leat magazine

powered by
PRODUCTION PARTNER

TEST AUS AUSGABE
4 I 2026



MULTI AXIS ROBOTIC
LINE-ARRAY

PK Sound T8 / T18



MULTI AXIS ROBOTIC LINE-ARRAY

PK Sound T8 / T18

„Hätten wir doch die anderen Module mit eingepackt!“ – „Oh, da oben stecken zwei Pins falsch …“ – „Dort nun auch noch Publikum?“ Mit der vertikal und horizontal fernsteuerbaren Mechanik der Line-Arrays aus Kanada lassen sich Array-Anpassungen und Korrekturen auf Knopfdruck vornehmen.

Text und Messungen: Anselm Goertz | Fotos: Anselm Goertz, PK-Sound (2) | Software-Screen: Erik Bik (1), Anselm Goertz

Eine typische Vorgeschichte, die im Touring- und Installationsgeschäft Kanadas begann und darin mündete, eigene Produkte zu entwickeln, zu bauen und zu vertreiben: Der 2009 in Calgary gegründete Hersteller PK Sound besaß nicht nur Praxiserfahrungen zu Genüge, sondern auch einige Wünsche, die der damalige Markt noch nicht erfüllen konnte.

Die Bezeichnung „The Robotic Line Array Company" benennt direkt, was die zwei Besonderheiten bei PK Sound sind: Man baut vom Prinzip her klassische Line-Arrays, stattet diese jedoch mit kleinen Motoren aus. Die können zum einen das Curving im Array einstellen, aber auch den horizontalen Öffnungswinkel der einzelnen Elemente. Beides ist fernsteuerbar und auch im Betrieb, also bei einem schon hängenden Array, möglich. Hinzu kommt, dass die Winkeleinstellung präzise und in sehr feinen Abstufungen erfolgt. So ist es möglich, innerhalb einer Linie den horizontalen Öffnungswinkel nahezu gleitend von oben nach unten hin aufzuweiten. Gleiches gilt für das Curving innerhalb eines Arrays.

Was rechtfertigt so einen unerheblichen Mehraufwand in der Mechanik? Der Nutzen zeigt sich besonders dann, wenn man es mit wechselnden Szenarien zu tun hat. Bei Festinstallation können das unterschiedliche Publikumsflächen sein – breit oder tief oder auch in einer Ebene, oder das sich auf einer ansteigenden Tribüne befindliche Publikum. Bei Musikveranstaltungen in Theatern ergibt sich zudem die durchaus interessante Möglichkeit, durch eine mehr oder weniger starke Anstrahlung der Seitenwände auch dem Schallfeld gezielt frühe Reflexionen hinzuzufügen, wie man sie für klassische Musik haben möchte – oder eben im Gegenteil durch eine konzentrierte Ausrichtung auf das Publikum das Schwergewicht auf Direktschall zu legen, wie man es bei Jazz oder Rock Musik bevorzugt.

Systemtechniker Erik Bik, der für den Test zum Messlabor kam, schilderte einen anderen interessanten Fall eines Open-Air-Konzertes im städtischen Umfeld, wo tagsüber ein großes, breit vor der Bühne stehendes Publikum zu beschallen war und am Abend eher eine konzentriert vor der Bühne stehende Zuhörerschaft, wobei man das Wohnumfeld dann nicht mehr unnötig beschallen wollte. Durch die Anpassung des Arrays auf Knopfdruck kann das alles spontan im laufenden Betrieb erfolgen.

Mit diesem Hintergrund entwickelte man bei PK-Sound bislang drei Line-Array Systeme. Als größtes das 3-Wege-Trinity mit einer Bestückung 2 × 12" im Tieftonbereich, gefolgt vom T10, ebenfalls mit 3-Wegen und einer Tieftoneinheit 2 × 10" sowie das neuste und hier vorgestellt T8 als 2-Wege-System mit zwei 8"-Tieftönern. Der Hochtöner ist hier als koaxialer Dual-Ring-Treiber ausgeführt. Zum Einsatz kommt der kompakte B&C DCX354 mit einer 1,4"-Öffnung und zwei Ringmembranen mit einer 3"-Spule für die Mitten und einer 2"-Spule für die Höhen. Die beiden Tieftöner stammen ebenfalls von B&C. Bei der integrierten Elektronik setzt man für die Endstufen auf bewährte Technik von Powersoft. Das zweikanalige Modul wird mit einer Gesamtleistung von 1.400 W angegeben. Das DSP-System ist eine Eigenentwicklung, ebenso wie die gesamte Mechanik. Die hierfür eingesetzten Motoren werden mit einer Lebensdauer von 80.000 Zyklen angegeben, was bei durchschnittlicher Nutzungen 109 Jahren entspricht. Hersteller der Motoren ist eine Firma aus dem Land- und Baumaschinenmarkt, wo Robustheit und Langlebigkeit ganz weit vorne stehen.

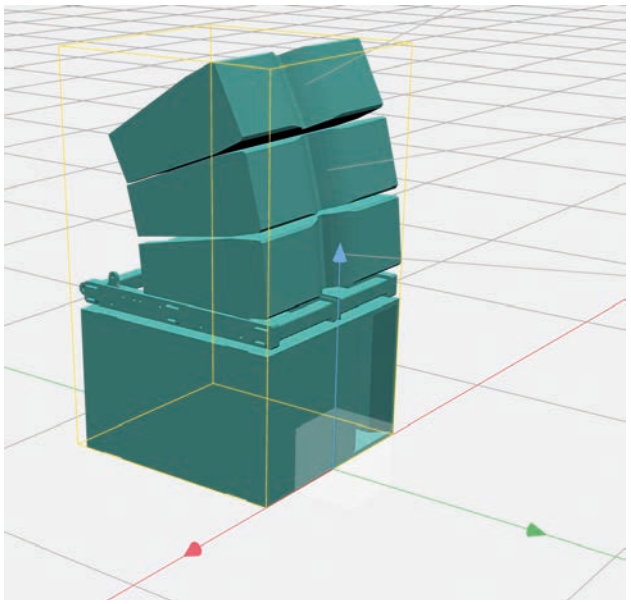
Line-Array T8

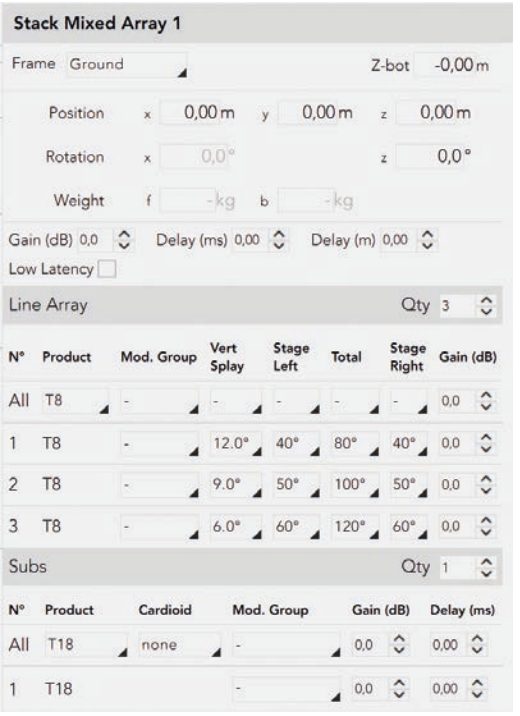
Auf den ersten Blick ist unser Testobjekt, das Line-Array T8 samt passendem und ebenfalls flugfähigem Subwoofer T18, ein kompaktes, aktives Line-Array. Äußerlich fällt es zunächst einmal durch seine Dreipunkt-Flugmechanik auf, die hinten nur einseitig (auf der von hinten gesehen linken Seite) angebracht ist. Statisch ist das völlig ausreichend und mechanisch mit der motorischen Einstellung viel einfacher zu realisieren. Laut Datenblatt kann der Winkel „Box to Box" damit in einer Genauigkeit von 0,1° eingestellt werden.

Setup ohne Gezerre

Ein weiterer Vorteil entsteht dadurch, dass die Arrays in 4er- oder 6er-Einheiten in gerader Position mit 0°-Winkeln transportiert werden, und das Array auch so vor Ort zusammengestellt wird. Erst wenn alles komplett ist, wird das Curving per Software eingestellt und über die Motoren umgesetzt. Das sonst meist unvermeidliche Zerren und Rütteln an den Arrays, um die Stifte zu setzen und alle Winkel einzustellen, entfällt damit völlig. Das sieht man den Lautsprechern auch an: Die zum Test gestellten T8-Arrays sahen auch nach längerem Einsatz noch aus wie Neuware.

Die mechanische und elektrische Einstellung der Arrays erfolgt über die Dynamics Software (Abb. 1). Hier können die Splay-Winkel zwischen 0° und 12° in 0,1°-Schritten eingestellt werden. Zusätzlich der horizontale Öffnungswinkel individuell für jede Box separat für beide Seiten, als Stage Left und Stage Right bezeichnet in 5°-Schritten mit Winkeln über alles von 60° bis 120°.





Motorisch eingestellte Öffnungs- und Splay-Winkel eines Groundstacks in der Dynamics Software (Abb. 1)

Akustische Komponenten und Konstruktion

Die beiden 8"-Tieftöner strahlen den Schall über zwei Bandpasskammern ab, womit partiell die Sensitivity erhöht werden kann und die Frontfläche auch kleiner ausfällt. Ein Bandpass beschneidet den Frequenzgang nach oben hin, dem man hier mit dem Einsatz des Coax-Kompressionstreiber. Er kann problemlos bis 500 Hz herunter betrieben werden.

Ansonsten ist die Hochtoneinheit der T8 wie üblich mit einem Waveguide und zwei horizontalen Hornflächen aufgebaut. Andere Hersteller bieten nun mehrere Produktvarianten für unterschiedliche horizontale Abstrahlwinkel an, oder händisch austauschbare Hornflächen. Hier kommt bei PK Sound die motorische Einstellung zum Zuge. Unsere kleine Fotoserie zeigt die T8 mit Öffnungswinkeln von 60°, 90° und 120°. Zusätzlich gibt es auch noch eine Serviceeinstellung, bei der die Hornflächen komplett ausfahren, womit eine Reinigung erleichtert oder auch der Zugang im Service möglich wird.

Auf der Rückseite der T8 befindet sich das Elektronikmodul mit Anschlüssen für die Stromversorgung, Netzwerk und analoges Audiosignal. Alle Anschlüsse sind mit Link-Ausgängen ausgestattet und IP65 klassifiziert. Für die Stromversorgung werden Powercon-True-Verbinder eingesetzt. Über die Netzwerkverbindung erfolgt die Steuerung und Überwachung mit Hilfe der Dynamics Software und auch die Übertragung des Audiosignals in digitaler Form im AES3-Format sowie Milan/AVB. Der analoge Eingang kann als Fallback konfiguriert werden oder alternativ als zweiter Eingang im AES3-Format.







Motorische Einstellung für 60°, 90° und 120° Öffnungswinkel. Beide Seiten der Schallführung in der T8 können unabhängig voneinander in 5°-Schritten zwischen 30° und 60° eingestellt werden

Das Elektronikmodul verfügt über eine ganze Reihe von Schutz- und Kontrollfunktionen und teilt dem Anwender über die Farbe der Front LED mit, ob ein Service erforderlich ist oder ein Fehler vorliegt. Ebenfalls über die Farbkodierung der LED werden eine aktive Netzwerkverbindung und Signal Present angezeigt. Falls keine Netzwerkverbindung besteht und die Dynamics Software nicht genutzt werden kann, dann lassen sich alle Einstellungen auch über das auf der Rückseite befindliche 2,4"-TFT-Touch-Display vornehmen.

Noch einige mechanische Details: Das T8 hat eine Breite von 755 mm bei einem Gewicht von 31,4 kg. Für eine 2 × 8"-Einheit ist beides relativ viel. Die mechanischen Teile sind durch die motorische Einstellung unvermeidlich etwas größer und schwerer. Auf der anderen Seite gibt es auch eine Menge Vorteile, die etwas mehr Gewicht und Breite mehr als ausgleichen. Im täglichen Betrieb werden die Arrays ohnehin immer in Vierer- oder Sechser-Einheiten auf Dollys bewegt und können beim Aufbau immer senkrecht, ohne schon an Curving denken zu müssen, gehandhabt werden.



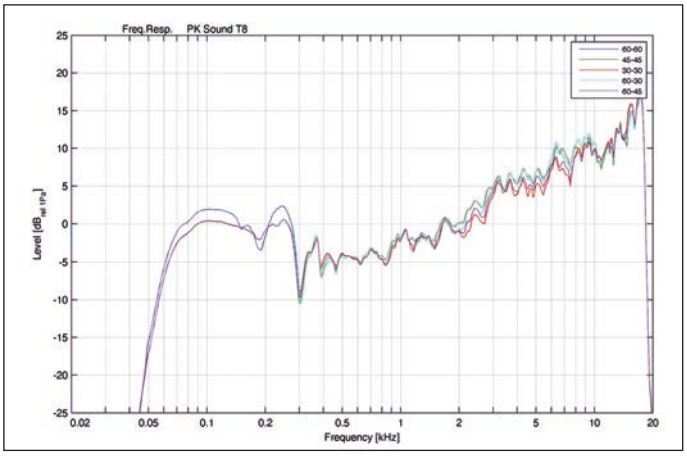
Verlinkte Verkabelung im Array

Frequenzgänge und Filter

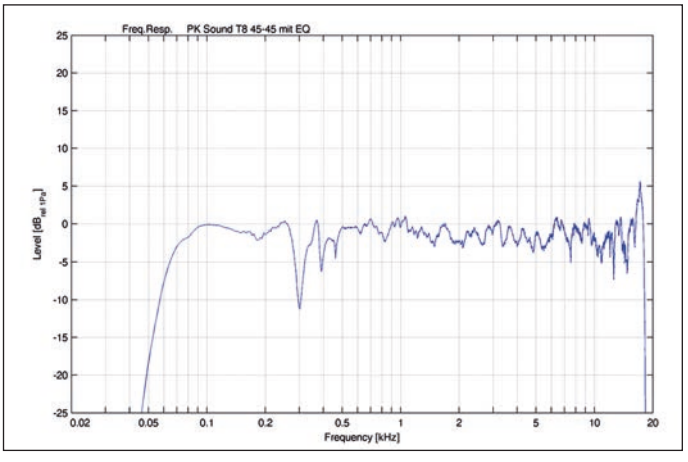
Auf unsere übliche Messung der einzelnen akustischen Wege ohne die vorgeschaltete, interne Elektronik des Produktes haben wir in diesem Fall verzichtet. Es wäre unverhältnismäßig schwierig gewesen, die dafür erforderlichen Anschlüsse herzustellen.

Abb. 1 zeigt als erste Messung die Frequenzgänge einer einzelnen T8 für verschiedene horizontale Öffnungswinkel von 60° bis 120°. Über alles betrachtet ist die T8 – ähnlich, wie bei vielen anderen Herstellern auch – so abgestimmt, dass sich im Array durch das Coupling bei tiefen Frequenzen ein insgesamt ausgeglichener Verlauf ergibt.

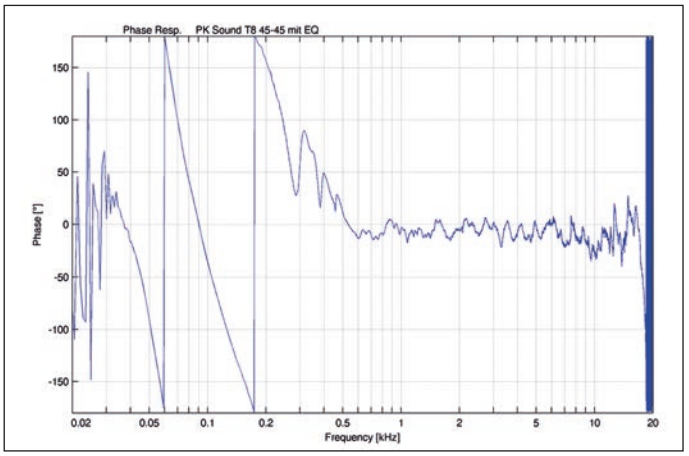
Um eine einzelne T8 (z. B. auch als Frontfill) nutzen zu können, bedarf es dann eines anderen Setups, wie es in Abb. 3 zu sehen ist.



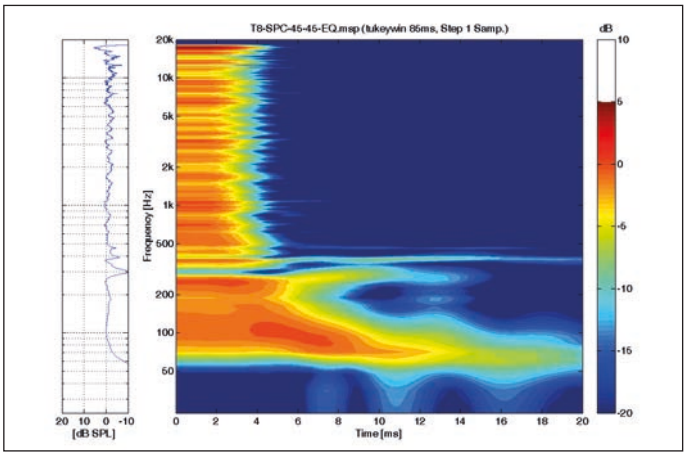
Frequenzgänge eines einzelnen T8 bei verschiedenen Öffnungswinkeln. Mit Ausnahmen der 60-60 Einstellung verlaufen alle Kurven recht ähnlich. Ungewöhnlicherweise tritt die kleine Abweichung vor allem unterhalb von 300 Hz auf, wo der Öffnungswinkel ja zumindest keinen direkten Einfluss mehr hat (Abb. 2)



Frequenzgang mit dazu passenden Filtern einer einzelnen T8. Der scharfe Einbruch bei 300 Hz ist vermutlich der Konstruktion der Tieftoneinheit als Zweikammerbandpass geschuldet. Der Frequenzgang reicht von 62 Hz bis 18 kHz (-6 dB) (Abb. 3)



Phasengang der T8 Dank FIR-Filterung verläuft die Phase oberhalb von 500 Hz linear, die dadurch entstehende Latenz beträgt 9,6 ms (5,2 ms im Low-Latency-Modus; Abb. 4)



Spektrogramm der T8 Auffällig ist nur die schon bekannte Problemstelle bei 300 Hz (Abb. 5)

Etwas ungewöhnlich in Abb. 2 ist die Abweichung der Kurve 60-60 unterhalb von 300 Hz, denn der Verlauf ist dort für alle anderen Öffnungswinkel absolut identisch. Worin die Ursache liegt, ist schwer sagen. Der einzige Unterschied ist ja die Stellung der Hornflächen des Hochtöners, und interne Filter werden nicht in Abhängigkeit vom Öffnungswinkel verstellt. Etwas unschön sind der scharfe Einbruch bei 300 Hz und die Sprungstelle im Frequenzgang. Beides liegt im Frequenzbereich der Tieftöner und dürfte auf die Bandpasskonstruktion zurückzuführen sein. Das Spektrogramm in Abb. 5 lässt an dieser Stelle auch eine Resonanz erkennen. Der Einbruch ist jedoch so schmal, dass er klanglich keine merkliche Auswirkung haben wird. Der Phasengang in Abb. 4 lässt den Einsatz von FIR-Filtern erkennen, mit denen ab 500 Hz aufwärts ein linearer Phasengang erreicht wird. Die dadurch entstehende Latenz beträgt in der Standardeinstellung 9,6 ms und im Modus Low Latency 5,2 ms. Der Phasengang ist jedoch in beiden Fällen absolut identisch, was sich damit erklärt, dass die Einstellung 9,6 ms nur dafür da ist, um zu den anderen Line-Arrays von PK Sound kompatibel zu sein. Wird das T8 allein eingesetzt, dann kann auch der Modus Low Latency verwendet werden.



Flugfähiger Subwoofer T18 Die Bassreflexöffnung ist großzügig dimensioniert und verfügt über eine strömungsgünstige Öffnung

Subwoofer T18

Zum T8 gehört der ebenfalls flugfähige Subwoofer T18 mit einem mächtigen 18"-Treiber und einer 2,7-kW-Endstufe. Das mit ca. 30 Hz tief abgestimmte Bassreflexsystem verfügt über einen sehr großzügig gestalteten und strömungsgünstig geformten Port.

Motorische Mechanik gibt es im T18 natürlich nicht, da es dafür in diesem Fall

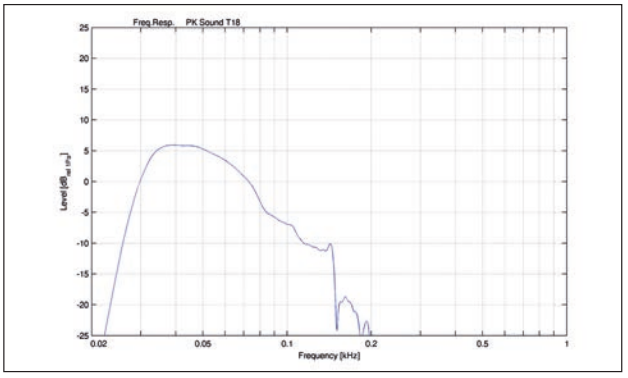
keine Anwendung gäbe. Für das Richtverhalten gibt es eine Cardioid-Funktion, die mit diversen Setups betrieben werden kann. In einem geflogenen Bass-Array können maximal zehn T18 untereinander geflogen werden.

Die Filtereinstellungen im T18 sind bereits passend zum T8, so dass nur noch abhängig von der Anzahl und Position Subwoofer Gain und Delay eingestellt werden. Für die T8 ist keine spezielle Einstellung zur Kombination mit den T18 erforderlich, da die Hochpassfilterung im T8 bereits passend ist. Abb. 6 zeigt den Frequenzgang des Subwoofers.

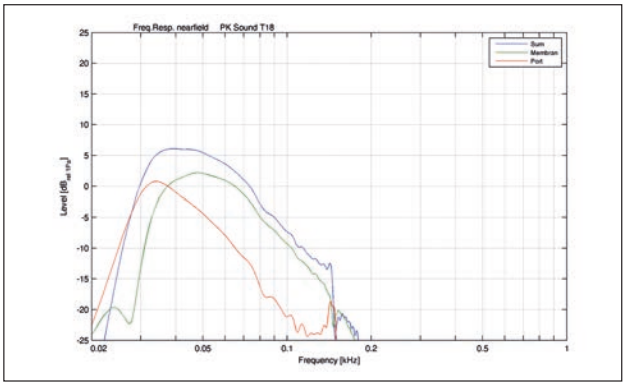
Wie sich der T18 zusammen mit einer T8 darstellt, zeigt Abb. 8. In einer 1:1-Kombination ist der Subwoofer ca. 6 dB lauter, so dass für ein messtechnisch ausgeglichenes Verhältnis eine Kombination von einem T18 zu zwei bis drei T8 passend wäre. Wie die Zusammenstellung in der Praxis aussieht, hängt dann aber auch vom Musikmaterial und vom gewünschten Pegel ab. Abb. 9 zeigt dazu die Messung einer Kombination aus drei T8 mit einem T18, die so auch für die Maximalpegelmessungen genutzt wurde. Im Array macht sich ein weiterer positiver Effekt bemerkbar: Der schmale Einbruch bei 300 Hz wird etwas schwächer.

Subwoofer-Messung

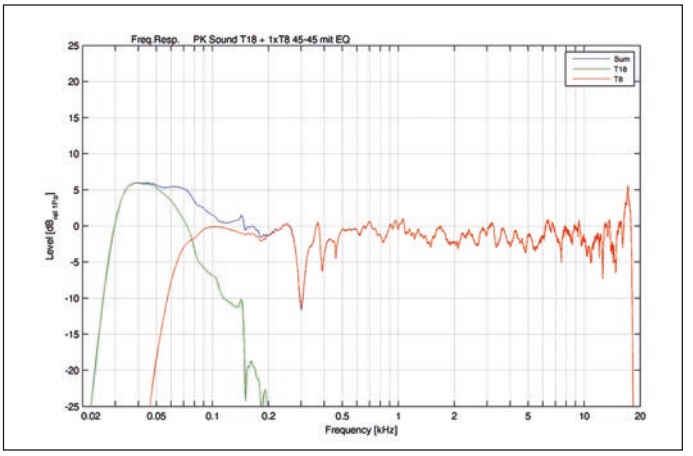
Die Messung erfolgte wie üblich in 4 m Entfernung und wurde unterhalb von 100 Hz durch eine Nahfeldmessung (Abb. 7) ergänzt. Die Nahfeldmessung erfolgt direkt vor allen Schall abstrahlenden Öffnungen – in diesem Fall die Membran und der Port – die dann passend gewichtet komplex addiert werden. Da die Nahfeldmessung keinen absoluten Betrags- und Phasendaten liefert, wird von der Messsoftware die 4 m als Referenz herangezogen, um dann bei der gewünschten Frequenz die Nahfeldmessung dort in Betrag und Phase passend anzusetzen.



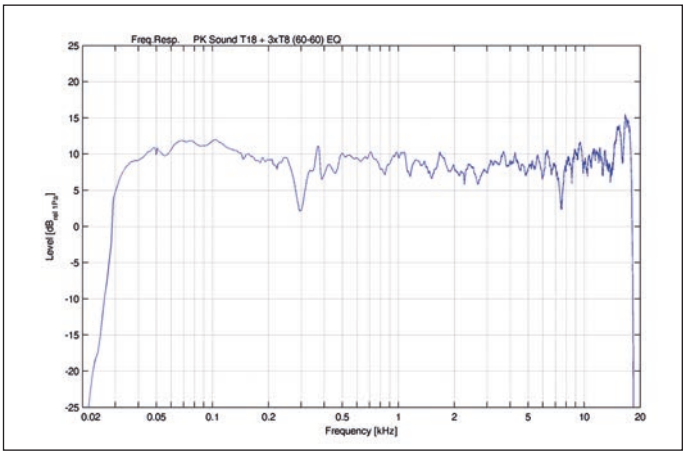
Frequenzgang des T18 Der Übergang zu den Topteilen erfolgt bei ca. 70 Hz (Abb. 6)



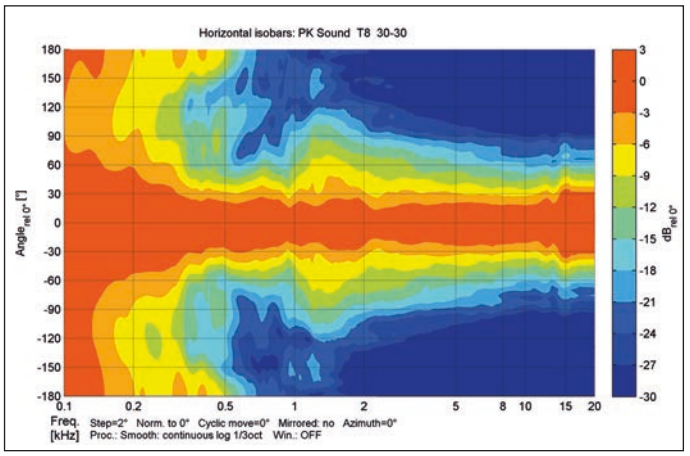
Einzelmessungen im Nahfeld vor der Membran, vor dem Port und die daraus berechnete Summe (Abb. 7)



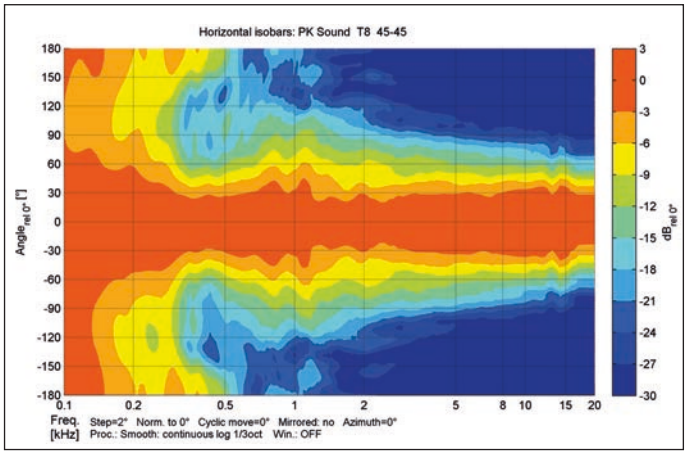
Kombination aus einem Topteil T8 und einem Subwoofer T18. An den Pegelverhältnissen erkennt man, dass ein Subwoofer T18 im Pegel passend zu zwei bis drei T8-Topteilen abgestimmt ist (Abb. 8)



Kombination aus einem T18 und drei T8 Diese Kombination wurde so auch für die Maximalpegelmessung genutzt. (Abb. 9)



Horizontale Isobaren der T8 in der Einstellung für 60° Öffnungswinkel, die schon ab 300 Hz aufwärts sehr gut eingehalten werden (Abb. 10)



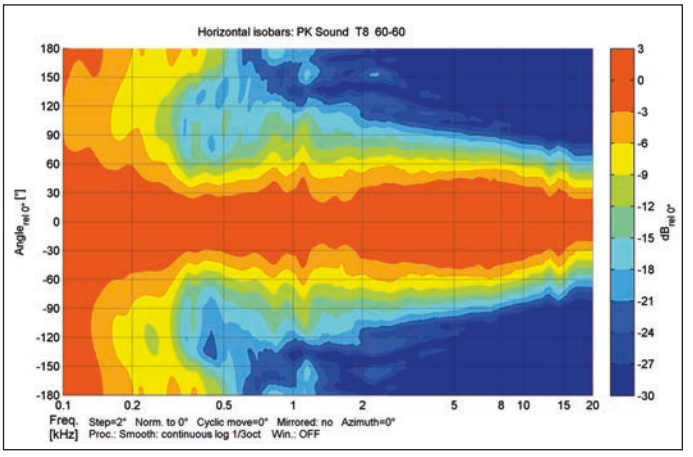
Horizontale Isobaren der T8 in der Einstellung für 90° Öffnungswinkel. Auch hier wird der gewünschte Öffnungswinkel ab 300 Hz aufwärts erreicht. Um 1 kHz kommt es jedoch zu einer lokalen Aufweitung der Isobaren (Abb. 11)

Directivity

Das Thema Directivity ist durch die Robotik bei PK Sound natürlich eines der interessantesten. Die Messung der horizontalen Isobaren erstreckt sich daher über vier Grafiken für die Öffnungswinkel von 60°, 90° und 120° symmetrisch und +30/-60° (Abb. 13) asymmetrisch.

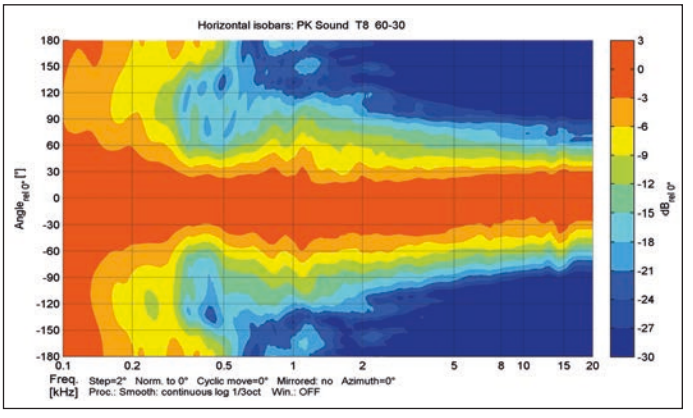
Im mechanischem Extrem

Die symmetrischen Einstellungen erreichen den angestrebten Winkel in allen drei gemessenen Einstellungen gut. Perfekt gelingt es bei 60°, wo auch der Übergang zu den Tieftöner bestens passt. Bei 90° entsteht um 1 kHz eine kleine Aufweitung, die sich dann bei 120° wieder gut einfügt.



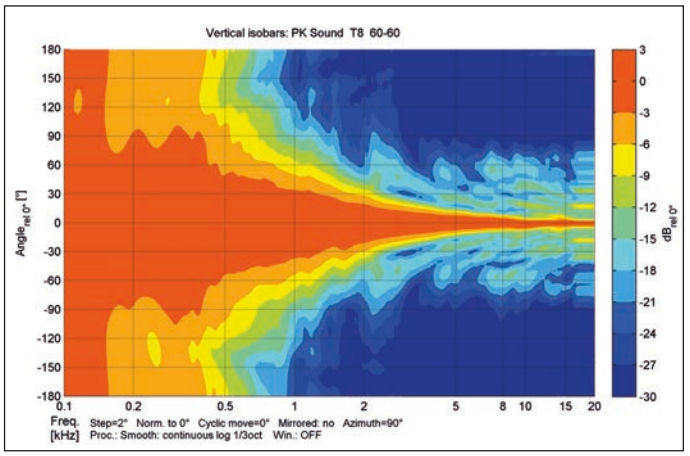
Horizontale Isobaren der T8 in der Einstellung für 120° Öffnungswinkel, die ab 800 Hz aufwärts knapp erreicht werden. Unterhalb von 800 Hz schnüren sich die Isobaren noch etwas mehr ein (Abb. 12)

Die bei 60° gut passende Einschnürung um 400 Hz ist in der 120°-Version wiederum etwas zu heftig, aber nicht weiter störend – und durch den gegebenen Abstand der Tieftöner auch nicht zu vermeiden. Mit der Winkelung von +30° und -60° innerhalb einer Box haben wir dann auch eine extreme, asymmetrische Einstellung gemessen. Die Isobaren in Abb. 13 zeigen das Ergebnis, bei dem die +30° sehr gut eingehalten werden, die -60° sich zu den höheren Frequenzen jedoch etwas zu sehr einschnüren. Trotzdem kann man sagen: Gerade in Anbetracht der kompakten Abmessungen gelingen auch die asymmetrischen Winkeleinstellung gut.

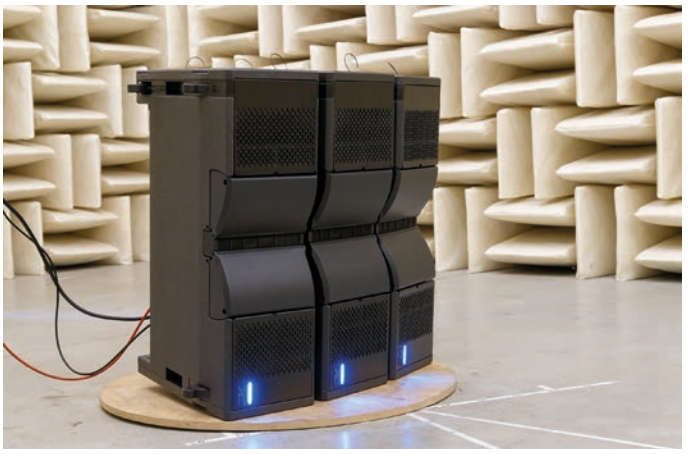


Asymmetrischen Einstellung einer T8 mit horizontalen Isobaren für gleichzeitige +30° und -60° (Abb. 13)

Wie sich eine einzeln T8 in der Vertikalen darstellt, zeigen die Isobaren in Abb. 14. Der spitz zulaufende Verlauf ist typisch für eine kleine Linienquellen. Auffällige Nebenmaxima gibt es nicht.



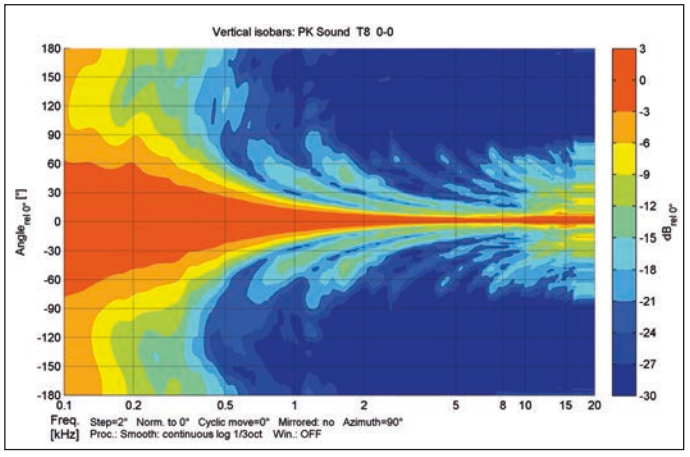
Vertikale Isobaren einer einzelnen T8 (Abb. 14)



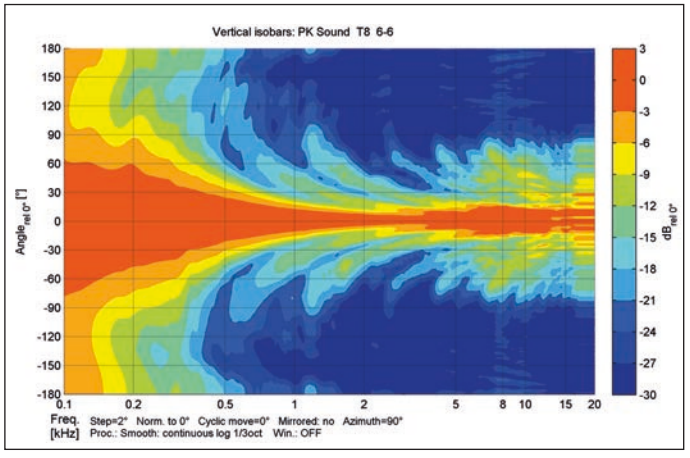
Kleines Array mit drei T8 auf dem Drehteller

Vertikal im Array: Wie weit splayen?

Die Messung der vertikalen Isobaren im Array erfolgte mit drei T8 auf dem Drehteller. Dazu wurden Splay-Winkel von 0°, 6° und 12° eingestellt. Die so gemessenen Isobaren-diagramme finden sich in den Abbildungen 15-17. In der 0°-Einstellung bildet sich der erwartete, scharf bündelnde Verlauf einer Linienquelle, die dann im Vergleich zu einer Einzelbox auch zu tieferen Frequenzen noch eine deutliche Richtwirkung zeigt. Oberhalb von 10 kHz bilden sich zudem kleine Nebenmaxima aus.



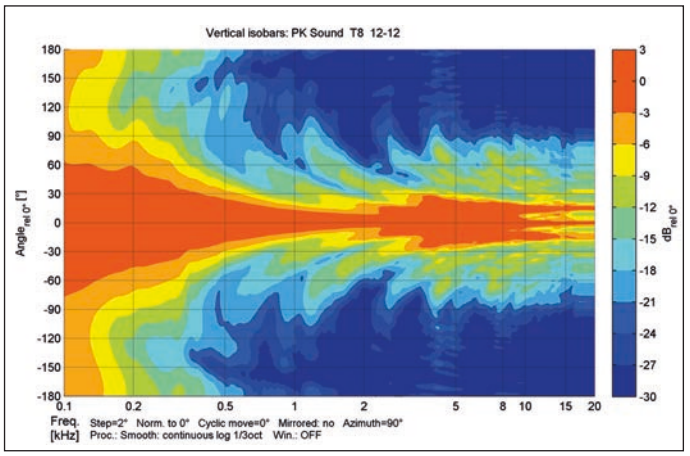
Jeweils 0° Splay vertikale Isobaren von drei T8 (Abb. 15)



Jeweils 6° Splay Vertikale Isobaren von drei T8 (Abb. 16)

Durch das Curving der Arrays lässt sich der Öffnungswinkel wunschgemäß aufweiten. Bei 6° Splay-Winkel liegen die Isobaren (-6 dB) für höhere Frequenzen bei ca. 30° und für 12° Splay-Winkel bei 50-60°. Bei letzterem fällt auf, dass die Isobarenfläche oberhalb von 10 kHz aufzureißen beginnt:

Die einzelnen Quellen agieren nicht mehr wie eine kontinuierliche Linienquelle. Unterhalb von 2 kHz lässt sich trotz des Curvings eine verstärkte Bündelung erkennen, die sich mit zunehmender Länge eines Arrays noch verstärkt. Dabei handelt es sich nicht um eine spezifische Eigenschaft des T8, sondern um eine akustische Eigenschaft, da die einzelnen Quellen hier nicht mehr als Segmente einer Linie agieren, sondern als eine ausgedehnte Quelle, die dann eine entsprechend starke Bündelung erzeugt. Vermeiden lässt sich dieser sogenannte Low-Mid-Beam nur mit elektronischen Hilfsmitteln. Durch eine entsprechende Filterung der einzelnen Quellen kann dann, ähnlich wie bei DSP-gesteuerten Zeilen, das gewünschte Beamforming erreicht werden. Bei Systemen wie dem T8, wo ohnehin jeder Weg über einen eigenen Verstärkerkanal angetrieben wird und es auch einen DSP mit vielen Möglichkeiten zur Filterung inklusive FIR-Filtern gibt, ließe sich das gut umsetzen.
So war auch zu vernehmen, dass man bei PK Sound bereits daran arbeitet, die dafür erforderlichen Berechnungen in die Dynamics Software zu integrieren.



Jeweils 12° Splay Vertikale Isobaren von drei T8. Oberhalb von 10 kHz erkennt man die einzelnen Elemente – die Isobarenfläche beginnt, aufzureißen (Abb. 17)

AES75 Music Noise: Ergebnis-Unterschiede

Die Abbruchkriterien der Multitonmessung-Messung entsprechen denen der AES75 Music Noise Messung. Anstelle der Auswertung der Signalkohärenz werden bei der Multitonmessung jedoch direkt die Verzerrungsanteile ausgewertet. Das Testsignal der Multitonmessung unterscheidet sich auch etwas vom Music Noise Signal: Letzteres fällt im Pegel nicht schon unterhalb von 50 Hz ab, sondern erst unterhalb von 20 Hz. Einen weitere Unterschied gibt es im Crestfaktor, der bei Music Noise zu den hohen Frequenzen hin bis auf 18 dB ansteigt, beim Multitonsignal weitgehend konstant ist. Die Music Noise Messung führt daher bei Lautsprechern mit kräftigen Hochtontreibern und starken Endstufen in der Regel zu um 6 dB höhere Werten für den max. Peak SPL.

Maximalpegel

Für die Maximalpegelmessung wurden zwei Messreihen durchgeführt. Das kleine Array mit drei T8 und einem T18 wurde mit einem Multitonsignal gemessen, zusätzlich der Subwoofer T18 mit der Sinusburst-Methode.

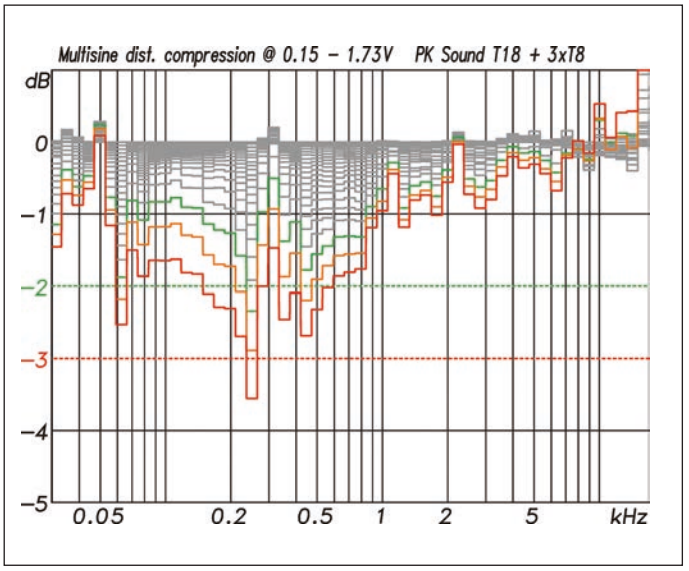
Diese Vorgehensweise begründet sich damit, dass sich die Möglichkeiten des Subwoofers bei einer breitbandigen Multitonmessung und den daraus abgeleiteten Einzahlparametern nicht gut bewerten lässt, da dieser bestenfalls eine Oktave des insgesamt zehn Oktavbänder umfassenden Spektrums des Testsignals abdeckt. Die Sinusburst-Messung erfolgte dagegen gezielt für den Frequenzbereich von 30-100 Hz und kommt mit den Burst-Signalen auch einem typischen Musiksignal für Subwoofer (z. B. bei elektronischer Musik) schon recht nahe.

Werfen wir aber zunächst einen Blick auf die Multitonmessung des Arrays. Das aus 60 Sinussignalen mit einer zufälligen Phasenverteilung bestehende Testsignal hat eine spektrale Verteilung nach EIA-426B für ein mittleres Musiksignal (hellblaue Kurve in Abb. 19) und einen Crestfaktor von 12 dB aufweist. Diese Art der Messung spiegelt somit einen realistischen Belastungszustand wider. Der hier gemessene Verzerrungswert erfasst sowohl die mit diesem Signal entstehenden harmonischen Verzerrungen (THD) wie auch die Intermodulationsverzerrungen (IMD). Beides zusammen wird auch als Total Distortions TD = THD + IMD bezeichnet.

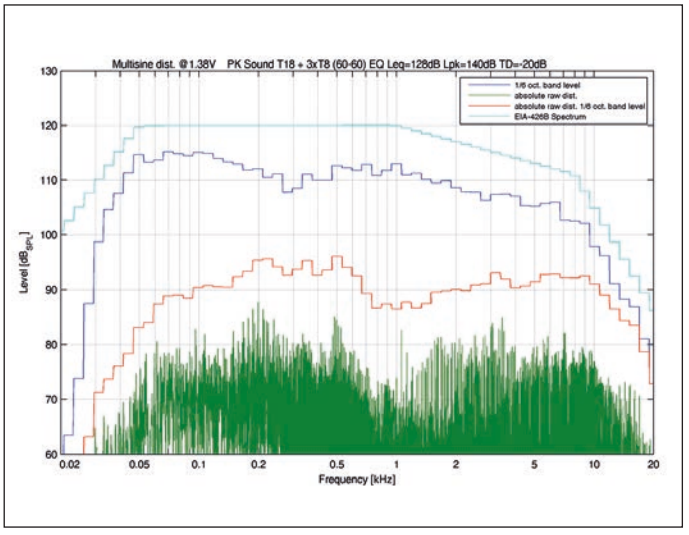
Als Abbruchkriterium kann neben einem Grenzwert für den TD-Wert bei dieser Messung auch die Signalkompression ausgewertet werden. Man startet dazu die Messreihe zunächst mit einem geringen Pegel im linearen Arbeitsbereich des Lautsprechers, bei dem noch keine Signalkompression auftritt. Von diesem Wert ausgehend wird der Pegel dann in 1-dB-Schritten erhöht. Irgendwann folgt der Lautsprecher diesen Pegelerhöhungen – entweder breitbandig oder auch nur in einzelnen Frequenzbändern – nicht mehr. Als Grenzwerte für die dann auftretende Signalkompression wurde definiert, dass die Pegelverluste breitbandig nicht mehr als 2 dB (Abb. 18, grüne Linie) betragen dürfen und in einzelnen Frequenzbändern nicht mehr als 3 dB (Abb. 18, rote Linie).



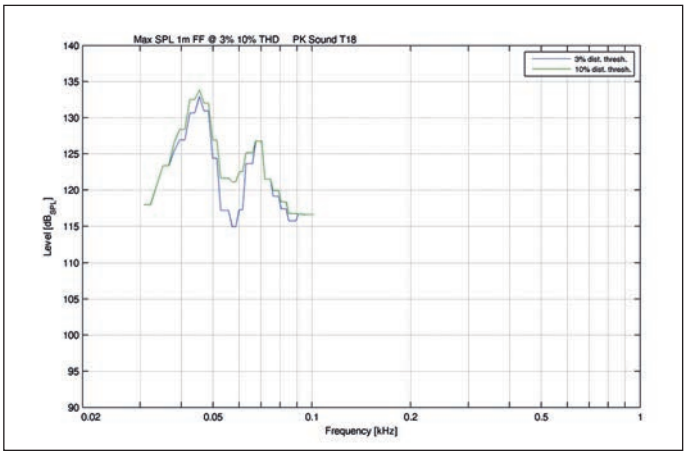
Maximalpegelmessung Aufbau des kleinen Arrays mit einem Subwoofer T18 und drei Topteilen T8 mit 0° Splay-Winkel



Powercompression gemessen mit einem Multitonsignal mit EIA-426B Spektrum beginnend bei einem Mittelungspegel Leq von 110 dB. Basierend auf dieser Referenzmessung wurde der Eingangspegel in 1-dB-Schritten bis auf +21 dB gesteigert. Das Kriterium von maximal 2 dB breitbandiger Kompression wird dabei bis zur orangen Kurve (+20 dB) einschließlich knapp eingehalten, das Verzerrungslimit von maximal -20 dB wird jedoch bei diesem Pegel schon um 1,5 dB überschritten. Daher erfolgt die finale Auswertung für die grüne Kurve bei +19 dB. Der dann erreichte Pegel als Leq beträgt 128 dB. Ohne Powercompression würden rechnerisch 129 dB erreicht werden (Abb. 18)



Gesamtverzerrungen TD (Harmonische und Intermodulation) mit einem Multitonsignal mit EIA-426B Spektrum (hellblau) und 12 dB Crestfaktor für maximal 2 dB Powercompression oder maximal 20 dB Verzerrungen. Auf 1 m im Freifeld bezogen wird ein Pegel von 128 dB als Leq und von 140 dB als Lpk erreicht (Abb. 19)

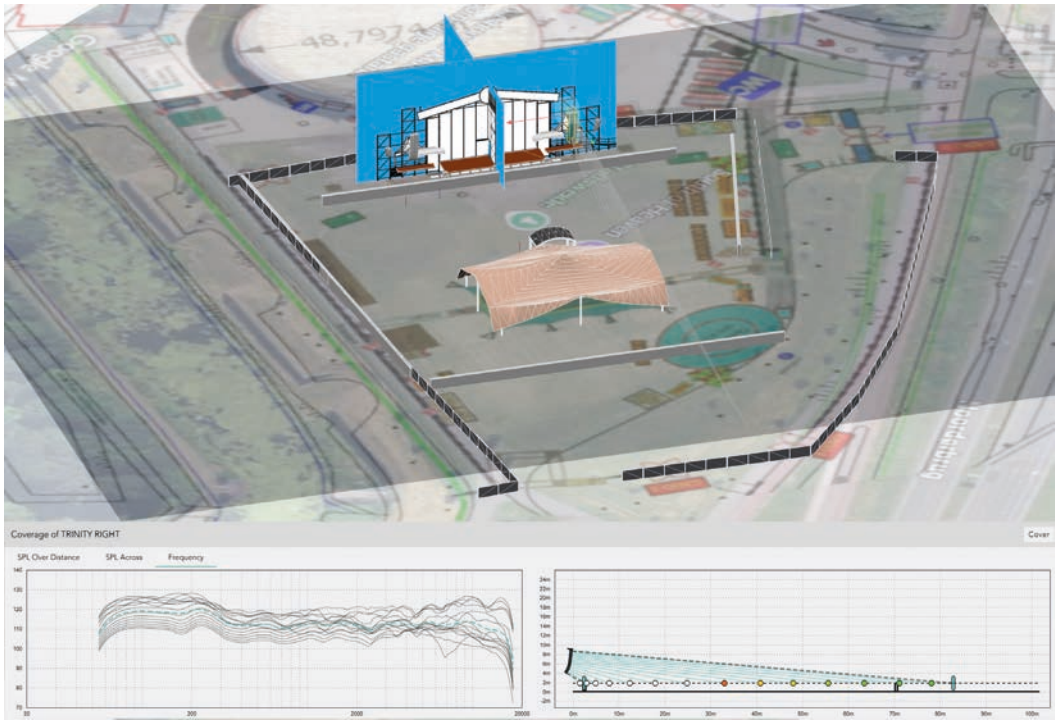


Maximalpegelmessung des T18 mit Sinusburst-Signalen für maximal 3% und maximal 10% Verzerrungen. Mit bis zu 133 dB werden für einen einzelnen 18“ sehr hohe Werte erreicht (Abb. 20)

Die Begriffe Signalkompression oder Powercompression mögen an dieser Stelle etwas verwirrend wirken, da sie sonst im Zusammenhang mit thermischen Effekten bei Lautsprechern verwendet werden: Diese werden bei der Multitonmessung selbstverständlich auch erfasst, aber zusätzlich auch noch diverse andere Effekte wie Limiter, Begrenzung durch die Endstufen oder Netzteile und vieles mehr. Alternativ könnte man daher auch von Abweichungen vom linearen Verhalten oder Nichtlinearitäten sprechen.

Für das PK-Sound-Array lieferte die Multitonmessung die Ergebnisse aus Abb. 18 und 19. Bei den 22 Einzelmessungen mit jeweils um 1 dB gesteigertem Eingangspegel begann der Tieftonweg – wie erwartet – zuerst, der Pegelsteigerung nicht mehr linear zu folgen. Das Abbruchkriterium für die Signalkompression wird bei +20 dB relativ zur Referenzmessung erreicht. Das zweite Kriterium mit maximal -20 dB Verzerrungen ist dort jedoch schon überschritten und wird nur noch bei +19 dB eingehalten. Entsprechend wir diese Messung auch ausgewertet und liefert Werte bezogen auf 1 m Entfernung im Freifeld unter Vollraumbedingungen von 128 dB SPL als L_{eq} und von 140 dB als L_{pk}.

Die Sinusburst-Messung für den Subwoofer aus Abb. 20 erfolgte für den Frequenzbereich von 30 Hz bis 100 Hz in 1/12-Oktav-Schritten mit 680 ms langen Bursts. Ausgewertet wurde dabei der erreichbare Maximalpegel für höchsten 3% und 10% THD. Der T18 lieferte so in den Spitzen bis zu 133 dB und im Mittel zwischen 30 und 70 Hz für einen 1 × 18“-Subwoofer respektable 128 dB. Dabei ist zu bedenken, dass diese Werte für den Vollraum gelten. Auf den Halbraum bezogen sind es jeweils 6 dB mehr.



Aufbau in Maastricht als Beispiel von Erik Bik für die Möglichkeiten der Dynamics Software (Abb. 21)

Dynamics Software

Wie viele andere Hersteller auch, stellt PK Sound für seine Lautsprecher eine eigene Software bereit, mit der Anlagen komplett konfiguriert und Pegelverteilungen berechnet und visualisiert werden können. Die jeweilige Location kann mit Hilfe von vorgefertigten Templates oder hinterlegter Grafik in der Software gebaut werden. Abb. 21 zeigt dazu das schöne Beispiel einer von Erik Bik betreuten Veranstaltung im zum Messlabor benachbarten Maastricht. Im Modell lassen sich Hörerflächen und einzelnen Listener Seats einfügen, für die dann Pegel und Frequenzgang berechnet werden. Konfiguriert man hier die Arrays bereits im Vorfeld einer Veranstaltung, dann können alle mechanischen und elektrischen Einstellungen, sobald die Netzwerkverbindungen bestehen, direkt übertragen und umgesetzt werden.
Bei den Berechnungen ist jedoch zu bedenken, dass immer nur der Direktschall berechnet wird. Das akustische Umfeld geht nicht ein. Eine Software dieser Art eignet sich daher gut, um schnell eine gute Direktschallverteilung zu konfigurieren und die Pegelverhältnisse in den einzelnen Bereichen abzuschätzen. Gibt es kritische Flächen, die z. B. ein Echo verursachen könnten, dann kann man diese auch im Modell berücksichtigen und schon direkt versuchen, die Pegel hier möglichst zu reduzieren.

Was jedoch nicht geht, ist z. B. eine Berechnung der Sprachverständlichkeit, des Klarheitsmaßes oder auch, den tatsächlichen Gesamtschallpegel inkl. Raumanteilen zu bestimmen. Diese Berechnungen sind vor allem für Festnstallationen relevant, wo es gilt, Nachweise schon im Vorfeld mit Hilfe einer Simulation zu erbringen.
Dazu bedarf es dann weitergehender Software wie EASE, CATT Acoustic, Odeon oder Treble. Passende Daten im GLL- oder CLF-Format gibt es von PK Sound aktuell noch nicht. Dabei gäbe es auch die besondere Herausforderung, die vielen Möglichkeiten durch die mechanischen Einstellungen in den genannten Datenformaten umfassend abzubilden. Sobald man jedoch den Markt für Festinstallationen ins Auge fasst, wären diese Datensätze, für welches der genannten Programme auch immer, ein absolutes Muss.

Abb. 22 zeigt schließlich das Beispiel für die Einstellung der EQs. Das kleine Array aus der Teststellung wurde als eine Systemgruppe definiert und für diese die gewünschte Filterung eingestellt. Neben dem Standard-EQ gibt es noch die Array Size Compensation (ASC), mit der über ein Low-Shelf-Filter eine Anpassung des Frequenzgangs abhängig von der Länge des Arrays erfolgen kann.

Wohl wissend, dass die Wunschliste an eine Software immer lang ist, fällt einem hier noch eine vermutlich gut umzusetzende Idee ein, speziell für diese Robotic Arrays: Eine Auto-EQ-Funktion, die für einen definierten Publikumsbereich den gemittelten Frequenzgang auf eine vorher festgelegte Zielfunktion hin optimiert. Würde man

danach das Curving oder die Öffnungswinkel nochmal ändern, dann könnte die Anpassung sofort automatisch wieder erfolgen, ohne dass man sich als Anwender Gedanken über neu EQ-Einstellungen machen müsste.

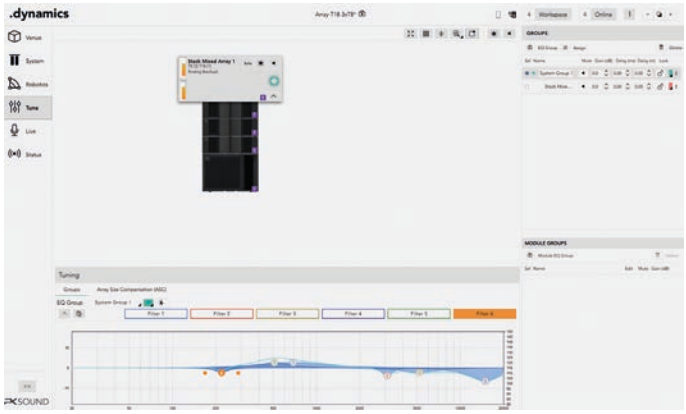
Fazit und Preise

PK Sound aus Kanada bietet ihre spezielle Robotic-Technik mit dem neuen Line-Array T8 sowie dem zugehörigen Subwoofer T18 jetzt auch im kompakten 2 × 8"-Format an, was vor allem für kleinere Veranstaltungen und Festinstallationen interessant sein dürfte.

Sorgen muss man sich um die mechanische Ausführung der Robotik nicht – alles macht einen sehr soliden Eindruck, so wie auch die weitere Ausführung der Gehäuse und Elektronik.

Die Messwerte der T8 und T18 legen vielleicht den einen oder anderen kleinen Kompromiss offen, entsprechen aber vollkommen dem erwarteten Niveau. Die Vernetzung und die die zugehörige Dynamics Software machen das System schnell und intuitiv bedienbar, was in Kombination mit der Robotik wohl ein echtes Alleinstellungsmerkmal sein dürfte. Die Preise sind bei solchen Systemen wie üblich Mengen- und Projekt-abhängig und bewegen sich in den Größenordnung der bekannten Mitbewerber. Anfragen dazu beantwortet gerne der deutsche Vertrieb Publitec. Einbegriffen ist jeweils das interne Selfpowered-Amping/Processing, die Justier-Robotik-Mechanik sowie die Software.

Als Verleiher oder auch für eine Installation kann man mit dem PK-Sound-System dann Lösungen anbieten und realisieren, die andere Produkte nicht ermöglichen und mit denen man sich konkret vom Wettbewerb abhebt. ■



Tuning-Funktion der Dynamics Software mit Einstellung des Array-EQs (Abb. 22)



Montiert wird mit 0 Grad, das Curving erfolgt danach ferngesteuert