

PRODUCTION PARTNER

Fachmagazin für Veranstaltungstechnik

Line-Array mit koaxialer Mittelhochton-Einheit

Alcons Audio LR18

Artikel
aus Ausgabe 04/2016

Zwischen LR16 und LR28 positioniert Alcons Audio sein neustes kompaktes 3-Wege Mid-Size Line-Array mit Ribbon Tweeter. Dessen Besonderheit: Ein komplett symmetrischer / koaxialer Aufbau.

Text und Messungen: Anselm Goertz | Fotos: Dieter Stork, Detlef Hoepfner, Alcons Audio (1)



Das Nachrichtenportal rund um die Medienwelt und -Technik

powered by
PRODUCTION PARTNER
Fachmagazin für Veranstaltungstechnik

» ... Mit dem LR18 erweitert Alcons Audio sein Angebot bei den Line-Arrays um ein mittelgroßes Modell, das sich zwischen den kompakten Modellen LR7, LR14, LR16 einerseits und dem großen Touring-System LR28 andererseits einordnet. ...«





Antrieb bestückt ist das LR18 mit einem 7"-Ribbon-Tweeter mit 90°-Waveformer für die horizontale Ebene, einem 6,5"-Mitteltöner und zwei 8"-Tieftönern: Eine Anordnung ganz symmetrisch zur Mittelachse mit außen liegenden Tieftönern und einer koaxialen Anordnung von Mittel- und Hochtöner



Der Mitteltöner liegt hinter dem Hochtöner mitsamt seinem Waveguide – alles zusammen wirkt wie eine Art Bandpasskammer vor dem Mitteltöner, die (passend abgestimmt) die Sensitivity deutlich erhöht

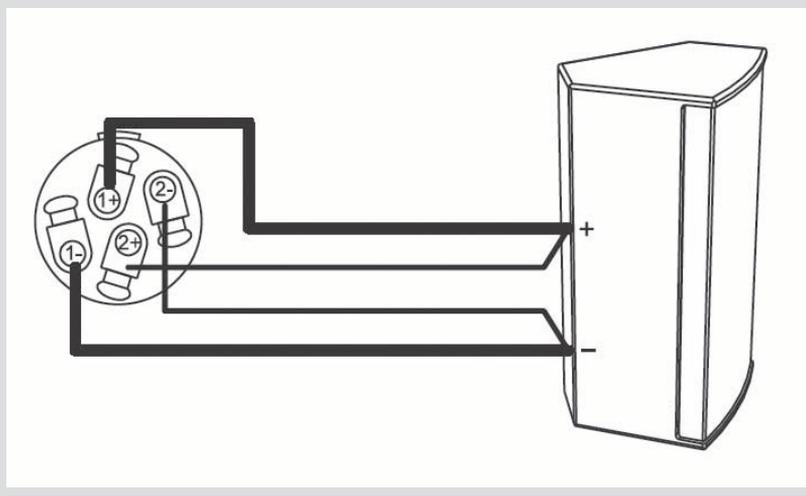
Der im niederländischen Zwaag ansässige Hersteller Alcons Audio wurde 2002 gegründet und baut seitdem sein Lautsprecherprogramm beständig aus. Dazu gehören Line-Arrays in allen Größen, klassische Point-Source-Lautsprecher und eine ganze Reihe von Subwoofern. Das Alleinstellungsmerkmal von fast allen Alcons-Audio-Lautsprechern ist der Hochleistungs Ribbon Tweeter, der bei Alcons in Größen von 4" bis 18" gebaut wird. In diesem Ribbon-Treiber stecken die Entwicklungsarbeit und diverse Patente von R&D-Chef Philip de Haan, der sich schon seit über 20 Jahren mit dem Thema befasst. Produkte von Alcons haben sich neben den bekannten großen Namen der Szene vor allem dort einen soliden Stand verschafft, wenn es um anspruchsvolle Beschallungsaufga-

ben aller Art geht. Das trifft sowohl auf den mobilen Bereich wie auch auf Festinstallationen zu. In den vergangenen Jahren gelang es Inhaber Tom Back und seinem Team, sich neben den klassischen PA-Produkten noch mit Kino-Systemen in allen Größenklassen ein weiteres Standbein zu schaffen, bei dem man für die Hochtöner selbstverständlich auch auf Ribbon-Technologie setzt. Auch hier dauerte es nicht lange, bis den Alcons-Kinosystemen ein besonderer Ruf vorauseilte. Worauf er beruht? Bei Alcons Audio sind es sicher die technischen Merkmale, und hier insbesondere der Ribbon Tweeter. Mit seinem extrem starken Antrieb hebt er sich wie sonst nur noch zwei andere Modelle am Markt merklich von den vielen Standard-Bändchenhochtönern ab.



Lautsprecher mit Sense-Leitung

Mit Hilfe der Sense-Leitungen wird das Signal von den Lautsprecherklemmen zur Endstufe zurückgeführt, so dass die Endstufe den Kabelwiderstand kompensieren kann. Leitungsverluste treten natürlich trotzdem auf, da der Strom



Sense System mit Rückleitungen vom Lautsprecher zum Verstärker

zum Lautsprecher ja durch das Kabel fließen muss. Die Endstufe kann aber mit Hilfe der Sense-Leitungen über ihre Gegenkopplung den hohen Dämpfungsfaktor jetzt bis zu den Lautsprecherklemmen transportieren. Der Lautsprecher arbeitet damit unabhängig von der Kabellänge an einer quasi idealen Quelle mit einem Innenwiderstand, der gegen Null geht. Letzteres ist vor allem für die Tief- und Mitteltöner wichtig, die so eine optimale elektrische Bedämpfung erfahren. Gleiches gilt für die passive Weiche in der LR18, wo mit Hilfe der fast perfekten Null-Ohm-Quelle am Eingang der passiven Weiche ein Übersprechen zwischen Weichenzweigen sicher verhindert wird. Für den Anschluss der Amps mit Sense-System können spezielle Kabeltypen mit vier dicken Leitungen für die Lasten und vier dünnen für das Sense-System eingesetzt werden, da auf den Sense-Leitungen quasi kein Strom fließt.

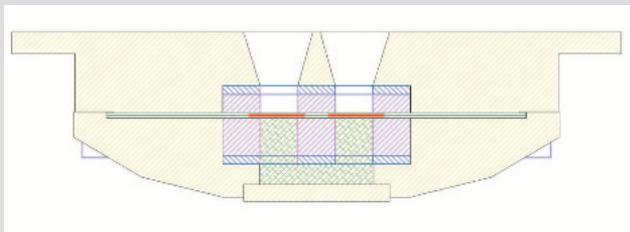
Alcons Audio LR18 nach Entfernung des Frontgritters

Vom Prinzip her bedingt hat diese Art Hochtöner einige Vorteile gegenüber herkömmlichen Kompressionstreibern zu bieten, die durch den Verzicht auf Kompressionskammern und Phaseplugs vor allem in niedrigeren Verzerrungswerten resultieren. Wenn es zudem um Line-Arrays geht, kann der Ribbon Tweeter weitere Pluspunkte für sich voll ausspielen. Durch die Bauform hat man vom Ansatz her bereits die ideale Linienquelle, wo andere erst mit Waveformern usw. versuchen müssen, diese zu erzeugen oder sich ihr zumindest anzunähern. Da die komplette Entwicklung und Fertigung bei Alcons Audio in Zwaag liegt, kann man die Ribbon Tweeter in passender Länge zu der jeweiligen Anordnung herstellen.

Das zum Test ganz aktuelle System ist das Line-Array LR18. Bestückt ist es mit einem 7" Ribbon Tweeter mit 90° Waveformer für die horizontale Ebene, einem 6,5"-Mitteltöner und zwei 8"-Tieftönern. Die Anordnung ist voll symmetrisch zur Mittelachse mit außen liegenden Tieftönern und einer koaxialen Anordnung mit Mittel- und Hochtönern.

Ribbon Tweeter: einfach und effektiv

Das Prinzip des Ribbon Tweeters (Folien-Magnetostaten, Bändchenlautsprechers oder wie auch immer bezeichnet) ist ebenso einfach wie effektiv: Auf der als hauchdünner Folie ausgebildeten Membran sind feine Leiterbahnen so dicht wie möglich zueinander aufgebracht, durch die der Strom fließt. Innerhalb eines Magnetfeldes entsteht so die Antriebskraft, die dann die Membran bewegt. Das Antriebs-



Ribbon Tweeter im Schnitt mit Magnetanordnung und Membranen (rot)

prinzip entspricht damit dem eines konventionellen elektrodynamischen Lautsprechers, bei dem sich die Schwingspule jedoch im Luftspalt bewegt und anschließend die Kraft von der Spule noch auf die Membran übertragen werden muss. Da die Spule beim „normalen“ Lautsprecher nur am Rand der Membran angreift, folgt diese der Spulenbewegung nur in Grenzen und bildet abhängig von der Frequenz mehr oder weniger stark ausgeprägte Partialschwingungen aus. Besonders schwerwiegend sind diese Probleme bei Hochtontreibern, deren 3" oder 4" große Membranen mit dem Frequenzbereich jenseits der 10 kHz eigentlich überfordert sind. Bei einem Bändchenlautsprecher befindet sich die Schwingspule – anschaulich gesprochen – in abgewickelter Form auf der Membranfläche. Dementsprechend greifen auch die Antriebskräfte gleich-

mäßig verteilt auf der gesamten Membranfläche an. Partialschwingungen können so erst weit außerhalb des hörbaren Frequenzbereiches entstehen. Nicht verschwiegen werden darf jedoch, dass sich auch bei Bändchenlautsprechern Längs- und Querresonanzen auf den eingespannten Membranen ausbilden.

Die Membran eines Bändchenlautsprechers schwingt als ein langer, schmaler Streifen und strahlt somit eine Zylinderwelle mit der Höhe entsprechend der Membranlänge ab. In der horizontalen Ebene wird das Abstrahlverhalten durch die Breite der Membran bestimmt, so dass es erst bei höheren Frequenzen zu einer erkennbaren Bündelung kommt.

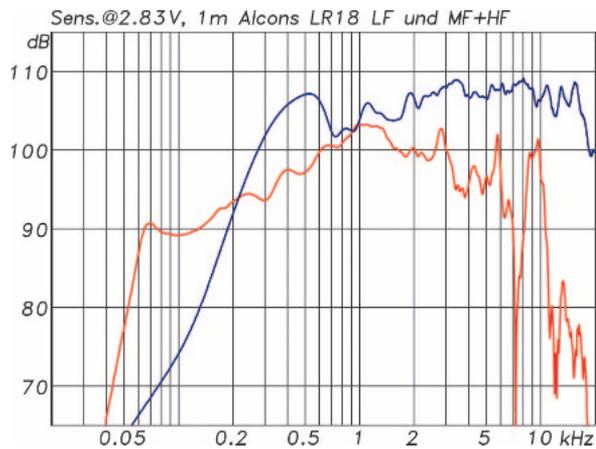
Das Magnetfeld kann entweder durch vor und hinter der Membran, oder ausschließlich hinter der Membran liegende Magnete erzeugt werden. Letzteres hat den Vorzug, dass keine vor der Membran liegenden Magnetstege die Schallabstrahlung stören. Bei nur geringfügigen Auslenkungen wird jedoch die Antriebskraft bereits nichtlinear. Die Abstrahlung hoher Frequenzen erfordert nur geringe Auslenkungen und ist gleichzeitig besonders anfällig für Störungen bei der Schallabstrahlung, so dass sich die einseitige Magnetanordnung für reine Höchsttöner anbietet. Möchte man sich nicht auf den obersten Hochtonbereich beschränken, dann werden eine größere Fläche und/oder mehr Auslenkung erforderlich, womit man zwangsläufig bei der beidseitigen Magnetanordnung ankommt. So auch beim Alcons Audio Ribbon Tweeter, der aufgrund der langen und schmalen Form der strahlenden Fläche mit einem schmalen Magnetsteg vor der Membran auskommt. Insgesamt gibt es je drei Magnetreihen vor und hinter der Membran.

Die beiden Wege werden zueinander passiv getrennt. Von außen betrachtet tritt die LR18 dann als aktives 2-Wege-System auf. Der Anschluss erfolgt über NL8 Speakons mit Link-Buchsen. Die insgesamt acht Leitungen dienen zwei Verstärkerwegen mit Sense-Leitungen.

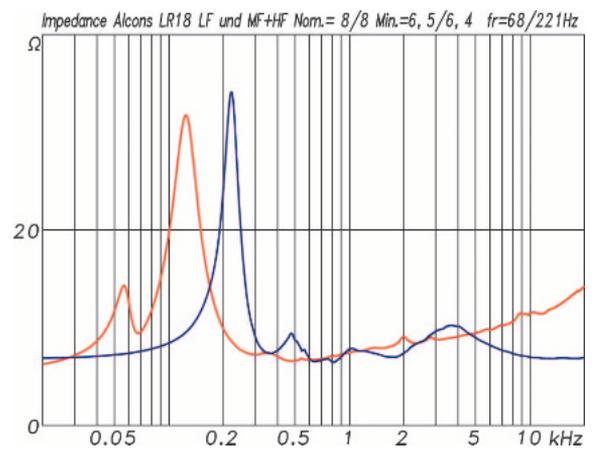
Basiswerte: Komponenten-Leistung

Im Messlabor wurden wie immer zunächst die einzelnen Wege des Systems pur ohne Filter gemessen, womit sich die Performance eines Systems am besten beurteilen lässt. Die

beiden 8"-Tieftöner spielen mit einer Tuningfrequenz des Bassreflexsystems von 68 Hz bis ca. 60 Hz hinab ohne Probleme. Ab 150 Hz beginnt die Sensitivity-Kurve von 90 dB an beginnend bis auf 103 dB bei 1 kHz anzusteigen. Die Trennung zur Mittelhochtoneinheit erfolgt zwar formal schon bei ca. 350 Hz. Es gibt aber oberhalb der Trennfrequenz noch einen recht weiten überlappenden Bereich, wo der Tieftonweg noch gut mitgenutzt wird. So kann noch etwas Pegel gewonnen werden und der überlappende Verlauf mit einem langsamen Ausblenden der Tieftöner ist für die Einstellung der horizontalen Directivity sehr gut geeignet.



Frequenzgänge mit Sensitivity bei 2,83V/1 m für die LF- (rot) und MF+HF-Einheit (blau) (Abb. 1)



Impedanzverläufe der LF- (rot) und MF+HF-Einheit (blau). Beide Wege sind nominelle 8-Ohm-Systeme mit unkritischen Impedanzminima. Die Tieftöner arbeiten auf ein Bassreflexgehäuse mit 68 Hz Tuningfrequenz. (Abb. 2)

Zusätzlich zu den Frequenzgängen verraten auch die Impedanzkurven aus Abb. 1 noch einiges. Beide Wege sind nominelle 8-Ohm-Systeme mit gut verträglichen Minima von 6,5 bzw. 6,4 Ohm. Am zugehörigen hauseigenen Systemverstärker können jeweils bis zu drei Einheiten parallel betrieben werden. Ebenfalls aus der Impedanzkurve abzulesen ist die

Resonanzfrequenz des Mitteltoners bei ca. 210 Hz. Die Sensitivity der Mittelhochtoneinheit mit einer internen Übernahme bei ca. 1 kHz fällt mit mittleren 106 dB als Mittelwert zwischen 300 Hz und 18 kHz sehr hoch aus, so dass mit 1 kW Verstärkerleistung rechnerisch Spitzenpegel von 139 dB möglich werden.



Controller Amps Sentinel 10 in unserem Testaufbau



Bedienoberfläche der AIControl Software mit Gruppen und EQ Fenster (Abb. 3)



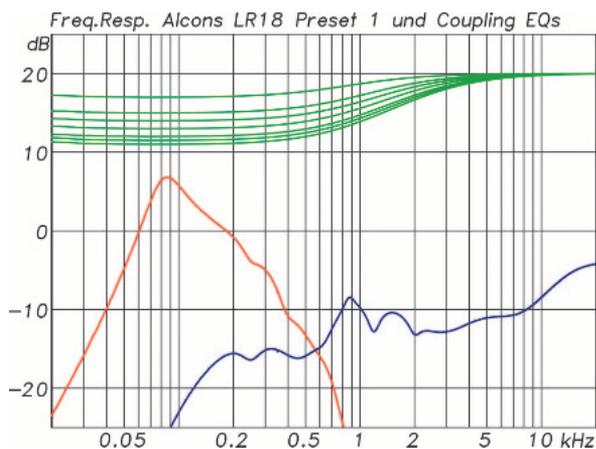
Winkelmechanik und Rückseite der LR18

Sentinel Controller Amps

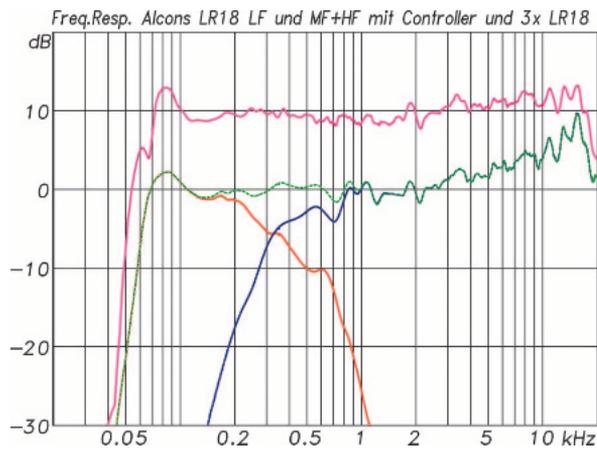
Bei Alcons bietet man im Sinne des Systemgedankens zu allen Lautsprechern die hauseigenen Controller Amps vom Typ Sentinel („der Wächter“) an. Mit der Sentinel 3 und Sentinel 10 gibt es zwei vierkanalige Modelle mit $4 \times 750 \text{ W}$ und

$4 \times 2,5 \text{ kW}$ Leistung. Die Endstufen sind selbststredend Class-D-Typen mit HF-Schaltnetzteilen, so dass auch die 10 kW mit $11,6 \text{ kg}$ in 2 HE gut unterkommen. Das integrierte vierkanalige DSP-System verfügt über vier analoge und vier digitale ($2 \times \text{AES/EBU}$) Eingänge, die über eine Eingangs- und Ausgangsmatrix beliebig zugeordnet werden können. Die Endstufe kann somit für alle Arten von Lautsprechern die kompletten Controllerfunktionen übernehmen. Die Netzteile verarbeiten alle weltweit verfügbaren Netzspannungen ohne weitere Umschaltungen durch den Anwender. Im Datenblatt wird auch eine Redundanz mit zwei Netzteilen erwähnt, womit im Falle eines Defektes eines Netzteiles die Endstufe vermutlich mit halber Leistung betriebsfähig bleibt. Die Bedienung der Endstufen und des integrierten Controllers kann entweder über das User-Interface am Gerät mit einem großen farbigen TFT Touchscreen oder über eine Steuersoftware erfolgen.

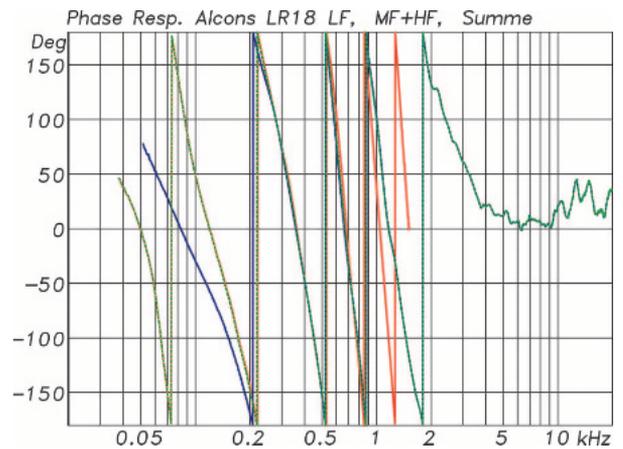
In der Endstufe selber agiert ein Linux-basierter Micro-Computer zur Steuerung und Kontrolle aller Funktionen. Auf einzelne Geräte kann daher bereits mit einer einfachen VNC-App von beliebigen Geräten aus zugegriffen werden. Für komplexere Systeme empfiehlt sich die Vernetzung der Verstärker und die AIControl-Software für Windows oder OS X, in der dann auch Gruppenbildungen und ein detailliertes Monitoring möglich sind.



Filterkurven im Controller-Amp für die LF- (rot) und MF+HF-Einheiten (blau). Coupling Filter für größere Arrays in grün (Abb. 4)



Frequenzgang einer einzelnen LR18 mit Controller. In rot die Tiefton- und in blau die Mittelhochton-Einheit. Summenfunktion in grün. Bei drei Systemen (rosa) ergibt das Preset 1 einen linearen Verlauf (Abb. 5)

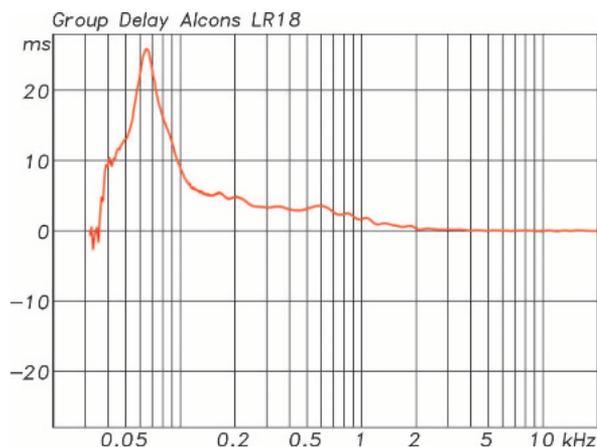


Phasengang der LR18 mit Controller. In rot die Tiefton- und in blau die Mittelhochton-Einheit. Summenfunktion in grün. Nur durch den Einsatz von Allpassfiltern gelingt es für den weit ausgedehnten Übergangsbereich zwischen Tief- und Mitteltöner einen deckungsgleichen Verlauf der Phasengänge zu erreichen (Abb. 6)

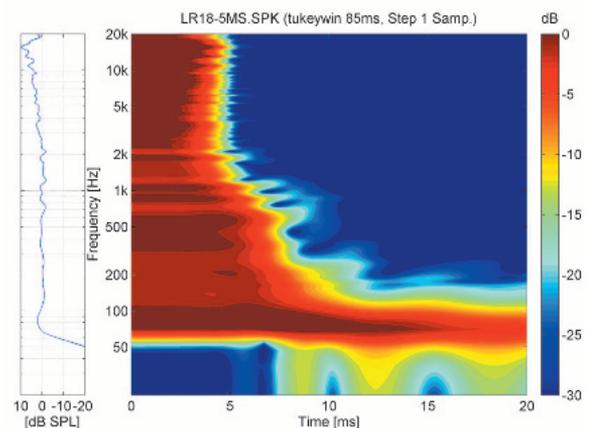
Für den Betrieb der LR18 empfiehlt sich die Endstufe Sentinel 10, die maximal sechs LR18 versorgen und auch voll auslasten kann. Die dort hinterlegten Setups sind ausgelegt für drei oder mehr LR18 im Array. Abb. 4 zeigt dazu die Filterkurven für die Tiefton- und die Mittelhochtoneinheit. In grün die zusätzlichen Coupling-Filter für größere Arrays mit mehr als drei Einheiten.

LR18 mit Controller

Wie sich die LR18 zusammen mit der Sentinel 10 darstellt, zeigt Abb. 5: Mit nur einer Box gemessen erhält der Summenfrequenzgang einen zu den Höhen hin ansteigenden Verlauf, der sich bei drei Einheiten genau kompensiert. Am Verlauf der roten und blauen Kurven für die einzelnen Wege



Gruppenlaufzeit abgeleitet aus dem Phasengang in Abb.6 (Abb. 7)



Spektrogramm der LR18 mit einem makellosen Verlauf. Der Anstieg der Laufzeit unterhalb von 1 kHz ist auch hier gut zu erkennen (Abb. 8)



Symmetrischer Aufbau aller Wege in der LR18

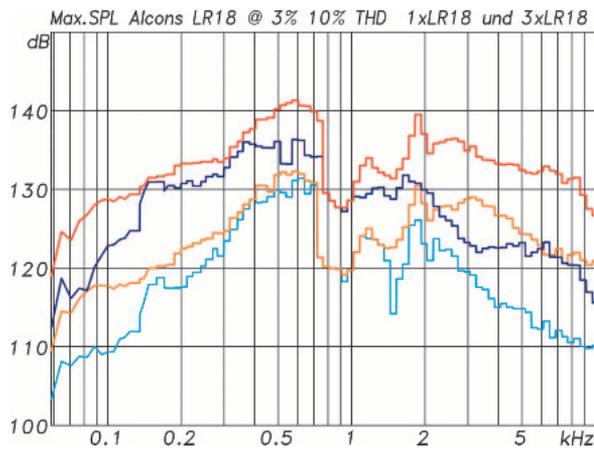
ist der überlappende Übergangsbereich zu erkennen, der sich bis ca. 800 Hz erstreckt.

Interessant wird es beim Phasengang der LR18 aus Abb. 6. Auffällig sind die starken Phasendrehungen in den Mitten, die sich so auch in der Laufzeitkurve aus Abb. 7 widerspiegeln. Ab ca. 1 kHz abwärts steigt die Laufzeit an. Die Begrün-

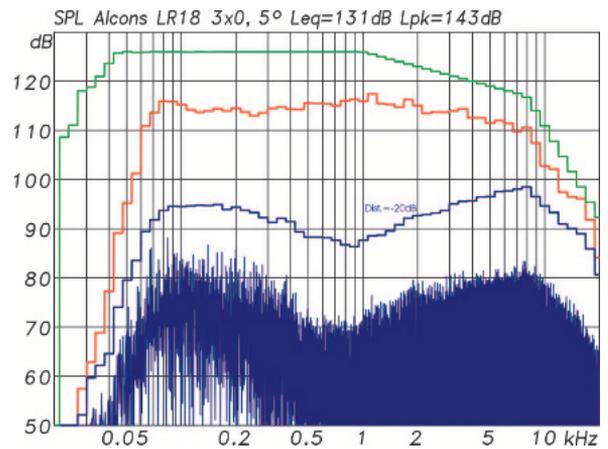
dung findet sich in zwei Allpassfilter 4. Ordnung, die benötigt werden, um die Phasenverläufe der Tieftöner und des Mitteltöners über einen ungewöhnlich weiten Frequenzbereich zueinander anzupassen. Notwendig wird das wegen des überlappenden Betriebs, der nur dann funktioniert, wenn die Phasengänge der beiden beteiligten Wege gleich sind. Ansonsten käme es zu ungewollten Interferenzerscheinungen.



Messlabor Vorbereitung unserer Messungen an einer LR18 per Laser-Pointer, das Messmikro liegt hinten rechts auf dem Boden



Maximalpegel für eine und für drei LR18 bei höchstens 3 % (hell- und dunkelblau) und bei höchstens 10 % (orange und rot) Verzerrungen für Messungen mit 185 ms Sinusbursts (Abb. 9)

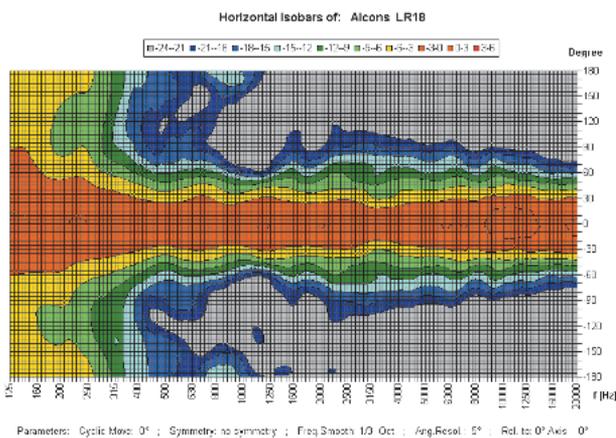


Multitonmessung mit drei Einheiten LR18 bei 131 dB Mittelungspegel und 143 dB Spitzenpegel bezogen auf 1 m Abstand im Freifeld. Der Verzerrungsanteil insgesamt aus Harmonischen- und Intermodulationsverzerrungen beträgt -20 dB entsprechend 10 % (Abb. 10)

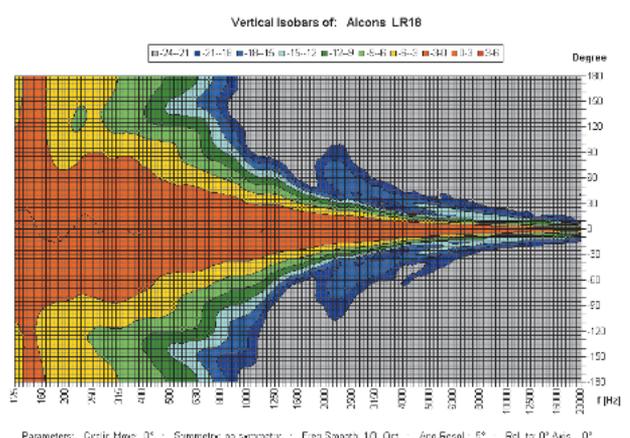
Maximal möglicher SPL

Für die Verzerrungsmessungen wurden die beiden üblichen Messverfahren mit Sinusbursts und einem Multisinussignal angewandt. Wir betrachten dazu zunächst zwei Messreihen aus Abbildung 9, bei der Verzerrungsgrenzwerte von 3 % und 10 % vorgegeben sind und dann ermittelt wurde, wel-

chen maximalen Schalldruck der Lautsprecher dabei bezogen auf 1 m Entfernung unter Freifeldbedingungen erreicht. Die Messungen erfolgten mit 185 ms langen Sinusburst-Signalen. Die sonst übliche zusätzliche Leistungsbegrenzung gab es hier nicht, da bei einem aktiven System mit Controller davon auszugehen ist, dass das System durch Limiter vollständig geschützt wird. Dort, wo beide Kurven zusammen-



Horizontale Isobaren der LR18 mit nahezu perfektem Verlauf bereits ab 300 Hz aufwärts (Abb. 11)



Vertikale Isobaren einer einzelnen LR18 mit der „idealen Nadel“ (Abb. 12)

Ribbon-Koax im Vergleich zu herkömmlichen Kompressionstreibern

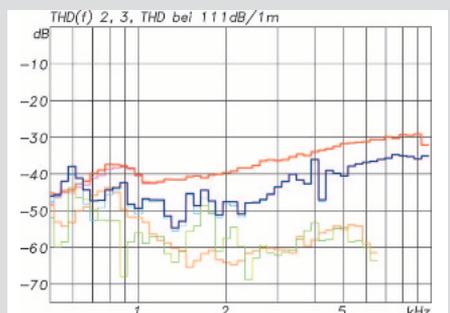
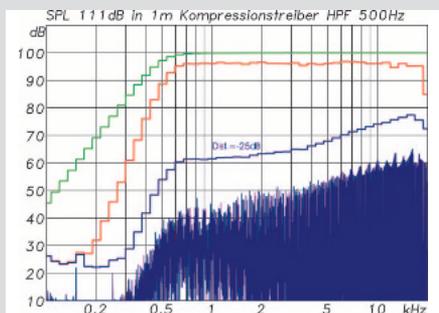
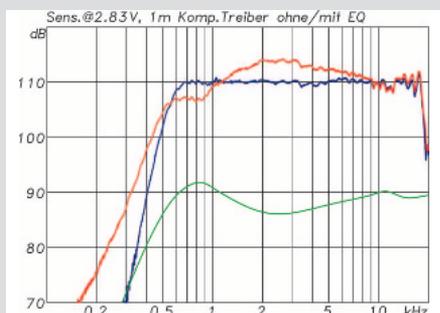
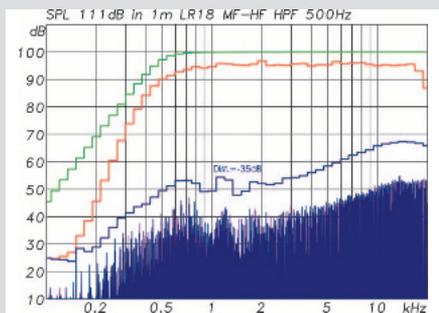
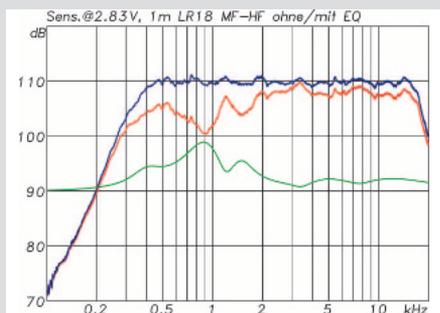
Zunächst unabhängig vom Test der LR18 haben wir bereits Ende 2015 eine Reihe von Messungen an diversen Hochton-Kompressionstreibern durchgeführt. Zum Vergleich grundsätzlich unterschiedlicher Konzepte wurde dann die Mittelhochtoneinheit der LR18 noch mit in die Messreihe einbezogen. Bei allen Treibern haben wir zunächst den Frequenzgang bestimmt und dann daraus jeweils individuelle EQ-Funktionen abgeleitet, die vergleichbare gerade Frequenzgänge bei allen Treibern erzeugten. Die in den Frequenzgang-Diagrammen gezeigten roten Kurven sind die jeweiligen Messungen des reinen Treibers mit der Sensitivity für 2,83 V/1 m. Sowohl der Kompressionstreiber wie auch die LR18-Mittelhochtoneinheit sind 8-Ohm-Systeme, so dass der Wert gleichbedeutend mit dem 1 W/1 m Wert ist. Die grünen Kurven zeigen die eingestellten Filter und die blauen Kurven den Treiber mit Filter. Alle Kompressionstreiber bekamen zusätzlich zu den EQs noch ein Hochpassfilter 4. Ordnung bei 500 Hz in den Signalweg. Bei der LR18 MF+HF Kombination

wurde darauf verzichtet, da auch das Messsignal schon auf 500 Hz nach unten hin bandbegrenzt war.

Mit dieser Einstellung war es das Ziel, bezogen auf 1 m Entfernung einen Schalldruck von 111 dB als Mittelungspegel und von 123 dB als Spitzenpegel zu erzielen. Als Testsignal wurde ein Multisinus mit Zufallsphase, linearem Frequenzverlauf und Hochpassfilterung bei 500 Hz 4. Ordnung eingesetzt. Das Signal weist einen Crestfaktor von 12 dB auf und kommt somit einem realen Musiksinal bereits sehr nahe. Die jeweils grünen Kurven in den folgenden Abbildungen zeigen den spektralen Verlauf des Testsignals. Beide Kandidaten lieferten mit diesem Signal 111 dB Schalldruck bei einem identischen geraden Frequenzgang. Für den Kompressionstreiber war dazu eine mittlere Leistung von 0,77 W erforderlich und für die LR18 Kombi von 2,5 W, da diese in der Sensitivity gegenüber dem Kompressionstreiber etwas abfiel. Wichtig ist hier der Aspekt, bei gleichem Schalldruck und gleichem Frequenzgang (und nicht bei gleicher Klemmenspannung) zu vergleichen, da der Schalldruck der letztendlich entscheidende Vergleichswert ist.

Die blauen Spektrallinien bzw. deren 1/6-Oktavband-Summenkurven stellen die Verzerrungsanteile im Signal dar. Summiert man alle Verzerrungskomponenten

stellen die Verzerrungsanteile im Signal dar. Summiert man alle Verzerrungskomponenten



Frequenzgang und Sensitivity der LR18 Mittelhochtoneinheit (oben) und des Kompressionstreibers (unten) in rot und mit Filterung (grün) für einen linearen Frequenzgang (blau)

Multitonmessung der LR18 Mittelhochtoneinheit (oben) und des Kompressionstreibers (unten) jeweils bei 111 dB Mittelungspegel (rot) und 123 dB Spitzenpegel bezogen auf 1 m Entfernung. In grün das bei 500 Hz mit einem Hochpass gefilterte Messsignal. Verzerrungsanteile THD und IMD in blau.

THD, k_2 und k_3 LR18-Kombi und Kompressionstreiber im Vergleich Kompressionstreiber: THD (rot), k_2 (magenta), k_3 (orange) LR18 Mittelhochtoneinheit: THD (blau), k_2 (hellblau), k_3 (hellgrün)

auf und setzt diese in Relation zum Gesamtsignal, dann kommt man bei dieser Messung für den Kompressionstreiber auf -25 dB (= 5,6 %) und für den Mittelhochtöner der LR18 auf -35 dB (= 1,8 %). Berücksichtigt werden bei dieser Art der Messung sowohl die harmonischen Verzerrungsanteile wie auch die Intermodulationsprodukte. Mit 10 dB geringeren Verzerrungen liegt die Kombination aus Ribbon Tweeter und Konus-Mitteltöner bei gleichem Schalldruck und Frequenzgang vorne.

Der hier gezeigten Kompressionstreiber ist ein 1,5"-Treiber mit 4"-Schwingspule, Neodymantrieb und Beryllium-Membran, der schon seit Jahren gemeinhin mit zum Besten gehört, was die Treiberhersteller zu bieten haben. Alle Kompressionstreiber wurden für den Test mit einem Kugelwellenhorn mit 500 Hz unterer Eckfrequenz bestückt.

Das Ergebnis dieser Messungen stellt zweierlei heraus: Der Ansatz von Alcons Audio bietet in puncto Verzerrungen Vorteile, auch wenn dazu etwas mehr Verstärkerleistung erforderlich ist. Der Kompressionstreiber verzerrt mehr als erwartet, so dass weitere Aspekte erläutert werden müssen. Gemessen wurde nicht nur der hier gezeigte Treiber, sondern auch noch diverse andere Typen bis hin zu historischen 2440 2"-Treibern von JBL. Von jedem Treiber wurden grundsätzlich zwei Exemplare gemessen, um mögliche Ausreißer oder Defekte auszuschließen.

Das beim hier gezeigten Kompressionstreiber erkennbare Verhalten zeigt sich so oder ähnlich ohne Ausnahme bei allen Kompressionstreibern. Eine reine THD-Messung über der Frequenz, eben-

falls bei 111 dB Schalldruck, bringt noch dazu weitere Erkenntnisse. Die THD-Kurve des Kompressionstreibers ist stark k_2 -dominiert, die k_3 -Kurve liegt 20 dB und mehr darunter und die k_2 -Kurve steigt zu hohen Frequenzen hin stetig an. Beides deutet als Ursache auf Nichtlinearitäten der Luft hin, da es bei Kompressionstreibern innerhalb des Treibers durch die hohe Kompression und den Phaseplug zu extremen Schalldruckwerten kommt. Mit steigender Frequenz verschärft sich das Problem. Die Ursache ist somit prinzipbedingt und kann erst einmal nicht durch bessere Membranmaterialien oder Antriebe behoben werden. Ein geringeres Kompressionsverhältnis, dann aber auch wieder ein Verlust ein Schalldruck, wäre eine Möglichkeit. Grundsätzlich erkennt man jedoch, dass die Hochtonwiedergabe mit einzelnen herkömmlichen Treibern hier an ihre Grenzen stößt. Möchte man höhere Schalldrücke erreichen, dann müssen mehrere Treiber, wie z. B. in Line-Arrays kombiniert werden. Auf der anderen Seite sollte man aber auch nicht übersehen, dass 111 dB mit einem Sinussignal oder 123 dB Spitzenpegel mit dem Mutisinus auch schon sehr hohe Schalldruckpegel sind.

Die Kombination mit dem Ribbon Tweeter aus der LR18 hat an dieser Stelle einen großen Vorteil, da es keine Kompressionskammer gibt und es auch keinen Phaseplugs bedarf. Die THD-Kurven fallen entsprechend günstiger aus. Im Verlauf sind die Kurven bei dieser Kombination insgesamt jedoch unruhiger, was ein Indiz dafür ist, dass hier nicht mehr eine einzelne Ursache dominant ist, sondern mehrere Aspekte einen Einfluss haben.

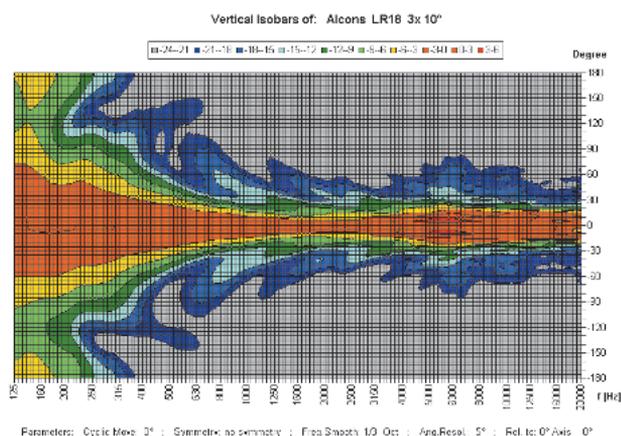
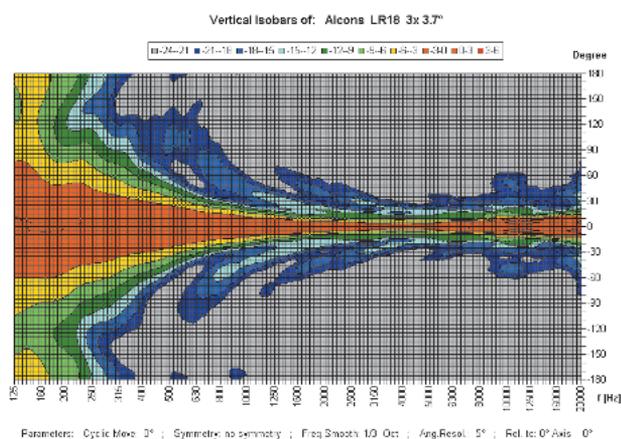
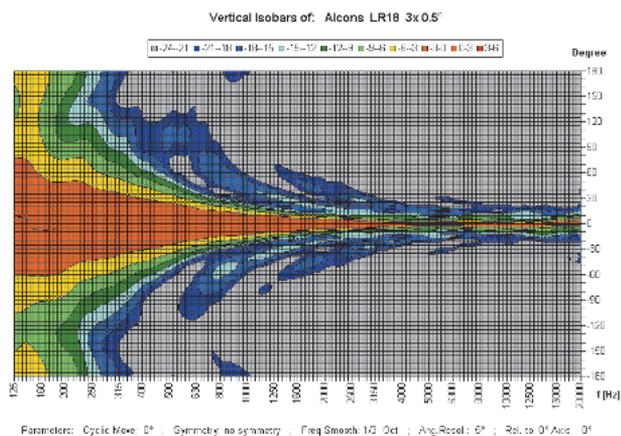
fallen, wurde die Messung durch den Limiter begrenzt und nicht durch die Verzerrungen. Gemessen wurde einmal eine einzelne LR18 und ein Array aus drei Einheiten bei $0,5^\circ$ Winkeln zwischen den Boxen. Die Kurven zeigen bis 800 Hz und dann wieder oberhalb von ca. 1,8 kHz einen schönen gleichmäßigeren Verlauf auf hohem Niveau, das für drei Boxen ab 500 Hz beachtliche 140 dB erreicht. Zwischen 800 Hz und 1,8 kHz gibt es eine kleine Schwäche. Hier bricht die Kurve um knappe 10 dB ein. Die Ursache liegt im Eingreifen des Limiters, was sich daran erkennen lässt, dass die 3 %- und die 10 %-Linien zusammenfallen. Der Limiter wird bei Signalen der verwendeten Länge zum Schutz des Hochtöners aktiv. Für kurze Signalspitzen tritt das Problem nicht auf, wie auch die nachfolgende Messung zeigt.

Diese bisher besprochene Art der Maximalpegelmessung mit Sinusbursts zeigt primär, in welchen Frequenzbereichen der Lautsprecher Schwächen hat, wenn es hier zu einer maximalen Auslastung kommt, und wo die Ursachen für die Grenzen des erreichbaren Pegels liegen könnten. Für die praxisnahe Aussage, welche Pegel ein Lautsprecher mit „normalen“ breitbandigen Signalen zu liefern in der Lage ist, eignet sich jedoch die Multitonmessung besser. Insgesamt 60 Sinussignale mit 1/6 Oktave Abstand werden mit einer Zufallsphase kombiniert und ganz nach Wunsch spektral gewichtet. Das kann das Spektrum eines mittleren Musiksignals nach EIA-426, ein Sprachspektrum oder auch eine Gleichgewichtung (und somit ein pinkes Signal) sein. Der Crestfaktor eines so synthetisierten Signals

beträgt ca. 12 dB und ist damit auch sehr nahe an der Realität. Schickt man ein solches Signal über die Lautsprecher, dann lassen sich die Verzerrungsanteile im Frequenzbereich leicht auswerten, indem man einfach alle Spektrallinien des Anregungssignals abzieht und den Rest in Relation zum Gesamtsignal setzt. Da es sich jetzt nicht mehr um monofre-

quente Signale handelt, können neben den harmonischen Verzerrungskomponenten (THD) auch noch alle Intermodulationsverzerrungen (IMD) ausgewertet werden.

Eine solche Messung liefert somit drei wichtige Werte: Die Gesamtverzerrungen (THD+IMD), den dabei erreichten Mittelungspegel L_{eq} und den Spitzenpegel L_{pk} . Abb. 10 zeigt diese Art der Messung für ein Array aus drei LR18. Der Pegel wurde auch hier so lange erhöht, bis ein Verzerrungsanteil von -20 dB (= 10 %) erreicht wurde. Die so gemessenen und auf 1 m Freifeld bezogenen Pegelwerte betragen 131 dB als L_{eq} und 143 dB als Peak-Wert. Die rote Kurve zeigt den Gesamtschallpegel in 1/6 Oktav Frequenzbändern, die dunkelblaue Kurve nur die Verzerrungsanteile, die zusätzlich auch noch als Spektrallinien eingetragen sind (die Summe aller Spektrallinien in einem Frequenzband ergibt den Wert der zugehörigen dunkelblauen Kurve, die dann entsprechend höher liegt als die einzelnen Spektrallinien). Die grüne Kurve stellt das Spektrum des Anregungssignals nach EIA-426B dar. Die bei den Messungen mit Sinusbursts erkannte Schwäche zwischen 800 Hz und 1.8 kHz ist nicht mehr zu erkennen. Ganz im Gegenteil sogar, liegen die Verzerrungswerte hier sogar besonders niedrig.



Vertikale Isobaren von drei LR18 mit Winkeln von 0,5°, 3,7° und 10° zwischen den Einheiten. Das perfekte Verhalten einer einzelnen LR18 setzt sich hier erwartungsgemäß fort (Abb. 13)

Directivity

Bei den Directivity-Messungen wurde zunächst eine einzelne LR18 auf dem Drehteller platziert. Bei dieser Messung geht es darum, das horizontale Abstrahlverhalten zu ermitteln und in der Vertikalen das Bündelungsverhalten des Hochtöners zu betrachten. Wie sich mehrere Systeme zusammen verhalten, lässt sich daraus noch nicht ableiten. Die Abbildungen 11 und 12 zeigen die zugehörigen Isobarenkurven für die horizontale und vertikale Ebene. Für die horizontale Ebene werden die 90° Öffnungswinkel bereits ab 300 Hz erreicht. Im Weiteren zu den höheren Frequenzen hin ist der Verlauf dann nahezu perfekt gleichmäßig. Erreicht wird das zum einen durch die mittensymmetrische Anordnung, bei der sich die einzelnen Wege beginnend beim HF über MF bis zum LF immer mehr in der Breite ausdehnen. Zusätzlich wird durch die X-Over-Filter noch eine geschickte Überlappung erzeugt, so dass die wirksame Strahlerfläche zu den tieferen Frequenzen hin kontinuierlich breiter wird.

In der Vertikalen stellt sich das LR18 dank des Ribbon Tweeters als fast ideale Linienquelle dar. Auch diese erzeugen unvermeidlich Nebenmaxima, die denen eines räumlichen Rechteckfensters entsprechen und somit in einer Größenordnung von -13 dB zum Hauptmaximum liegen. Genau das

ist in den vertikalen Isobaren einer einzelnen LR18 aus Abbildung 12 auch zu erkennen, wo bei 2 kHz und ansatzweise auch noch bei 4 kHz unscheinbare seitliche Ausläufer zu erkennen sind. Isobaren in dieser Form einer nahezu perfekten Nadelspitze stellen das Machbare für Line-Arrays dar.

Im nächsten Schritt wurden drei LR18 zusammen gemessen. Die Einstellung des Winkels zwischen zwei Einheiten erfolgt an der hinteren mittig angeordneten Mechanik, die insgesamt zehn logarithmisch gestufte Einstellungen von 0,5° bis 10° zulässt. Die Winkel werden ohne Last voreingestellt. Sobald das Array hochgezogen wird, fixieren sich die einzelnen Systeme in den gewünschten Winkeln zueinander. Vorne werden die Lautsprecher über eine weitgehend unauffällige Standardmechanik mit Kugelsperbolzen untereinander verbunden. Für ein einfaches Handling der mit 28 kg angenehm leichten Box gibt es seitlich Griffe und noch zwei zusätzlich Griffmulden auf der Rückseite.

Gemessen wurde das Dreier-Set für Winkel von 0,5°, 3,7° und 10° zwischen den einzelnen Boxen. Erwartungsgemäß stellten sich auch hier fast perfekte Verläufe ein. Die angesprochenen (blauen) Nebenmaxima bleiben auch hier schwach erhalten und rücken in der Frequenz um den Faktor drei nach unten mit weiteren Ausläufern bei den ganzzahligen Vielfachen davon. Die Messungen mit 10° Winkeln zeigt ein lückenloses und homogenes Abstrahlverhalten auf exakt $\pm 15^\circ$.

Zubehör und Preise

Neben der hier besprochenen LR18 gibt es auch noch eine LB18 als reine Tieftonerweiterung zur LR18. Die LB18 hat exakt den gleichen Formfaktor und auch



Array aus sechs LR18

äußerlich zumindest auf den ersten Blick nicht von der LR18 zu unterscheiden. Die Mittelhochtoneinheit fehlt jedoch völlig und die Tieftöner sind etwas tiefer abgestimmt. Eingesetzt werden kann die LB18 immer dann, wenn es darum geht bei tiefen Frequenzen mehr Pegel und ein verstärktes vertikales Richtverhalten zu erzielen.

Fazit

Mit dem LR18 erweitert Alcons Audio sein Angebot bei den Line-Arrays um ein mittelgroßes Modell, das sich zwischen den kompakten Modellen LR7, LR14, LR16 einerseits und dem großen Touring-System LR28 andererseits einordnet. Genau in dieser Größenklasse dürfte es auf dem hiesigen Markt auch den größten Bedarf geben, so dass man dem LR18 eine marktstrategisch gute Startposition attestieren kann. Neu ist die koaxiale Anordnung des Ribbon Tweeters mit einem 6,5"-Konus-treiber in einer Bandpasskammer, womit eine vollständig symmetrische Anordnung der drei Wege gelingt. Dank der geschickten Filterung der Wege zueinander wird damit ein nahezu perfektes Abstrahlverhalten auch in der horizontalen Ebene erreicht, so wie man es auch schon vom LR28 kennt. Die Vorzüge des Ribbon-Konzeptes für Line-Arrays und die Verzerrungswerte betreffend sind bekannt. Das LR18 und seine Komponenten sind somit ein weiteres Highlight aus der Entwicklung von Tom Back und Philip de Haan, dem ein Erfolg am Markt prophezeit werden darf. Trotz der drei Wege kommt das LR18 mit der passiven Trennung zwischen MF und HF ökonomisch mit nur zwei Verstärkerwegen aus. Die zugehörigen Sentinel-Systemendstufen können damit optimal ausgenutzt werden. Betrachtet man unter diesen Aspekten den Komplettpreis eines ganzen Systems, dann relativieren sich auch die auf den ersten Blick recht hohen Zahlen für die Einzelkomponenten.

