eine außen auf den Träger gewickelt ist. Die integrierte Elektronik verfügt über zwei Class-D-Endstufen, die dann jeweils eine Spule versorgen. Ähnlich wie bei den LINA-Tieftönern können mit der niedrigen Impedanz die Endstufen sehr gut ausgenutzt werden. An 2 Ohm können die Endstufen auch bei einer eher niedrigen Ausgangsspannung eine hohe Leistung liefern. Für die Schaltung bedeutet das: Es können auch Halbleiter und Kondensatoren mit geringerer Spannungsfestigkeit eingesetzt werden, die besser verfügbar (und auch günstiger) sind. Die sonst unvermeidlichen Probleme im 2-Ohm-Betrieb mit hohen Kabel- und Kontaktverlusten gibt es hier nicht, da sich die Endstufen in unmittelbarer Nähe zum Lautsprecher befinden.

Rückseite *der LINA mit Kühlprofil und Anschlussfeld (die Schutzhaube wurde für das Foto vorübergehend entfernt)*

Zwei 6,5"-Tieftöner mit Neodymantrieb *in der LINA, mittig der HF-Treiber mit 3"-Membran, der linke Tieftöner wird von einem Lüfter verdeckt, der bei Bedarf für Luftbewegung im Gehäuse sorgt*

Anschlussfeld mit RMS-Input-Modul *das Remote Monitor System ermöglicht eine detaillierte Überwachung des Lautsprechers mit Hilfe eines RMS-Servers und der zugehörigen Compass-Software*

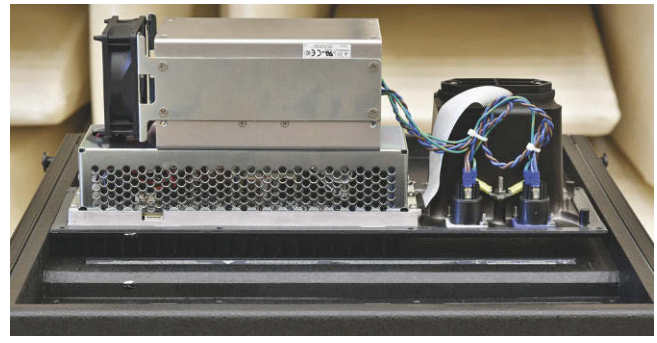
Die Elektronik im 750-LFC ist vergleichbar der in LINA aufgebaut. Die Gesamtleistung der beiden Endstufen ist mit 3100 W Peak jedoch höher. Entsprechender kräftiger ist auch das Netzteil ausgelegt, das in diesem Fall auch über einen eigenen Lüfter verfügt. Das Eingangsmodul des 750-LFC ist identisch zur LINA aufgebaut und kann ebenfalls alternativ mit oder ohne RMS-Option ausgestattet werden. Etwas ungewöhnlich für einen Subwoofer ist der direkte Einbau der Elektronik in das aktive Volumen des Tieftöners ohne eigene Gehäusekammer. Hier könnte man Bedenken haben, ob die Elektronik den heftigen Vibrationen auf lange Sicht betrachtet standhält. Aufgrund der langjährigen Erfahrung bei Meyer Sound beim Bau aktiver Subwoofer kann man jedoch davon ausgehen, dass dieser Aspekt hinreichend berücksichtigt und geprüft wurde.

Die Impedanzkurven der beiden Antriebsspulen des Tieftöners aus Abb. 3 zeigen eine Abstimmung des Gehäuseresonators auf 44 Hz und ein Impedanzminimum von 2,5 Ohm, so dass der Treiber rein formal auch fast noch als System mit nominellen 2 × 3 Ohm angegeben werden könnte. Diese Formalität spielt in einem aktiven System jedoch ohnehin keine relevante Rolle.

Misst man die Sensitivity des Tieftöners (Abb. 4) an den üblichen 2,83 V / 1 m, dann ergibt sich ein für ein einzelnes 15"-Chassis ungewöhnlich hoher Wert von 98 dB bereits ab 50 Hz aufwärts. Der Grund findet sich darin, dass beide Spulen des Chassis zusammen eine Nennimpedanz von ca. 1,5 Ohm haben, so dass für den Wert 1 W / 1 m bezogen auf diese Impedanz 7,25 dB abgezogen werden müssen. Die so verschobene Kurve zeigt dann noch Werte von 90-92 dB im relevanten Frequenzbereich.

Äußerlich sind die 750-LFC ähnlich wie die LINAs mit einer von außen aufgesetzten Flugmechanik ausgerüstet. Anders als bei den Line-Array-Tops ist die Flugmechanik hier jedoch optional, da nicht jeder die Subwoofer auch fliegen möchte und die Mechanik dazu nicht nur schwer, sondern auch kostspielig ist. Auf die beiden außen aufgesetzten Metallrahmen für den Flugbetrieb können auch noch Griffschienen aufgeschraubt werden, die eine sichere Handhabung und ein einfaches Hantieren ermöglichen, die Box aber auch insgesamt um 76 mm breiter machen. Mit Rigging-Kit bringt der 750-LFC nicht unerhebliche 47,6 kg auf die Waage, ohne Rigging 40,3 kg. Auf der Fronseite gibt es ein solides Gitter mit hinterlegtem Schaumstoff. Wirft man einen Blick ins Innere,

Subwoofer Meyer Sound 750-LFC *zum LINA-System im reflexionsarmen Raum*



Elektronikmodul des 750-LFC *im oberen Teil befindet sich das Schaltnetzteil, im unteren zwei Endstufen mit einer Peakleistung von insgesamt 3100 W. Der 15"-Treiber in dem 750-LFC ist ein Dual-Coil-Chassis mit zwei Schwingspulen mit je 2 Ohm Nennimpedanz*

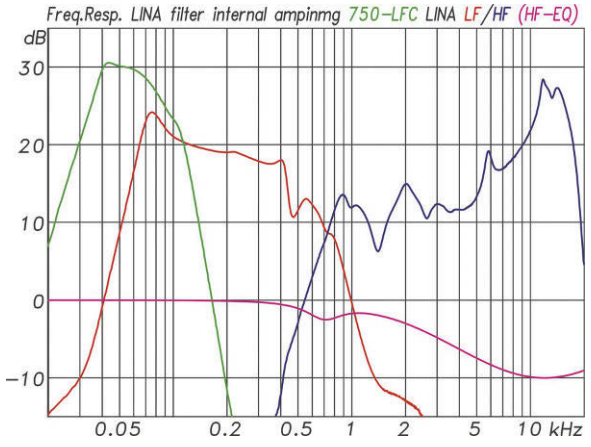
dann finden sich auch in dem 750-LFC zwei frei montierte Lüfter, die bei Bedarf beginnen, die Luft im Gehäuse zu verwirbeln und die Abwärme der Endstufen zu verteilen.

Zusammenspiel: Meyer Sound LINA/750-LFC

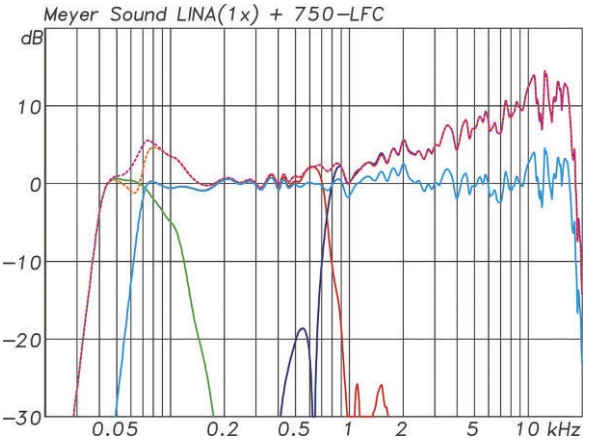
Wie die einzelnen Wege der LINA und des 750-LFC zusammenspielen, darum braucht sich der Anwender ja keine Gedanken zu machen. Die integrierten Controller sind fest konfiguriert und stellen alle notwendigen Filter- und Limiterfunktionen zur Verfügung. Die Basiseinstellung für die LINA bewirkt bereits eine Höhenanhebung um ca. 10 dB als Coupling-Kompensation für Arrays mit 3-6 Elementen. Abb. 5 zeigt dazu die Filterkurven ebenso wie den HF-EQ, wenn die Höhenanhebung für die LINA als Einzelsystem aufgehoben werden soll. Ein solches Filter würde bei Bedarf im Galileo-Galaxy-Controller eingestellt, der in verschiedenen Größen und Ausstattungsvarianten erhältlich ist. Neben den Filterfunktionen der LINA findet sich in Abb. 5 auch noch die Filterfunktion des 750-LFC. Welches Resultat die Filter zusammen mit den Lautsprechern liefern zeigt Abb. 6. Eine Hochpassfilterung der LINA-Systeme zusammen mit den Subwoofern ist im Normalfall nicht vorgesehen. Durch die Überlappung kommt es dann im Bassbereich zu einer gewissen Überhöhung, die auch so gewollt ist. Die beiden gestrichelten Kurven zeigen den Verlauf der Summenfunktion aus dem LINA-System mit 750-LFC einmal in der Grundeinstellung (orange) und mit einer kleinen Delay-Anpassung (rot).

Diskussion der Systemgrundlagen *Merlijn van Veen (r.) und Anselm Goertz*

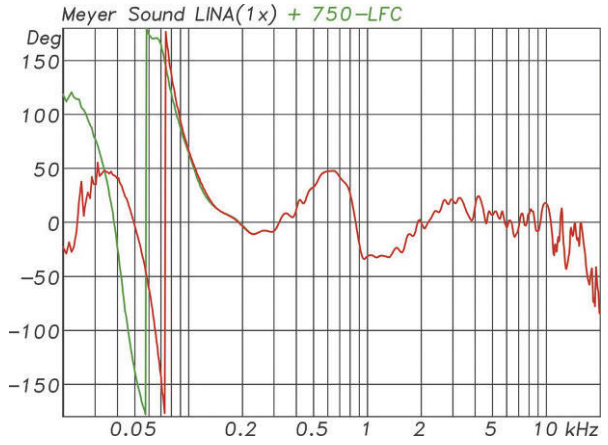
Ein Blick ins Datenblatt der LINA zeigt einen Wert für die Phase Response von ±45° für den Frequenzbereich von 100 Hz bis 18 kHz. Die in Abb. 7 dargestellten Phasengänge bestätigen die Werte. Der weitgehend linearphasige Verlauf wird mit Hilfe von einfachen minimalphasigen Filtern und Delays erreicht. FIR-Filter werden hier nicht eingesetzt.



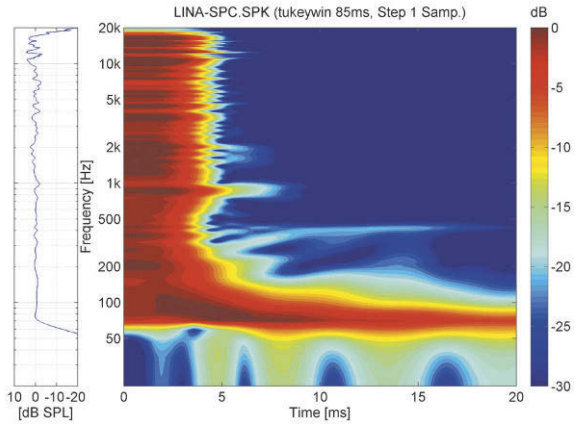
Filterfunktionen *der integrierten Elektronik für den 750-LFC Subwoofer (grün) und für den LF- und HF-Zweig in der LINA, unten die für die Messung einer einzelnen Box eingestellten HF-Kompensation (Abb. 5)*



Frequenzgang *der LINA solo mit LF- und HF-Weg (rot und blau) und mit 750-LFC Subwoofer, die im Normalfall überlappend mit den Topteilen betrieben wird. Die LINA-Tops sind bereits für kleine Arrays mit 3-6 Elementen vorgefiltert. Die hellblaue Kurve zeigt eine einzelne LINA mit HF-Kompensation (Abb. 6)*



Phasengang *der LINA solo (rot) und in Kombination mit dem Subwoofer 750-LFC (grün), Abb. 7*

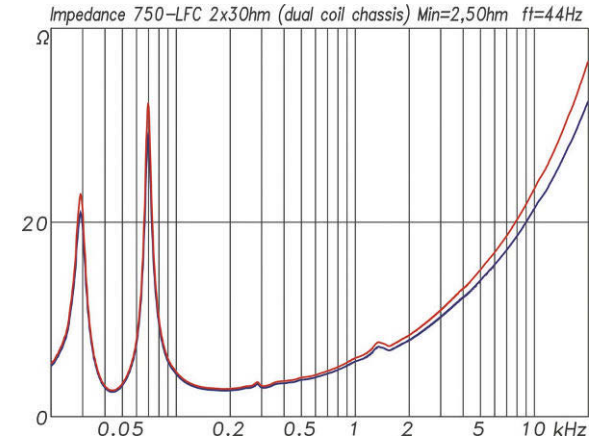


Spektrogramm *der LINA mit HF-EQ für den Betrieb als einzelne Box (Abb. 8)*

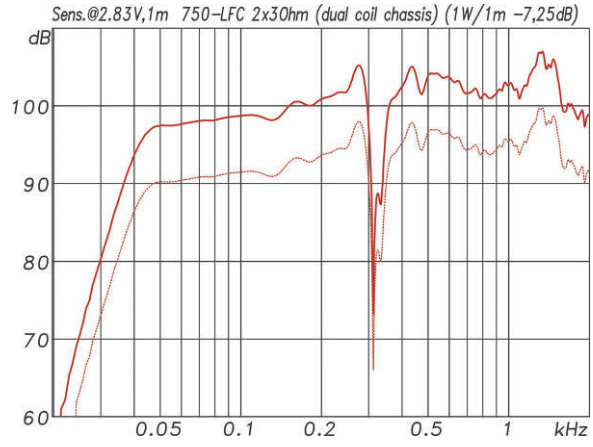
Das Spektrogramm der LINA aus Abb. 8 wurde aus der Messung einer einzelnen Box mit Hochtonkompensation für einen geraden Frequenzgang erzeugt. Besonders auffällige Resonanzen gibt es keine. Lediglich bei 900 Hz ist ein etwas längeres Nachschwingen zu beobachten. Einige weitere kleine und schmale Resonanzen, die sonst noch zu erkennen sind, sind weiter nicht relevant. Das lange Nachschwingen bei 70 Hz entsteht durch die Phasendrehung der Hochpassfunktionen des Bassreflexgehäuses und der zusätzlichen elektrischen Hochpassfilterung.

LINA-Directivity

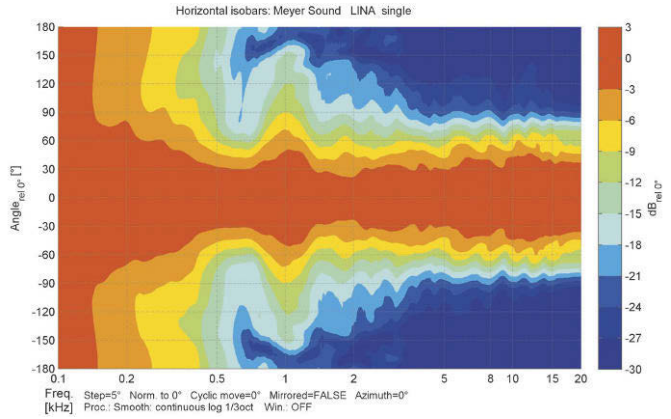
Die Directivity eines Line-Arrays definiert sich in der Horizontalen über das Abstrahlverhalten der jeweiligen Elemente und in der Vertikalen über das Array im Ganzen, d. h. über dessen Länge und das Curving. Line-Array-Lautsprecher sind daher mit speziellen Hörnern oder Waveguides für die horizontale Ebene aufgebaut. In der Vertikalen versucht man eine entweder möglichst ebene oder kontrolliert vorgekrümmte Wellenfront abzustrahlen, womit das Zusammenspiel im Array möglich wird. Bei Meyer Sound nennt man



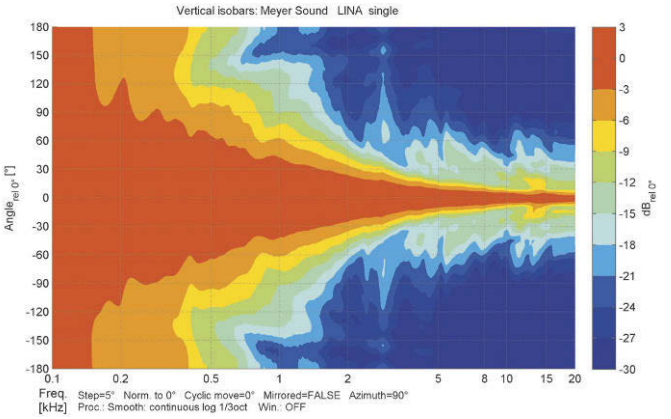
Impedanzkurven *der beiden Schwingspulen des Tieftöners mit je 2 Ohm Nennimpedanz, das Gehäuse ist auf 44 Hz abgestimmt (Abb. 3)*



Frequenzgang *des 750-LFC mit Angabe der Sensitivity bezogen auf 2,83 V / 1 m. Die beiden Schwingspulen des Tieftöners wurden für die Messungen parallel betrieben. Zur Umrechnung auf den Wert 1 W / 1 m müssen daher 7,25 dB bei der Sensitivity abgezogen werden (rot gestrichelte Kurve), Abb. 4*



Horizontale Isobaren *der LINA. Der nominelle Öffnungswinkel von 100° wird mit kleinen Abweichungen ab ca. 400 Hz aufwärts gut eingehalten (Abb. 9)*



Vertikale Isobaren *der LINA mit einem sich gleichmäßig zuspitzenden Verlauf der Isobarenlinien (Abb. 10)*

diese Art des Horns „CD Horn with REM manifold". REM steht hier für das 2003 für Meyer Sound patentierte Waveguide „Ribbon Emulation Manifold". Ein 2005 von Perrin Meyer veröffentlichtes White Paper erläutert die Details dazu.

Die Messung des horizontalen Abstrahlverhaltens für ein Line-Array-Element unterscheidet sich nicht weiter von der eines normalen Lautsprechers. Der Lautsprecher wird dazu im reflexionsarmen Raum an einer Drehvorrichtung montiert und in der zu messenden Ebene von −180° bis +180° eine volle Kreisbahn gedreht. Die Messung erfolgt typischerweise in 5°-Schritten, so dass eine Ebene mit 73 Einzelmessungen erfasst wird. Zur früheren Zeiten, als die Polarmessung noch mit Pegelschreibern auf kreisrundem Papier erfolgte, wurden die Ergebnisse als Polardiagramme dargestellt. Die anschaulichen Diagramme stellten so die gemessenen Pegelwerte in Abhängigkeit vom Winkel dar. Diese Art der Darstellung ist jedoch pro Kurve auf eine Frequenz oder einen Frequenzbereich beschränkt. Bei mehreren Kurven in einem Diagramm wird es zudem schnell unübersichtlich. Mit moderner PC-Messtechnik hat sich daher das Isobarendiagramm durchgesetzt. Die x-Achse zeigt die Frequenz, die y-Achse den Winkel und der Pegel wird über der aus x- und y-Achse aufgespannten Fläche entweder als Gebirge oder farblich differenziert aufgetragen. Die Darstellung erfolgt dabei relativ zur Hauptabstrahlrichtung. Die entsprechende Messung der LINA zeigt die Isobarendarstellung aus Abb. 9. Der nominelle Öffnungswinkel von 100° wird mit kleinen Abweichungen bereits ab ca. 400 Hz aufwärts gut eingehalten. Lediglich im Bereich der Trennfrequenz kommt es zu einer leichten Aufweitung im Abstrahlverhalten.

Für die Vertikale sind bei einem Line-Array mehrere Isobarenmessungen erforderlich. Zum einen gilt es auch wieder ein einzelnes Element zu betrachten und in weiteren Messungen mehrere Element in einem Array mit unterschiedlichen Winkeln zueinander. In der Einzelmessung stellen sich die Isobaren idealerweise als immer spitzer zulaufende Kurven dar, die möglichst keine seitlichen Nebenmaxima aufweisen sollten.

LINA-Laserpositionierung *Merlijn van Veen (Support Meyer Sound), Messingenieur Oliver Strauch und Anselm Goertz*

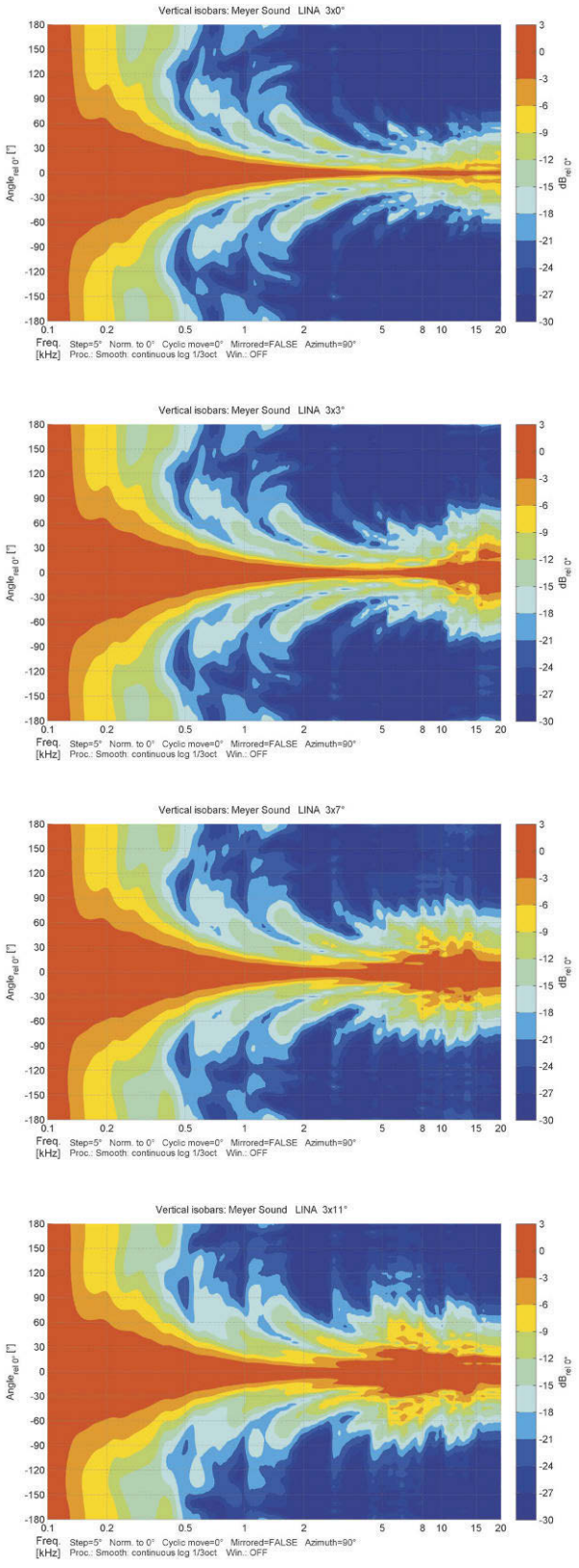
Abb. 10 zeigt diese Messung für eine einzelne LINA. Die Bildung der ebenen Wellenfront funktioniert gut. Nebenmaxima gibt es keine und die Kurven schnüren sich weitgehend stetig verlaufend ein.

Für die Array-Messungen wurde anschließend ein Array aus drei LINAs zusammengesetzt und für verschiedene Winkelungen zwischen den Boxen gemessen. Einstellbar sind Winkel von 0° bis 11° in 1°-Grad-Schritten. Die Einstellung erfolgt an der hinteren Mechanik über die Position der Kugelsperrbolzen.

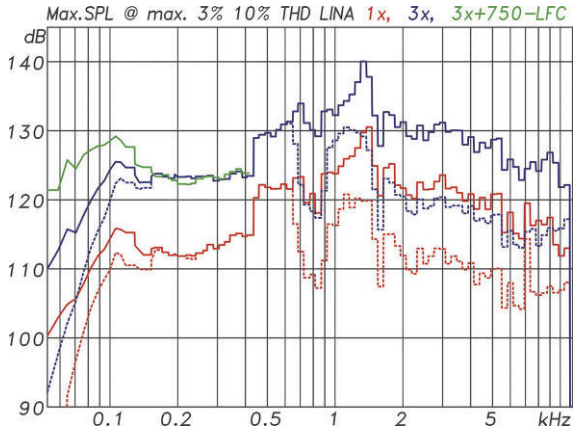
Exemplarisch wurde LINA mit Winkeln von 0°, 3°, 7° und 11° gemessen. Für die 0°-Einstellung erwartet man ein ähnliches Verhalten wie bei einer einzelnen Box mit einem entsprechend der Länge stärker ausgeprägten Richtverhalten. Dieser Effekt lässt so auch in Abb. 11 erkennen. Die seitlichen Nebenmaxima entstehen durch die räumliche Rechteckfensterung und sind unvermeidlich, liegen aber auch in einem Pegelbereich, der mehr als 12 dB unterhalb des Hauptmaximums liegt. Die Aufweitung des Hauptmaximums bei zunehmenden Winkeln zwischen den einzelnen LINA-Elementen erfolgt gut erkennbar, jedoch mit einer gewissen Zerfaserung an den Rändern. Auf der anderen Seite bleibt die zwischen den Isobaren liegende Fläche gleichmäßig und reißt auch für den maximalen Winkel Box-zu-Box von 11° nicht auf. Der in Ansätzen auch hier schon zu erkennende Low-Mid-Beam verstärkt sich bei zunehmender Länge des Arrays merklich. Ein solches Verhalten ist prinzipbedingt und tritt bei allen Line-Arrays auf. Meyer Sound (wie einige andere Hersteller auch) bietet dazu die Möglichkeit, für den Frequenzbereich bis ca. 800 Hz ein elektronisches Beamforming zu überlagern, mit dem sich der Beam aufweiten und bei Bedarf auch im Neigungswinkel noch nachjustieren lässt. Die Filter dazu werden im Galileo-Galaxy-Prozessor eingestellt. Die einzige Voraussetzung ist lediglich, dass jede Box im Array mit einem eigenen Signal aus dem Galaxy-Prozessor versorgt wird.

Meyer Sound LINA: Maximalpegel

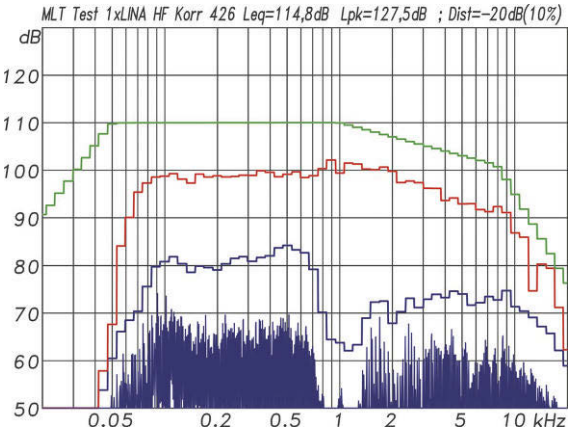
In den Testberichten verwenden wir bei Production Partner schon seit längerer Zeit zwei Methoden zur messtechnischen Bestimmung des Lautsprecher-Maximalpegels: Zum einen die Messung mit 185 ms langen Sinusburst-Signalen. Hier wird der Pegel mit einem Sinussignal für eine Frequenz so lange erhöht, bis ein bestimmter Verzerrungsanteil, typisch 3% oder 10%, erreicht wird. Der dabei gemessene Schalldruck als Mittlungspegel für die Dauer der Messung wird als Messwert festgehalten. Diese Messung wird über einen zu definierenden Frequenzbereich in Frequenzschritten von 1/12 Oktaven durchgeführt.



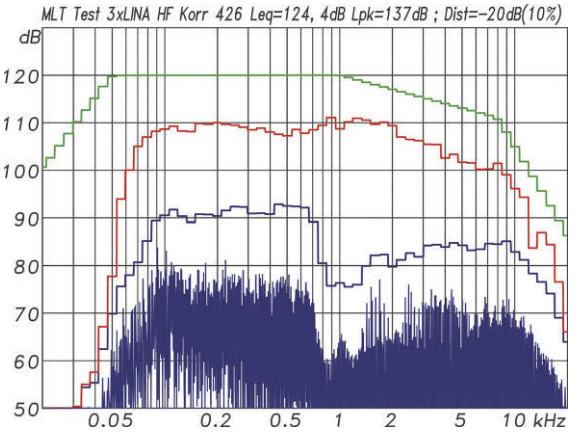
Isobaren *für ein kleines Array mit drei LINA-Systemen mit Box-zu-Box-Winkeln von 0°, 3°, 7° und 11° (Abb. 11-14)*



Sinusburst-Maximalpegelmessung *für maximal 3% und maximal 10% THD. In Rot für eine einzeln LINA, in Blau für drei Einheiten und in Grün mit 750-LFC (nur für 10% Grenzwert), Abb. 15*



Multitonmessung *einer einzelnen LINA mit HF-Kompensation. Bei maximal 10% Verzerrungen (THD+IMD) werden für ein Signal mit EIA-426B Spektrum (grün) und 12 dB Crestfaktor 114,8 dB als L_{eq} und 127,5 dB L_{pk} erreicht. Gesamtsignalspektrum in Rot und Verzerrungsanteile in Blau (Abb. 16)*



Multitonmessung *eines Arrays mit drei LINAs mit HF-Kompensation. Bei maximal 10% Verzerrungen (THD+IMD) werden für ein Signal mit EIA-426B Spektrum (grün) und 12 dB Crestfaktor 124,4 dB als L_{eq} und 137 dB L_{pk} erreicht. Gesamtsignalspektrum in Rot und Verzerrungsanteile in Blau (Abb. 17)*

Mit dem Sinusburst-Verfahren wurde zunächst eine einzelne LINA gemessen. Die beiden roten Kurven aus Abb. 15 zeigen dazu die Werte für maximal 3% und maximal 10% Verzerrungen. Dort, wo beide Kurven zusammenfallen, wurde der 10%-Grenzwert nicht erreicht, bevor ein Limiter einschritt und eine weitere Pegelerhöhung verhinderte. Das trifft für den Frequenzbereich von 150 Hz bis 700 Hz zu, wo die beiden 6,5"-Treiber mit wenig Auslenkung arbeiten und lediglich der Limiter zum Schutz vor thermischer Überlastung einer weiteren Pegelerhöhung im Wege steht. Unterhalb von 150 Hz kommen durch die hier zunehmende Membranauslenkung die Verzerrungen des Treibers ins Spiel, die dann auch den 10%-Grenzwert bestimmen. Gleiches gilt für den Arbeitsbereich des Hochtöners, wo sich die 3%- und die 10%-Kurven um 10 dB unterscheiden. Die 10 dB Differenz sind typisch für Kompressionstreiber und weisen auf k_2 dominierte Verzerrungen hin. Die blauen Kurven wurden mit gleichem Vorgehen für ein Array mit drei Einheiten LINA mit 0° Box-zu-Box-Winkeln gemessen. Entsprechend steigen die erreichbaren Werte für die 3%- und 10%-Messreihe um knappe 10 dB an. Bis 400 Hz werden ca. 123 dB erreicht, darüber hinaus 130 dB und mehr. Dabei ist jedoch zu bedenken, dass das Array mit 0° gewinkelt war. Wird der Öffnungswinkel vergrößert und/oder das Array verlängert, dann gleichen sich der Hochton- und der Tieftonbereich an. Für ein einzelnes Line-Array-Element erscheint der Hochtöner daher in der Maximalpegelmessung zunächst meist völlig überdimensioniert. Im Array koppeln dann die Tieftöner und unterstützen sich gegenseitig, während die Hochtöner sich durch das Curving den Gesamtraumwinkel teilen und dort jeweils „auf sich gestellt sind". Kommt zum 3er-Array noch ein Subwoofer 750-LFC hinzu, dann werden satte 126 dB schon bei 60 Hz möglich – mit einer Steigerung auf 129 dB bei 100 Hz. Drei LINAs als Topteile und ein 750-LFC als Subwoofer dazu geben damit schon eine ordentliche Kompakt-PA ab.

Eine zweite für die Praxis noch etwas aussagekräftigere Maximalpegelmessung ist die Multitonmessung. Die Basis des Multitonsignals besteht aus 60 Sinussignalen mit Zufalls-

phase, deren spektrale Gewichtung beliebig eingestellt werden kann. Für die in Abb. 16 und 17 gezeigten Messungen für eine einzelne LINA und das 3er-Array wurde eine Gewichtung entsprechend eines mittleren Musiksignals (grüne Kurve) gewählt. Der Crestfaktor des so synthetisierten Messsignals, der das Verhältnis vom Spitzenwert zum Effektivwert beschreibt, liegt bei einem praxisgerechten Wert von 4 (entsprechend 12 dB). Für den aus dieser Art der Messung abgeleiteten Verzerrungswert werden alle Spektrallinien aufaddiert, die nicht im Anregungssignal vorhanden sind, d. h. die als harmonische Verzerrungen oder als Intermodulationsverzerrungen hinzugekommen sind. In der Grafik sind das die blauen Linien und deren Summenkurve in 1/6 Oktav breiten Frequenzbändern. Wichtig ist es dabei zu beachten, die Frequenzen des Anregungssignals so zu generieren, dass sie nicht mit den harmonischen Verzerrungsanteilen zusammenfallen, da sie sonst nicht mehr ausgewertet werden könnten. Auch bei dieser Art der Messung wird der Pegel so lange erhöht, bis der Gesamtverzerrungsanteil (TD = Total Distortions) einen Grenzwert von 10% erreicht. Bei den Gesamtverzerrungen werden alle harmonischen Verzerrungsanteile (THD) und auch die Intermodulationsverzerrungen (IMD) berücksichtigt.

Flugvorrichtung *an der LINA mit Winkeleinstellung von 0° bis 11° in 1°-Schritten, die Anschlussfelder sind mit den Schutzhauben gegen Wasser und Staub abgedeckt*

Unter diesen Bedingungen erreichte das kleine Dreier-Array für ein typisches Musikspektrum nach EIA-426B bezogen auf 1 m Entfernung im Freifeld unter Vollraumbedingungen einen Spitzenpegel von 137 dB und einen Mittlungspegel von 124,4 dB. Für eine einzelne LINA betragen die Werte 127,5 dB Peak und 114,8 dB L_{eq}. Der L_{eq} Wert ist jeweils gut mit dem Wert aus der Messung mit Sinusbursts vergleichbar. Der ca. 12 dB höhere Peak-Wert beweist, dass das System auch bei voller Auslastung noch in der Lage ist, Signale mit einem relativ hohen Crestfaktor von 12 dB noch unverzerrt zu übertragen.

LINA-Zubehör und Flugvorrichtung

Wie es für ein professionelles Lautsprechersystem üblich ist und auch erwartet wird, gibt es für die LINA eine ganze Reihe von Zubehör für den alltäglichen Betrieb mit ständig wechselnden Anforderungen.

Für den Flugbetrieb gibt es das MINA/LINA Multipurpose Grid für bis zu 16 Einheiten LINA mit einer Sicherheit von 5:1 und BGV C1 (DGUV Vorschrift 17) Konformität bei Einhaltung der vorgegebenen Winkelbereiche. Wie die tatsächlich Lastverteilung des Arrays ist, lässt sich mit Hilfe der Meyer-Sound-Software MAPP berechnen. LINA-Systeme können dabei ohne zusätzlichen Zwischenrahmen unter den Subs 750-LFC geflogen werden. Das Multipurpose Grid kann ebenso als Basis für Ground Stacks eingesetzt werden. Für maximal zwei LINA-Systeme auf einem Stativ bzw. mit Stativstange auf einem Subwoofer oder maximal vier hängend kann das U-Bracket eingesetzt werden. Gleiches gilt für einen großen

Beispielhaftes Rack *mit Galaxy-Prozessor und SIM-Analyser*

Vergleichsmessungen mit M-Noise

In unserer Ausgabe Production Partner 3/2019 (und online www.production-partner.de) wurde das Thema M-Noise bereits ausführlich behandelt. Hier soll das Thema nun anhand der LINA-Messungen noch einmal kurz aufgegriffen werden.

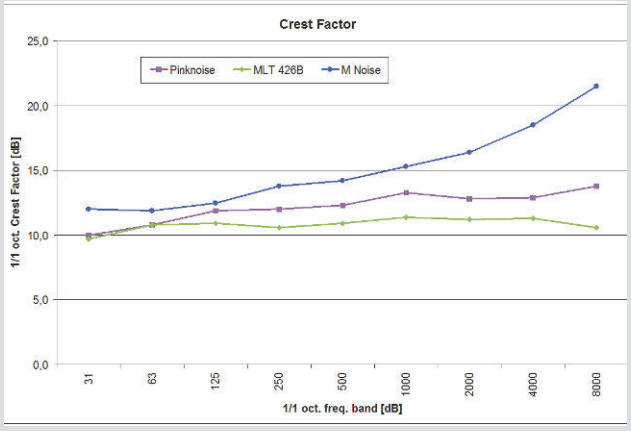
Bei Meyer Sound hatte man diverse Musiksignale untersucht und statistisch bewertet. Neben der spektralen Zusammensetzung wurde auch der Crestfaktor bestimmt, allerdings nicht nur breitbandig, wie sonst üblich, sondern auch in Abhängigkeit vom Frequenzband. Dabei kam heraus, dass der Crestfaktor in den höheren Frequenzbändern ansteigt, was speziell bei perkussiver Musik nicht überrascht.

Als naheliegende Konsequenz aus dieser Erkenntnis synthetisierte man ein neues Rauschsignal, das ein vergleichbares Verhalten zu den analysierten Musiksignalen zeigt. Das Ergebnis ist das M-Noise (das „M“ steht also nicht für „Meyer“, sondern für „Music“). Die M-Noise-Messung sieht nun so aus, dass mit dem M-Noise-Signal zunächst ein Referenzfrequenzgang im linearen Arbeitsbereich des Lautsprechers gemessen wird. Ob man sich im linearen Arbeitsbereich befindet, lässt sich leicht dadurch prüfen, dass man den Pegel um einige dB erhöht, wobei sich der Frequenzgang nicht verändern darf. Während unseres Tests der LINA führte Merlijn van Veen parallel eine M-Noise-Messung mit Hilfe des SIM-3-Systems aus, in dem der gesamte Messvorgang als Funktion integriert ist.

Es wurden zwei Messmikrofone eingesetzt. Eines an der eigentlichen Messposition ca. 4 m entfernt vom Lautsprecher, und eines relativ nahe am Lautsprecher. Das zweite Mikrofon diente dabei ausschließlich zur Prüfung der Signalkohärenz zwischen dem Messsignal und dem vom Lautsprecher abgestrahlten Signal. Die Kohärenz zweier Signale beschreibt deren lineare Abhängigkeit bzw. Ähnlichkeit und ist ein gutes Maß für mögliche nichtlineare Verzerrungen. Um die Kohärenz möglichst frei von möglichen Störungen durch den Raum oder das Umfeld zu bestimmen, wird ein zweites Mikrofon nahe zum Lautsprecher eingesetzt. Für die hier durchgeführte Messung unter Laborbedingungen im reflexionsarmen Raum wäre das zweite Mikrofon zwar nicht unbedingt erforderlich gewesen, aber es soll ja das prinzipielle Vorgehen gezeigt werden.

Die SIM3-Messung aus Abb. 19 zeigt in der oberen Hälfte die Frequenzgänge und in der unteren Hälfte die Phasengänge. Die grüne Kurve ist der Referenzfrequenzgang, die blaue Kurve deren um 2 dB nach unten verschobener Verlauf. Die eigentliche Messung sieht nun so aus, dass der

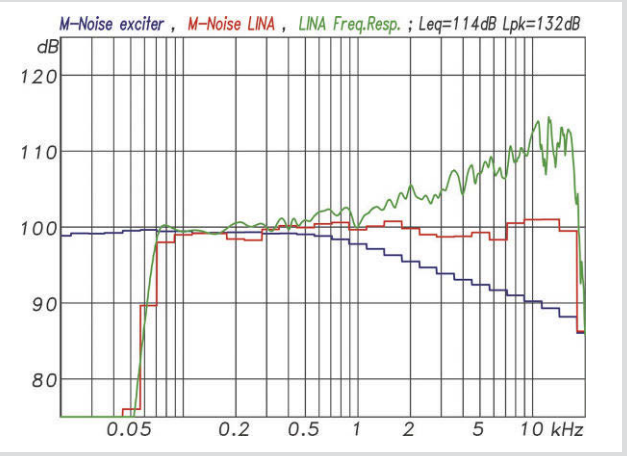
Doppelte Messtechnik *Merlijn van Veen unterstützte uns parallel mit einer M-Noise-Messung*



Crestfaktoren *nach Terzbändern eines Pink Noise (rosa), eines Multitonsignals mit EIA-426B Spektrum (grün) und M-Noise (blau)*

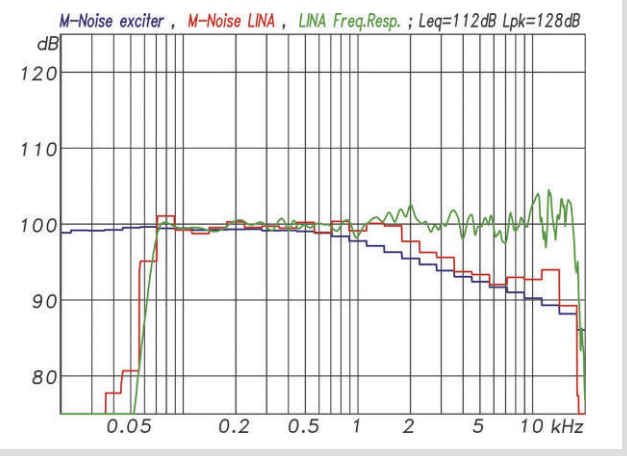
Pegel immer weiter erhöht wird, bis die aktuelle Messung (rote Kurve) in einem Frequenzbereich von zwei oder mehr Oktaven Umfang um maximal 2 dB von der Referenz abweicht. Die Abweichungen entstehen durch Powercompression, Limitereinsatz und ähnliches. Um bei den Messungen auch die Verzerrungen im Auge zu behalten, wird gleichzeitig auch die Signalkohärenz überwacht, die nicht unter 91% auf der SIM-Skala fallen sollte. Bei weniger als 91% Kohärenz ist von starken Signalverzerrungen auszugehen.

Die M-Noise-Messung wurde mit einer LINA mit und ohne Hochtonkompensation für eine einzelne Box durchgeführt. Parallel zum SIM zeichnete unser MF-Labormesssystem die Pegel auf. Beim Erreichen des 2-dB-Limits mit der roten Kurve aus Abb. 19 lag der gemessene Schalldruckpegel bei 132 dB Peak und 114 dB Mittlungspegel L_{eq}. Nimmt man den HF-EQ für eine einzelne Box mit in den Signalweg, dann sinken die Pegelwerte auf 128 dB Peak und 112 dB L_{eq}. Der Zusammenhang leuchtet schnell ein, da ohne EQ eine einzelne LINA eine kräftige Höhenanhebung verursacht, wo der kräftigere Hochtöner seine Pegelreserven voll ausspielen kann und den Pegel in die Höhe treibt. Mit EQ fällt dieser HF-Zuschlag weg und der Pegel entsprechend geringer aus. Die ohne EQ gemessenen 132 dB Peak stimmen exakt mit der Angabe aus dem Datenblatt der LINA überein.



M-Noise-Messung *einer einzelnen LINA in der Array-Einstellung ohne HF Kompensation. Die blaue Kurve zeigt das Spektrum des M-Noise, die grüne Kurve den Frequenzgang der LINA und die rote Kurve das Spektrum des gemessenen Signals. Das zur Messung eingesetzte SIM3 zeigte maximal 2 dB Powercompression und nur geringe Abweichungen in der Signalkohärenz. Der so bestimmte Mittlungspegel L_{eq} betrug 114 dB und der Spitzenpegel L_{pk} 132 dB. Beide Werte bezogen auf 1 m Entfernung im Freifeld (Abb. 20)*

M-Noise-Messung *mit dem Meyer Sound SIM3, in der oberen Hälfte die Frequenzgang- und Kohärenz-Messung, unten die zugehörigen Phasengänge (Abb. 19)*



M-Noise-Messung *einer einzelnen LINA in der Einstellung für eine einzelne Box mit HF Kompensation. Der gemessene Mittlungspegel L_{eq} betrug jetzt 112 dB und der Spitzenpegel L_{pk} 128 dB (Abb. 21)*

U-Bügel, mit dem ebenfalls bis zu vier LINAs hängend oder bis zu zwei stehend betrieben werden können. Für den Transport gibt es zum Rigging kompatible Rollwagen mit Nylon-Schutzhüllen für maximal fünf LINAs.

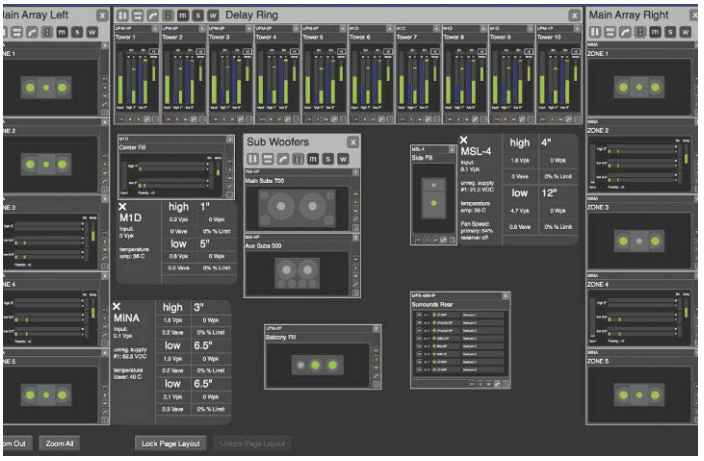
Neben dem mechanischen Zubehör wären noch der Galaxy-Galileo-Prozessor und das Distribution-Modul zu erwähnen. Der Galaxy-Prozessor ist als 408 oder 816 mit vier bzw. acht Eingängen und acht bzw. 16 Ausgängen erhältlich und kann für den Multizonenbetrieb als zentraler Verteiler oder auch für das elektronische Beamforming innerhalb eines Arrays eingesetzt werden. Bedient wird der Prozessor über die Compass-Software. Für die Aufteilung von Strom, Audiosignalen und RMS-Bus kann ein MDM-832 Distribution-Modul für bis zu acht Linien eingesetzt werden. Der MDM-832 verfügt über acht Audioeingänge, die über Schalter flexibel auf die Ausgänge geroutet werden können. Die Stromzufuhr erfolgt über einen 32-A-PowerCon-Anschluss, der über zwei 15-A-Sicherungsautomaten auf je vier Power PowerCon-20-Ausgangsbuchsen aufgeteilt wird.

Compass-Software und RMS

Viele Meyer-Sound-Lautsprecher sind bereits fest mit einem RMS-Modul (Remote Monitoring System) ausgestattet oder können, wie auch die LINA, damit optional aus- oder nachgerüstet werden. Über das RMS können die Lautsprecher mit Hilfe der Compass-Software vollständig überwacht und in einigen Funktionen auch ferngesteuert werden. Die Übertragung erfolgt über eine einfache und robuste Twisted-pair-Verkabelung mit einer Datenrate von 78 Kbps. Der Anschluss kann über Weidmüller-Stecker oder noch einfacher zusammen mit dem Audiosignal über die fünfpoligen XLR erfolgen. An einem RMS-Bus können maximal 50 Lautsprecher angeschlossen werden.

Die Verbindung zum PC oder MAC wird mit Hilfe des RMServers hergestellt. Dabei handelt es sich um ein kleines 1-HE-Gerät mit einem Ethernet- und dem RMS-Anschluss sowie je zwei Kontakt-Ein- und Ausgängen für einen externen Mute-Zugriff und Fehlermeldungen. Der externe Mute-Anschluss kann so z. B. für die Stummschaltung der Anlage durch die Brandmeldezentrale genutzt werden, wenn ein Alarm vorliegt. Für Anlagen mit mehr als 50 RMS-Lautsprechern werden einfach mehrere RMServer via Netzwerk mit dem PC verbunden.

Compass ist die Meyer-Sound-Software zur Steuerung der Galaxy-Controller, der Beamforming-Lautsprecher CAL und auch der RMS-Funktionen. Von hier aus können alle Lautsprecher komplett einzeln oder gruppiert überwacht werden. Angezeigt werden die Aussteuerung aller Wege, die Temperatur und mögliche Fehler im System. Von der Software aus können die Lautsprecher einzeln oder in Gruppen gemutet oder auch zum Test solo geschaltet werden.



Compass Software *zur Überwachung der Lautsprecher mit Hilfe des optional für die LINA erhältlichen Remote-Monitoring-Systems (Abb. 18)*

Meyer Sound LINA: Test-Fazit

In einem Fazit über die Meyer Sound LINA könnte man jetzt wie oft schreiben: Dass es sich um ein hoch professionelles Line-Array handelt, alle üblichen Anforderungen erfüllt werden, die Messwerte gut und die Gehäuse extrem solide sind. Das trifft auch alles zu. Worin sich das LINA dann aber besonders von anderen hoch professionellen Systemen unterscheidet, ist das Gesamtpaket um den Lautsprecher herum: Dazu gehören die diversen Zubehörteile, das RMS-System, die Compass-Software, die Galaxy-Prozessoren, die Distribution-Module und natürlich auch das SIM-System zur Einmessung und zum Test der Anlagen. Ebenfalls nicht unerwähnt bleiben sollte Meyer Sound MAPP XT als Planungswerkzeug für die akustischen und mechanischen Eigenschaften. Alles zusammen macht dann das aus, woraus eine schnelle, einfache und sichere Installation – egal ob mobil oder fest eingebaut – entsteht. Es bleibt zum guten Schluss noch die Frage nach dem Preis, der netto für ein LINA-Element 5.290 € beträgt und für einen 750-LFC 4.990 €. Das klingt zunächst einmal heftig. Zu bedenken ist aber, was von den Endstufen über Controller bis hin zur Fernüberwachung bereits integriert ist – und dass viele Hersteller einen solchen Einzelpreis erst gar nicht publizieren: Systeme dieser Art werden ja nicht als Einzelstücke verkauft, sondern die Module fügen sich in eine Systemlösung mit vielfältigem Zubehör.

[9541]