



TEST AUS AUSGABE **6 | 2025**

MIDSIZE LINE-ARRAY

# Kling & Freitag Sequenza 8



MIDSIZE LINE-ARRAY

# Kling & Freitag Sequenza 8

Mit dem Modell „8“ erweitert Kling & Freitag seine Sequenza-Baureihe für Line-Arrays. Blickt man auf dessen Specs, zeigt sich schnell, dass es sich um mehr als einen Lückenfüller zwischen der Sequenza 5 und 10 handelt: In die Entwicklung flossen viele Ideen ein, die Performance, Handhabung und Erscheinungsbild des Line-Arrays betreffen.

Text und Messungen: Anselm Goertz | Fotos: Anselm Goertz und K&F

**D**ie Zahl 8 in der Typenbezeichnungen bezieht sich bei K&F auf die Größe der eingesetzten Tieftontreiber: Line-Arrays finden sich bei K&F unter der Bezeichnung Sequenza, unter der es bislang die Modelle Sequenza 5 und Sequenza 10 gab. An Tieftontreibern kommen in der Sequenza 5 vier pro Box, in den beiden anderen jeweils zwei pro Box zum Einsatz. Sequenza 5 und 10 sind als 2-Wege bzw. 2½-Wege Systeme mit passiver bzw. teilaktiver Filterung konzipiert. Neu hinzu kommt jetzt also das hier vorgestellte „Sequenza 8“.

Der in Hannover ansässige 1991 gegründete Hersteller Kling & Freitag blickt heute nicht nur auf eine lange und solide Firmengeschichte zurück, sondern kann auch auf eine beeindruckende Referenzliste verweisen, die weltweit renommierte Veranstaltungs- und Sportstätten, Sakralbauten, Clubs und Festivals aufweist. Das aktuelle Portfolio von K&F beinhaltet von einer kompletten Palette Pointsources und Subwoofern über Line-Arrays bis hin zu DSP-gesteuerten Zeilen fast alles, was man zur Beschaltung mobil und in Festinstallations benötigt. Nicht im Fokus hat man große Festivalsystemen.

Die Sequenza 8 füllt nicht nur formal die Lücke zwischen diesen beiden Modellen, sondern bietet auch eine

Menge neuer Features. Die Box ist als 3-Wege-System mit komplett passiver Trennung konzipiert und benötigt somit auch nur einen Verstärkerkanal. Als 8-Ohm-System können am zugehörigen Amp-Rack bis zu drei Sequenza 8 an einem Kanal betrieben werden. Der horizontale Abstrahlwinkel kann je Hornhälfte variabel auf ±30°, ±45°, ±60° oder auch asymmetrisch 45°/60° eingestellt werden. Dabei werden echte Horngeometrien unterschiedlicher Abstrahlgeometrie geschaffen. Die Einstellung geschieht komplett ohne Werkzeug und ohne Frontgitter von der Box zu entfernen über zwei Drehschalter auf der Rückseite. Weitere Neuheiten sind das AutoLock-Rigging, das nahezu unsichtbar in die Gehäuse integriert ist und der ebenfalls flugfähige 18"-Subwoofer Sequenza 8B. Das patentierte Autolock Rigging hat zwei Modi: Der Automatik-Modus verbindet die Lautsprecher selbstständig beim Stapeln der Systeme. Im manuellen Modus betätigt man selbst. Benötigt wird lediglich ein Stift, ein Schlüssel oder ein vergleichbarer Gegenstand.

## Varianten der Sequenza 8

Der Begriff „Varianten“ ist in diesem Zusammenhang eigentlich unpassend, da eine Sequenza 8 alle „Varianten bezüglich des horizontalen Öffnungswinkels“ bereits bein-



haltet. Die Parameter dafür sind N(arrow) für 60°, W(ide) für 90° und X(tra-Wide) für 120°. Die Umstellung erfolgt mit Hilfe zweier Drehschalter auf der Rückseite, die eine ausgeklügelte Mechanik im Innern der Box bewegen, die wiederum das mit Lamellen zusammengesetzte Waveguide in die gewünschte Form verschiebt. Das betreffende Waveguide arbeitet nur für die Hochtöner. Das dahinter liegende Mitteltönsystem mit zwei 4"-Konustreibern pro Seite verfügt über eine eigene Schallführung, die nicht veränderlich ist.

Eine weitere Besonderheit ist hier das Innengehäuse für die Mitteltöner, das über Bassreflexöffnungen mit einer Abstimmfrequenz von 240 Hz verfügt. Die Öffnungen liegen auf der Frontseite an den seitlichen Rändern des Waveguides für die Mitteltöner. Die beiden 8"-Tieftöner befinden sich auf nach außen hin angeschrägten Teilen der Frontplatte. Damit kann zum einen die Gehäusebreite etwas verringert und auch noch eine Art Bandpasskammer erzeugt werden, die die Sensitivity partiell erhöht. Um mögliche Reflexionen des vom Hochtöner abgestrahlten Schalls an den Seitenflächen zu reduzieren, sind vor diesen Flächen noch Basotect-Absorber angebracht.

Die passiven Filter befinden sich auf zwei großen Platten innen auf der Rückwand und sind (für K&F typisch) aufwändig gebaut und großzügig ausgelegt. Letzteres wird schon deswegen erforderlich, weil bei einer Peak-Belastbarkeit von 1600 W sehr hohe Spannungen und Ströme auftreten können, die entsprechend dimensionierte Bauteile erfordern. Bei den Kondensatoren ist das die Spannungsfestigkeit und bei den Spulen eine hinreichen-

de thermische Belastbarkeit sowie die Vermeidung von Sättigungseffekten, sofern die Spulen keine Luftspulen sind.

## Flugmechanik

Die Topteile und auch der Subwoofer sind voll flugfähig, was man ihnen, mit Ausnahme der Rückseite, zunächst nicht ansieht – und genau das ist die Besonderheit. Die Topteile arbeiten mit einer Dreipunkt- und der Subwoofer mit einer Vierpunkt-Mechanik. Von außen sichtbar sind dabei nur die hinteren Metalleile an den Topteilen, an denen auch die Splay-Winkel von 0° bis 12° in 1°-Schritten eingestellt werden. Die vordere Mechanik der Topteile und alle vier Punkte bei den Subwoofern sind komplett im Gehäuse integriert. Die Verbindung erfolgt hier mit den K&F-AutoLock-Verbindungsbolzen, die von außen bis auf eine kleine Spitze nicht sichtbar sind. Kugelsperrbolzen werden hier nicht benötigt. Sind alle Spitzen der internen Verbindungsbolzen sichtbar, dann ist alles ordnungsgemäß verriegelt.

Der zum Sequenza 8 System gehörige Flugrahmen ist universell einsetzbar und kann für Topteile und Subwoofer für den Flugbetrieb, für Ground-Stacks, als Zwischenrahmen oder als Abspannrahmen unter einem Array verwendet werden. Schaut man sich den Subwoofer genauer an, dann fällt auf, dass es sowohl auf der Front- wie auch auf der Rückseite ein Gitter gibt.

Der erste Gedanke an einen hinteren Treiber für ein Cardiod-System bestätigt sich jedoch nicht: Das hintere Gitter dient nur zur Einhaltung einer homogenen Optik, wenn aus den Einzelsystemen durch Drehung einer Box ein Cardiod-System gebaut wird. Insgesamt ergibt sich so für ein Sequenza-Array



**Basotect-Absorber** reduzieren die Reflexionen an den Seitenflächen der Sequenza 8, die sonst insbesondere in der 120°-Einstellung für den Hochtöner stören würden



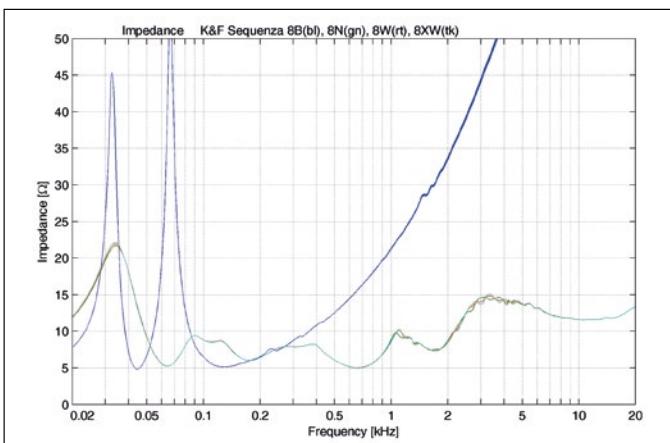
**Öffnungen an den Seiten der Mittel-Hochtöneinheit als Bassreflex Ports** der Mitteltöner in der Sequenza 8, seitlich unten sind die Federbolzen des AutoLock-Rigging-Systems zu erkennen

ein homogener und dezenter und somit wenig technischer Eindruck, was speziell für Festinstallatoren und Veranstaltungen mit hohem Anspruch an das Bühnenbild wichtig ist.

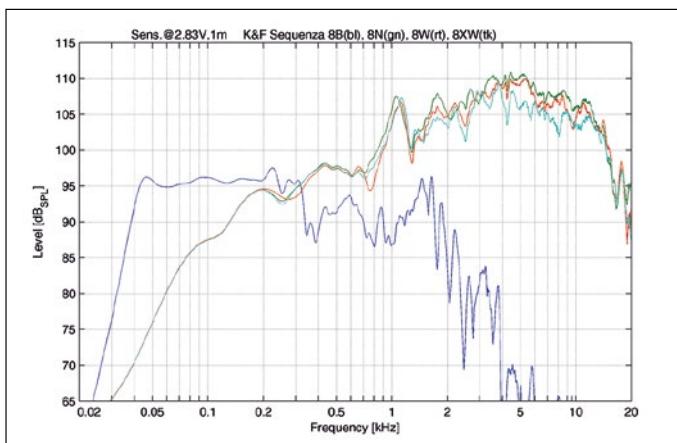
### Erste Messwerte

Für einen ersten Überblick wurden zunächst die Impedanzkurven (Abb. 1) und die Frequenzgänge mit Sensitivity (Abb. 2) für das Topteil und den zugehörigen Subwoofer gemessen. Der Subwoofer als Bassreflexsystem ist auf ca. 44 Hz abge-

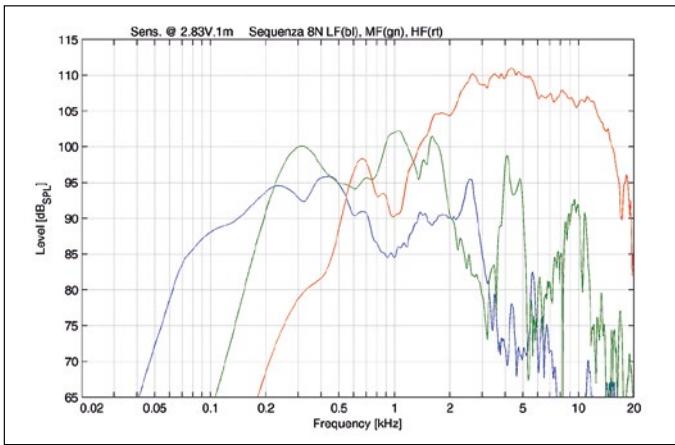
stimmt, beim Topteil liegt die Tuningfrequenz der Tieftöner bei ca. 65 Hz. Die kleinen Unterschiede im Impedanzverlauf des Topteils oberhalb von 1 kHz entstehen durch die Einstellung des Abstrahlwinkels, die in der Praxis jedoch nicht relevant sind. Im Datenblatt wird der Subwoofer mit einer Nennimpedanz von 6 Ω angegeben, wie es bei einem Impedanzminimum von 5 Ω korrekt ist. Das Topteil, ebenfalls mit einem Impedanzminimum von 5 Ω, wird jedoch mit 8 Ω Nennimpedanz angegeben, was insbesondere bei einer Parallelschal-



**Impedanzverlauf der Sequenza 8** und des zugehörigen Subwoofers 8B (blau). Beim Topteil entstehen durch die Einstellung des Abstrahlwinkels auch kleine Unterschiede im Impedanzverlauf oberhalb von 1 kHz (Abb. 1)



**Frequenzgänge und Sensitivity der Sequenza-Komponenten** Subwoofer S8B (blau) und Topteil S8 mit Einstellungen des Abstrahlwinkels auf 60°(S8N, grün), 90°(S8W, rot) und 120°(S8XW, türkis). Mit zunehmendem Öffnungswinkel verringert sich die Sensitivity im Hochtonbereich (Abb. 2)

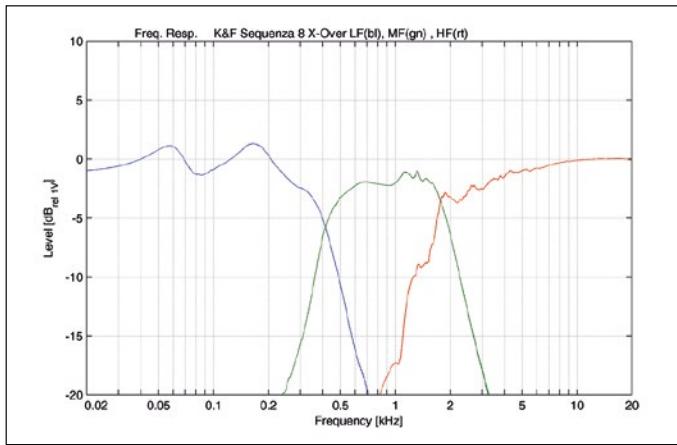


**Frequenzgänge und Sensitivity** der drei Wege ohne Filter. LF (blau), MF (grün) und HF (rot). HF-Weg für 60° Öffnungswinkel (S8N, Abb. 3)

tung von drei Topteilen nicht ganz unkritisch sein kann. Als Anwender kann man sich in diesem Fall jedoch darauf verlassen, dass man bei K&F den Betrieb von drei Topteilen an einem Verstärkerkanal des zugehörigen Ampracks als erprobt bezeichnet und auch empfiehlt.

Die Frequenzgänge aus Abb. 2 zeigen für das Topteil einen zu den Höhen hin stark ansteigenden Verlauf, der durch die sehr unterschiedliche Sensitivity der drei Wege entsteht, die hier durch die passive Weiche nur getrennt, aber nicht im Frequenzgang angeglichen werden, was dann im Controller geschieht. Diese Aufteilung der Filterung mit einer passiven Weiche und einer Entzerrung im Controller hat sich als effizient erwiesen, da nur ein Verstärkerkanal benötigt wird und sich der Aufwand in der passiven Weiche auf das Wesentlich Beschränken lässt. Abhängig vom eingestellten Öffnungswinkel erkennt man in Abb. 2 leichte Pegelverluste oberhalb von 1 kHz für die größeren Winkel, weil sich die verfügbare Schallleistung dann auf einen größeren Raumwinkel verteilt.

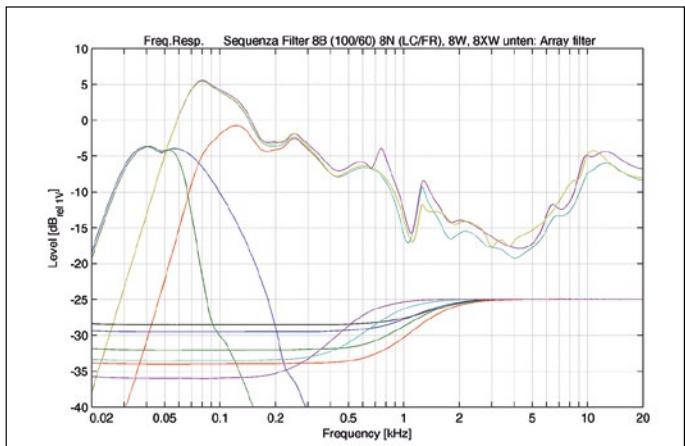
Abb. 3 und Abb. 4 zeigen, wie der Frequenzgang der Sequenza 8 entsteht. Die drei Einzelwege ohne Filter (Abb. 3) werden über die Filterfunktionen der passiven Weiche (Abb. 4) zusammengeführt. Deutlich ist hier die sehr unterschiedliche Sensitivity der einzelnen Wege zu erkennen, die zwischen 90 dB bei den Tiefotonen und bis zu 110 dB bei den Hochtönen liegt. Die passive Weiche trennt die Wege bei 400 Hz und bei 1,8 kHz. Die leichten Welligkeiten bei den Filterfunktionen der Weiche entstehen durch die Impedanzverläufe der Treiber, die sich dann in der Filterkurve widerspiegeln.



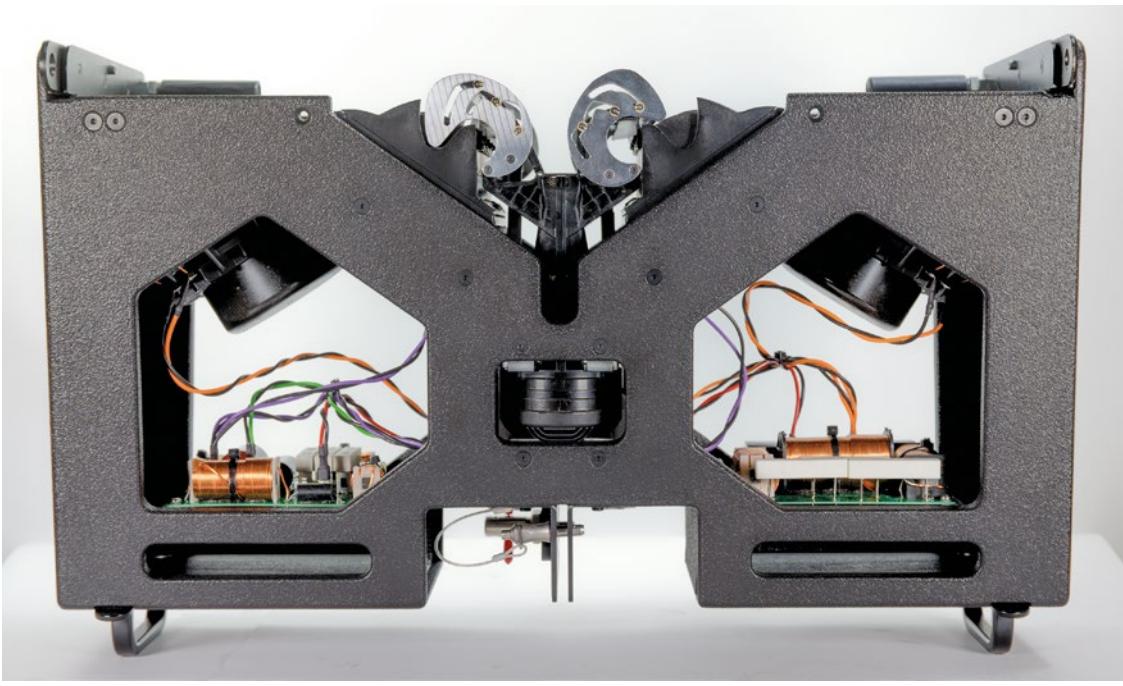
**Filterfunktionen** der internen passiven Filter, LF (rot), MF (grün) und HF (rot, Abb. 4)

## Controller

Zu den Sequenza-Systemen von K&F gibt es grundsätzlich zugehörige Systemverstärker, die als Einzelgeräte, im Case mit Patchfeld oder zu dritt im Rack mit Patchfeld angeboten werden. Die Systemverstärker sind die PLM+ von Lab.gruppen mit Lake-Systemprocessing. Beides ist in der Pro-Audio-Welt weit verbreitet und genießt ein hohes Ansehen. Die PLM8K ist die kleinste Endstufe, die von K&F für Sequenza 8 empfohlen ist. Die PLM12K biete bereits auch unter „schlechtesten“ Bedingungen (drei Elemente pro Kanal, alle vier Kanäle voll belastet) keine Pegeleinbußen.



**Filterfunktionen im Controller** Die Trennung zum Subwoofer kann bei 60 Hz und Fullrange-Modus für die Topteile oder bei 100 Hz und Low-Cut-Modus erfolgen. Abhängig vom eingestellten Öffnungswinkel wird die Filterfunktion für die Topteile angepasst. Unten (auf -25 dB verschoben) die Array-Filter, die den Coupling-Effekt abhängig von der Länge des Arrays kompensieren (Abb. 5)

**Aufbau der Sequenza 8**

mit zwei Tieftönen, vier Mitteltönen und zwei Hochtönen. Die Trennung der drei Wege erfolgt komplett passiv

Über den Lake-Controller können nun verschiedene Setups für die Sequenza-Systeme ausgewählt werden. Die Basiseinstellung erfolgt abhängig vom eingestellten Öffnungswinkel N, W, XW oder asymmetrisch für Arrays mit bis zu drei Einheiten. Basierend darauf kann im Weiteren zwischen einer Fullrange- und einer LowCut-Variante und eines zur Länge des Arrays passenden Coupling-Filters gewählt werden. Die Coupling-Filter gibt es in sechs Stufen für Arrays mit bis zu 16 Einheiten.

Für den zugehörigen Subwoofer gibt es zwei Grundeinstellungen mit Trennfrequenzen von 100 Hz und von 60 Hz. Die 60-Hz-Einstellung passt zum Fullrange-Modus der Topteile und die 100-Hz-Einstellung zum LowCut-Modus. Die 60-Hz-Einstellung eignet sich, wenn die Subwoofer separat von den Topteilen auf dem Boden stehen. Befinden sich beide im Array, dann wird man die Trennung 100 Hz wählen. Zusätzlich gibt es noch die Variante für die Subwoofer im Cardioid-Modus.

**Gesamtsystem**

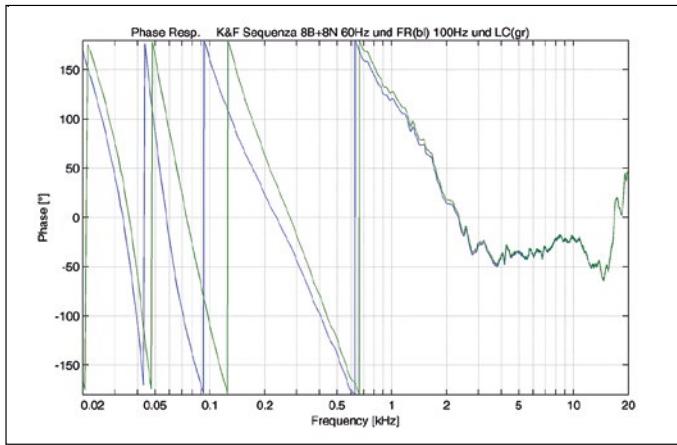
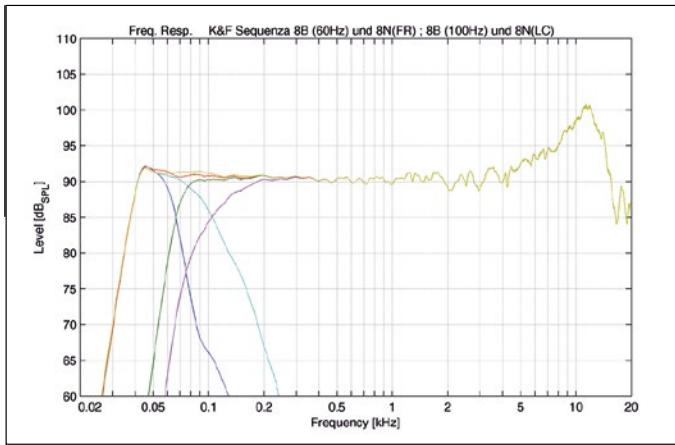
Wie sich die möglichen Kombinationen in der Gesamtheit darstellen, zeigen die Frequenzgänge in Abb. 6. Beide Kombinationen aus Topteilen und Subwoofer spielen so zusammen, dass in der Summe ein linearer Frequenzgang daraus resultiert. In der Praxis wäre dazu dann je nach Aufstellung noch ein Delay zur Anpassung der Phasenlage erforderlich. Der 10 dB Peak in den Höhen ist natürlich so gewollt und

nimmt bereits eine Array-Anpassung vorweg. Würde man eine einzelne Sequenza 8 z. B. als Frontfill einsetzen, dann würde man diese Anhebung kompensieren.

Abb.7 zeigt zu den beiden Kombinationen von Topteilen und Subwoofern noch die Phasengänge, die im Prinzip den gleichen Verlauf haben mit dem kleinen Unterschied, dass sich die Phasendrehung durch den Übergang vom Topteil

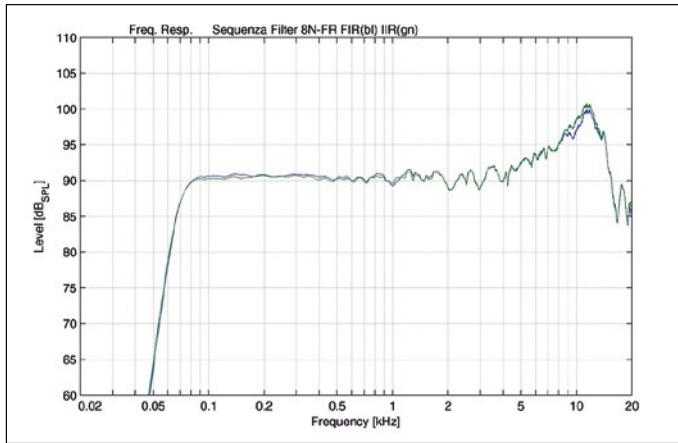


**Eine der zwei Platinen** mit passiven Filtern



**Frequenzgänge des Gesamtsystems mit Subwoofer** für die beiden Varianten mit einer Trennung bei 60 Hz und bei 100 Hz. Die Messung erfolgte mit einer Kombination von einem Topteil S8N mit einem Subwoofer S8B. Die Anhebung im Hochtonbereich dient als Vorentzerrung für den Betrieb im Array (Abb. 6)

zum Subwoofer bei der 60 Hz Trennung weiter nach unten verschiebt. Alternativ zur Filterung mit IIR-Filttern gibt es im Lake-Controller auch noch die Möglichkeit, FIR-Filter einzusetzen. Der daraus resultierend Frequenzgang ist in beiden Fällen bis auf winzige Details gleich, wie man am

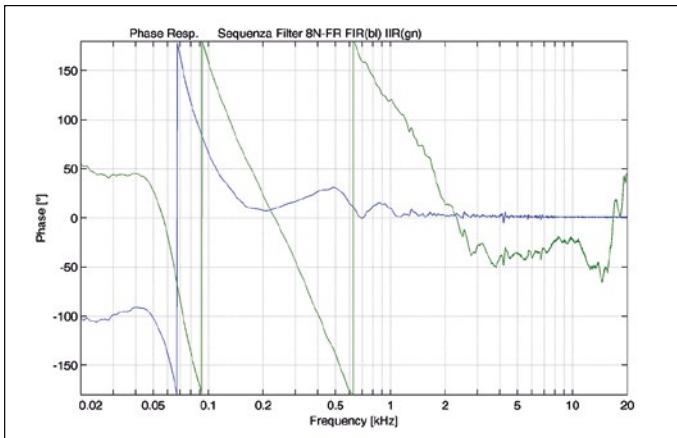


**Vergleich der Frequenzgänge** einer S8N im Fullrange-Modus mit FIR- (blau) und mit IIR-Filterung (grün). Die Unterschiede liegen hier im Detailbereich (Abb. 8)

Beispiel einer Sequenza 8N im Fullrange-Modus in Abb. 8 erkennen kann.

Die Unterschiede zeigen sich erst im Phasengang in Abb. 9. Mit den FIR-Filttern gelingt es ab 200 Hz aufwärts einen recht linearphasigen Verlauf einzustellen. Die einhergehende Latenz beträgt lediglich 3,6 ms und dürfte für

**Phasengänge des Gesamtsystems mit Subwoofer** für die beiden Varianten: Trennung bei 60 Hz (blau) und bei 100 Hz (grün) (Abb. 7)

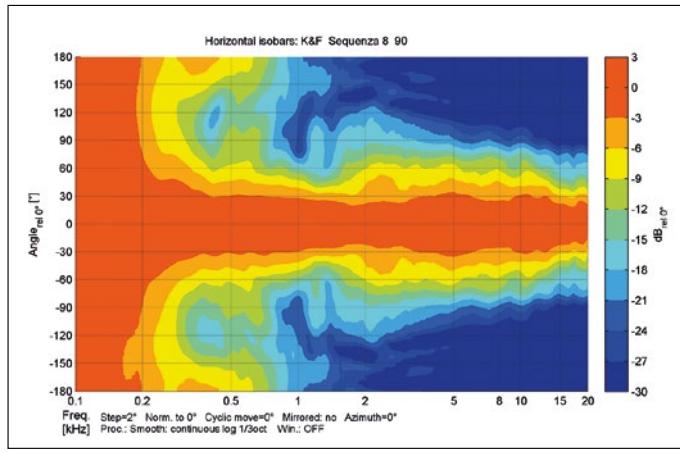
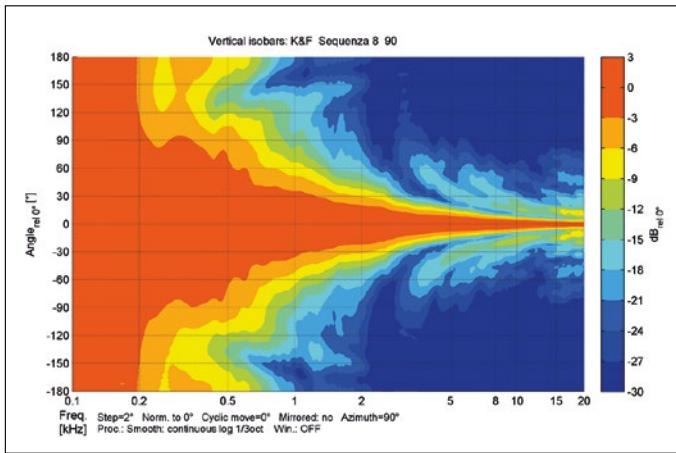


**Vergleich der Phasengänge** einer S8N im Fullrange-Modus mit FIR- (blau) und mit IIR-Filterung (grün). Die FIR-Filterung ermöglicht einen recht linearphasigen Verlauf ab 200 Hz aufwärts; die Filterlatenz beträgt lediglich 3,6 ms (Abb. 9)

nahezu alle Anwendungen unproblematisch sein. Verbliebene Welligkeiten entstehen aus der Anpassung der endlichen FIR-Filterantwort mittels IIR-Filter an die Zielfunktion.

## Directivity

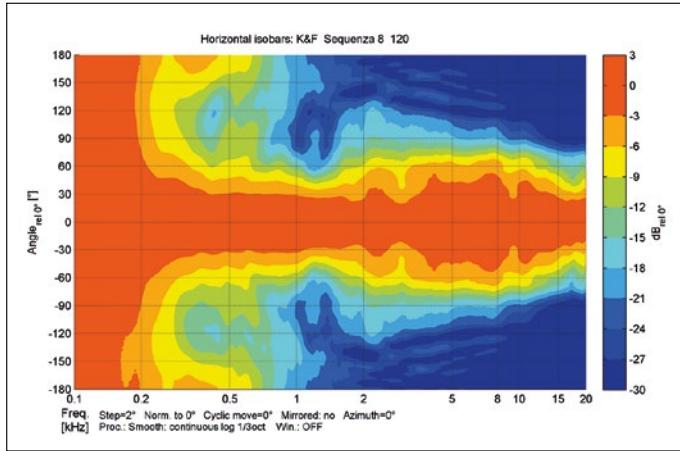
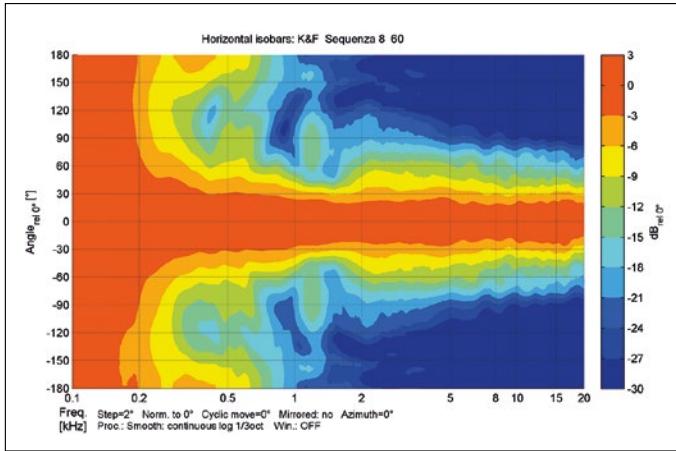
Für die Directivity-Messungen wurde zunächst eine einzelne Sequenza 8 genutzt, betrieben in den drei Einstellungen N, W und XW. Da die vertikalen Isobaren von der horizontalen Einstellung weitgehend unabhängig sind, werden hier nur für die S8W die vertikalen Isobaren (Abb. 19) gezeigt. Die nachfolgenden Abbildungen 11 bis 13 zeigen die hori-



**Vertikale Isobaren** der Sequenza 8W. Das vertikale Abstrahlverhalten ist weitgehend unabhängig vom eingestellten horizontalen Öffnungswinkel und gilt daher auch für die S8N und S8XW (Abb. 10)

### Horizontale Isobaren der Sequenza 8W

die für die Variante W angegebenen 90° werden ab 2 kHz aufwärts knapp erreicht (Abb. 11)



### Horizontale Isobaren der Sequenza 8N

die 60° der Variante N werden ab 1 kHz aufwärts perfekt eingehalten (Abb. 12)

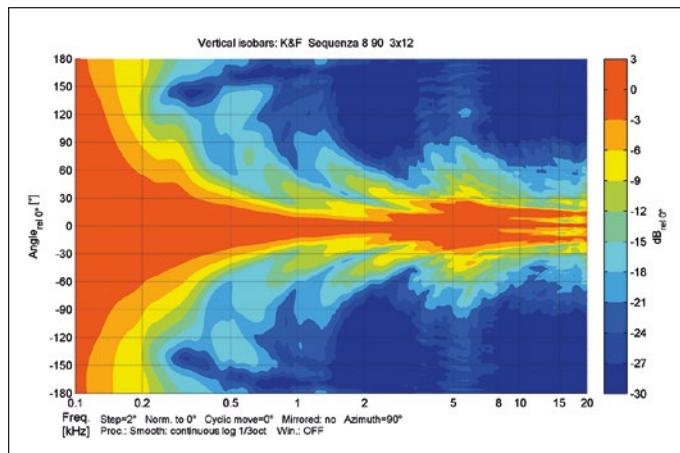
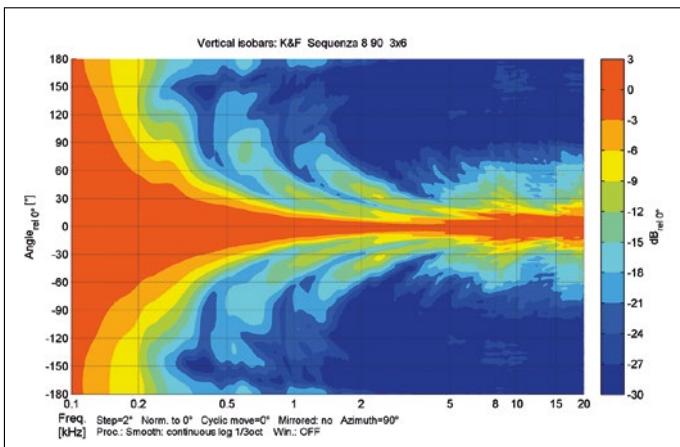
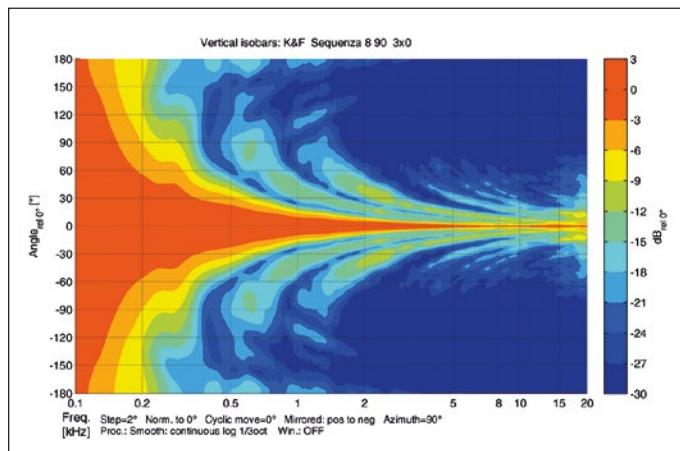
**Horizontale Isobaren der Sequenza 8XW** die mit 120° vermutlich anspruchsvollste Variante XW erreicht ab 2 kHz aufwärts den nominalen Abstrahlwinkel sehr gut. Oberhalb von 10 kHz kommt es dann zu einer gleichmäßig zunehmenden Einschnürung (Abb. 13)

zentralen Isobaren für Öffnungswinkel von  $\pm 30^\circ$ (N),  $\pm 45^\circ$ (W) und  $\pm 60^\circ$ (XW). In allen drei Fällen sind die gewünschten Abstrahlwinkel nachvollziehbar, wobei die  $\pm 30^\circ$ -Variante die höchste Perfektion erreicht, was u. a. auch deswegen gelingt, weil sich hier die enge Abstrahlung der Hochtöner nahtlos an die der Mitteltöner anpasst, so dass man schon ab 1 kHz aufwärts die  $\pm 30^\circ$  sehr schön gleichmäßig einzuhalten vermag. Entsprechend schwieriger wird es in der XW-Einstellung für  $\pm 60^\circ$ , wo unweigerlich am Übergang bei 2 kHz eine Sprungstelle in den Isobaren auftritt. Oberhalb von 10 kHz kommt es dann zu einer gleichmäßig zunehmenden Einschnürung der Isobaren: Bei sehr hohen Frequenzen kann das Waveguide die Abstrahlung nicht mehr

so gut bestimmen. Sobald die Quelle am Eingang zum Waveguide schon den Schall zu bündeln beginnt, kann das Waveguide nur dann noch seine Wirkung entfalten, wenn dessen angestrebter Winkel noch kleiner ist.

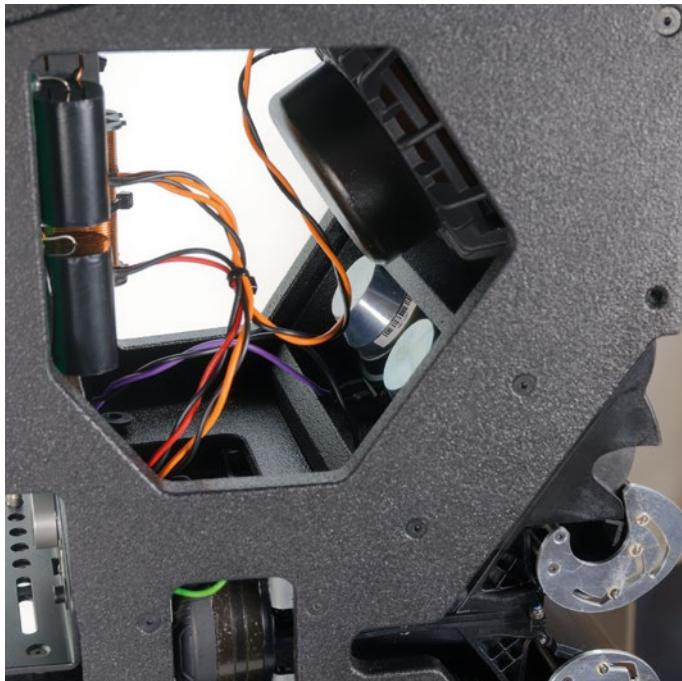
### Im Array

Im zweiten Durchgang zur Directivity erfolgte noch eine Messung mit einem kleinen Array bestehend aus drei Sequenza 8 in der Einstellung W für  $\pm 45^\circ$ . Die Splay-Winkel zwischen den einzelnen Einheiten können in  $1^\circ$ -Schritten zwischen 0° und 12° eingestellt werden. Interessant bei dieser Messung sind zwei Aspekte. Zum einen, wie gut es bei großen Splay-Winkel noch gelingt, eine homogene Ab-



### Isobaren eines kleinen Arrays

mit drei Sequenza 8 für Splay-Winkel von 0°, 6° und 12°. Bei den 12°-Splay-Winkeln beginnen die Isobaren oberhalb von 12 kHz aufzubrechen (Abb. 14)



**Ohne Abdeckung der Innengehäuse** sind hier zwei der vier Mitteltöner gut zu erkennen



**Mit zwei Drehschaltern** werden über eine interne Mechanik die Flächen des Waveguides für den Hochtöner eingestellt

strahlung bei hohen Frequenzen zu erreichen, ohne dass sich die einzelnen Systeme separieren. Zweitens, wie gleichmäßig über der Frequenz sich der gewünschte Öffnungswinkel einstellt. In Abb. 14 erkennt man, wie bei 12°-Splay-Winkeln die Isobaren beginnen oberhalb von 12 kHz aufzubrechen. In der Praxis dürfte das nicht so relevant sein, da meist nur wenige Boxen in einem Array mit dem maximalen Splay-Winkel betrieben werden. Betrachtet man die drei Isobaren zusammen, dann erkennt man, wie sich die Einstellung der Splay-Winkel gut sichtbar ab ca. 2 kHz aufwärts in den Isobaren bemerkbar macht. Darunter bleibt der Verlauf weitgehend gleich und wird primär durch die Länge des Arrays als solches dominiert. Möchte man hier eine zu sehr ausgeprägte Bündelung vermeiden, dann müsste man zusätzlich mit Filtern für eine Art Beamforming im Low-Mid-Bereich arbeiten.

## Maximalpegel

Der mögliche Maximalpegel eines Lautsprechers hängt primär von drei Eigenschaften ab: Der Sensitivity (wie gut setzt der Lautsprecher die ihm zugeführte elektrische in akustische Leistung respektive Schalldruck um), wie hoch ist der Lautsprecher belastbar und welche Verstärkerleistung steht tatsächlich zur Verfügung. Die Messungen haben wir mit einer großen PLM20K durchgeführt.

Die Sensitivity-Kurven der Sequenza 8 in Abb. 4 zeigen dazu eine große Spannweite mit Werten zwischen 90 dB bei den Tieftönen und 110 dB bei den Hochtönen. Die Unterschiede kompensieren sich jedoch im Hinblick auf den Maximalpegel wieder: Die Tieftöner sind viel höher belastbar als die Mitteltöner und diese wiederum als die Hochtöner. Und im Array profitieren die Tieftöner am meisten von der akustischen Kopplung und dem damit einhergehenden Sensitivity-Zugewinn.

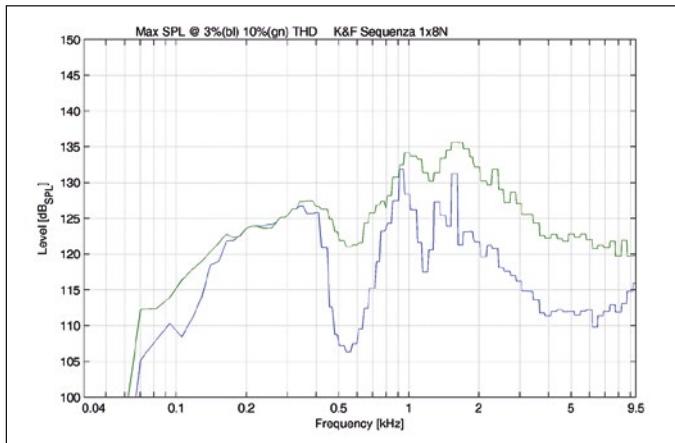
Die erste Messung zu Maximalpegeln ist die Sinusburst-Messung. Dabei werden kurze Burst-Signale mit steigendem Pegel auf den Lautsprecher gegeben, bis ein vorher definierter Verzerrungsgrenzwert erreicht ist. Für Beschallungslautsprecher sind die üblichen Grenzwerte 3% und 10%, wobei der 10%-Wert die höhere Aussagekraft für den praktischen Gebrauch hat. Der 3%-Wert eignet sich dagegen besser, um Schwachstellen zu finden. Der gemessene Frequenzbereich orientiert sich am Messobjekt und wird in 1/12-Oktav-Schritten durchlaufen. Die Länge der Bursts reicht von 341 ms bei tiefen Frequenzen bis 85 ms bei hohen Frequenzen. Bei tiefen Frequenzen ist die größere Länge erforderlich, um



**3er-Array an der ELF-Maschine zur Messung des Abstrahlverhaltens** in Abhängigkeit vom Winkel der Boxen zueinander. Es wurde mit Box-to-Box-Winkeln von 0°, 6° und 12° gemessen

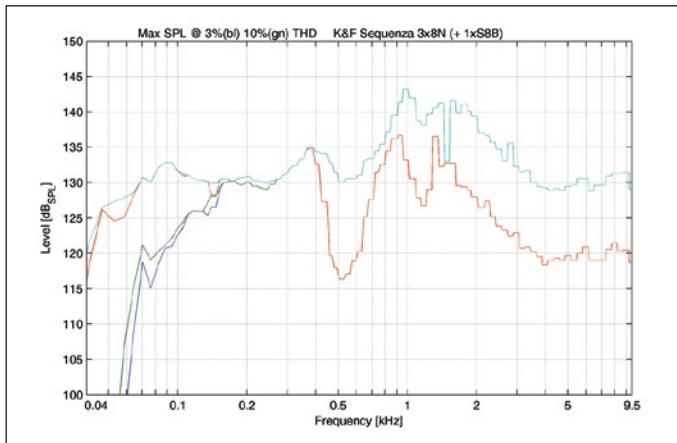
mittels FFT-Auswertung noch eine hinreichende Auflösung zu erhalten. Bei höheren Frequenzen werden die Bursts kürzer, womit das Ansprechen der Thermolimiter zum Schutz der Hochtöner vermieden und einer Beschädigung der Treiber vorgebeugt wird.

Abb. 15 und 16 zeigen die Sinusburst-Messung einmal für eine einzeln Sequenza 8N und für ein Array mit drei Sequenza 8N und einem Subwoofer Sequenza 8B. Die Kurven fallen weitgehend erwartungsgemäß aus. Das Schalldruck-Maximum wird zwischen 1 und 2 kHz erreicht, wo die Mitteltöner eine hohe Sensitivity haben und auch die Hochtöner schon mitspielen. Rechnet man hier zurück auf die Sensitivity, dann werden die 135 dB erst mit über 1 kW Verstärkerleistung erreicht. Die Tieftöner liegen zwischen 115 und 125 dB, die auch Verstärkerleistungen in der Größenord-



**Maximalpegelmessung mit Sinusburstsignalen für eine einzelne Sequenza 8N** mit einem Systemamp PLM20K. Über alles betrachtet werden für ein 2 x 8" Line-Array sehr hohe Werte erreicht. Lediglich die Mitteltoneinheit schwächtelt zwischen 400 und 800 Hz ein wenig (Abb. 15)

nung von 500 bis 1000 W erfordern. Im Bereich zwischen 400 und 800 Hz schwächtelt die Mitteltoneinheit ein wenig, was vor allem bei der 3%-Kurve auffällt. Die Sensitivity fällt in genau diesem Bereich auch um 5 dB auf ca. 95 dB ab, so dass die hier zu messenden 122 dB auch



**Maximalpegelmessung mit Sinusburstsignalen für ein Array** mit drei Sequenza 8N (blau, grün) und mit einem zusätzlichen Subwoofer S8B. Der Subwoofer erreicht für ein 1 x 18"-System mit 127 bis 133 dB zwischen 50 und 100 Hz sehr hohe Werte bei geringen Verzerrungen (rot, türkis, Abb. 16)

schon eine Verstärkerleistung von 500 W erfordern. Im 3er-Array mit Subwoofer zeigen die Kurven 9-10 dB höhere Werte, wo dann bis zu 143 dB an der lautesten Stelle erreicht werden. Der Einbruch in den Mitten relativiert sich zudem zumindest für die 10%-Kurve. Sehr erfreulich sind die Werte für den Subwoofer, der 130 dB und mehr erreicht und das sogar bei nur 3% Verzerrungen. Hier fallen beide Kurven für 3% und 10% in der Messung zusammen, was bedeutet, dass ein Limiter abregelt und keine höheren Werte zulässt. Setzt man auch hier die gemessenen Werte in Relation zur Sensitivity, dann erfordern die 130 dB fast 3 kW Verstärkerleistung.

Solche Ergebnisse sind nur mit einem sehr guten und hoch belastbaren modernen Treiber, einer guten Gehäusekonstruktion mit hinreichend großen Ports und einer leistungsfähigen Endstufe zu erreichen, was aber für jeden Lautsprecher einen eigenen Verstärkerkanal benötigte.



**Die Flächen des Waveguides sind mit Lamellen aufgebaut** und lassen sich durch eine entsprechende Drehung formen

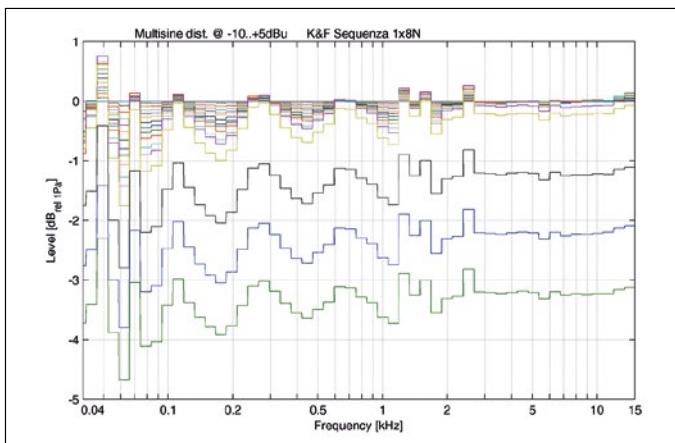
## Multitonmessung

Die Abbildungen 17 bis 19 zeigen die zweite Messreihe zum Maximalpegel mit einem Multisinussignal, das eine spektrale Verteilung nach EIA-426B für ein mittleres Musiksignal und einen Crestfaktor von 12 dB aufweist. Diese Art der Messung spiegelt somit einen sehr 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.

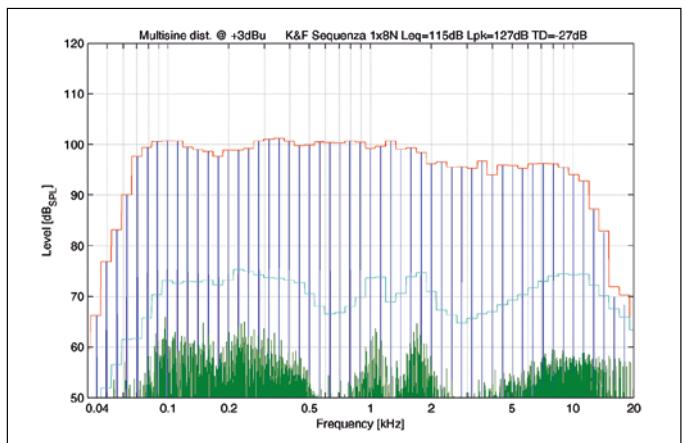
Als Abbruchkriterium kann neben einem Grenzwert für den TD-Wert von -20 dB (10%) bei dieser Messung auch die Signalkompression ausgewertet werden. Man startet dazu die Messreihe zunächst mit einem geringen Pegel im linearen Arbeitsbereich des Lautsprechers, bei dem noch keine Signalkompression auftritt. 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 betragen dürfen und in einzelnen Frequenzbändern nicht mehr als 3 dB. Die Begriffe Signalkompression oder Powercompression mögen hier etwas verwirren, da sie sonst im Zusammenhang mit thermischen Effekten bei Lautsprecher verwendet werden. Diese werden



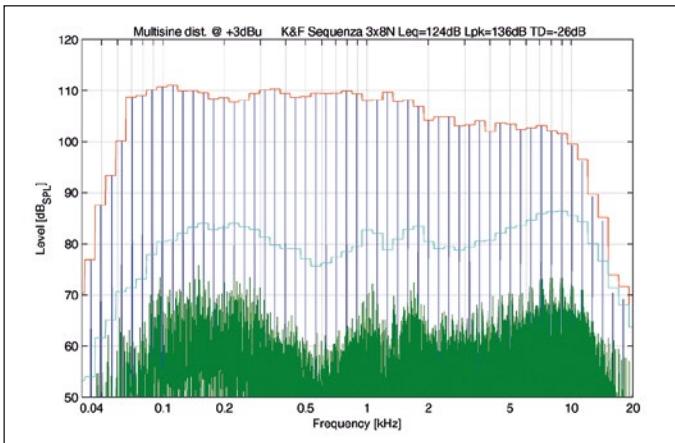
**Ein kleines Set** bestehend aus drei Sequenza-Topteilen S8N und einem Subwoofer S8B im reflexionsarmen Raum für die Maximalpegelmessung



**Signalkompression bei der Multitonmessung** einer Sequenza 8N im Fullrange-Modus am PLM20K. Der Pegel wurde von -10 bis +5 dBu (Ausgang Messsystem) in 1-dB-Schritten gesteigert. Bei +3 dBu (schwarze Kurve) wurde die maximal zulässige Kompression von 2 dB erreicht (Abb. 17)



**Mit Multitonmessung erreichte Maximalpegel** einer einzelnen Sequenza 8N bezogen auf 1 m beträgt als Mittelungspegel  $L_{eq}$  115 dB und als Spitzenpegel  $L_{pk}$  127 dB. Die dabei gemessenen Gesamtverzerrungen TD betragen -27 dB (4,5%). Das sonst übliche Verzerrungslimit von -20 dB wurde hier nicht erreicht, da die Signalkompression vorher schon den Grenzwert von -2 dB breitbandig traf (Abb. 18)



**Maximalpegelwerte der Multitonmessung** für ein Array aus drei Sequenza 8N. Das Array erreicht als Mittelungspegel  $L_{eq}$  124 dB und als Spitzenpegel  $L_{pk}$  136 dB. Das Abbruchkriterium war auch hier die Signalkompression von mehr als 2 dB breitbandig (Abb. 19)

bei der Multitonmessung selbstverständlich auch erfasst, aber zusätzlich auch noch diverse andere Effekte wie Limiter, Begrenzungen durch die Endstufen oder Netzteile und vieles mehr. Alternativ könnte man daher auch von Abweichungen vom linearen Verhalten oder Nichtlinearitäten sprechen.

Die Kurven zu Signalkompression in Abb. 17 lassen für die Sequenza 8 eine breitbandige Limitierung erkennen, die vermutlich auf die Limiter in der Endstufe zurückgeht. Wer-

tet man hier das Kriterium -2 dB aus, dann wird ein Schalldruck bezogen auf 1 m Freifeld als Mittelungspegel von 115 dB und als Spitzenpegel von 127 dB erreicht (Abb. 18). Die dabei gemessenen Verzerrung liegen mit -27 dB noch 7 dB unter dem hier anzuwendenden Abbruchkriterium von -20 dB. Führt man die gleiche Messung mit einem Array aus drei Sequenza 8N durch, dann werden ein Mittelungspegel  $L_{eq}$  von 124 dB und ein Spitzenpegel  $L_{pk}$  von 136 dB erreicht. Vergleicht man diese Werte mit denen der Burstmessung, dann sehen diese zunächst ungewöhnlich niedrig aus, z. B. der hier gemessenen Spitzenpegel von 136 dB im Vergleich zu den 143 dB aus der Burstmessung. Die 143 dB sind jedoch nur ein lokaler Wert in einem schmalen Frequenzbereich. Die Multitonmessung belastet den Lautsprecher dagegen breitbandig wie ein reales Musiksignal mit einem Schwerpunkt der Energieverteilung unterhalb von 1 kHz. Zu tieferen Frequenzen hin fällt jedoch die Sensitivity der Sequenza 8 deutlich ab, so dass sehr viel Verstärkerleistung erforderlich ist und die Endstufe an ihre Grenzen bringt, was sich auch am breitbandigen Limitereinsatz erkennen lässt. Die 136 dB Peak für ein 3er-Array sind somit ein sehr realistischer Wert für die praktische Anwendung. Vergleicht man den Wert mit ähnlichen Systemen anderer Hersteller, dann spielt sich das dort in vergleichbaren Größenordnungen ab.



#### Zum System Sequenza 8 gehöriger, flugfähiger Subwoofer S8B

Die großen Ports verhindern Strömungsgeräusche, die Abstimmfrequenz liegt bei ca. 44 Hz

## Zubehör

Wie es sich für ein professionelles Produkt gehört, gibt es zum Sequenza-System eine Menge sinnvollen Zubehörs. Dazu gehören Transportwagen mit Deckeln und optionale Schutzhüllen für vier Tops oder zwei Subs, diverse Kabelsets, ein Groundstack Kit für den Flugrahmen, Regenabdeckungen und last but not least die Software Con:Sequenza+ zur Direktschallberechnung. Das Programm ist eine auf K&F-Produkte zugeschnittene Version von AFMGs EASE Focus. Da das Programm sehr umfangreich ist und kostenlos zum Download zur Verfügung steht, soll hier auf eine weitere Besprechung verzichtet werden.

Die zugehörige GLL liefert bei der Maximalpegelberechnung für ein EIA-426B Signal exakt die Werte, die auch unsere Messungen als Peak-Werte zeigen. Um daraus den wichtigen Wert für den Mittelungspiegel abzuleiten, ist der Crest-Faktor des Signals zu beachten und in entsprechender Größe vom Peak-Wert abzuziehen.

## Listenpreise / UVP

Sequenza 8 Top:	5.980 €
Sequenza 8 B Subwoofer:	4.698 €
Sequenza 8 Flugrahmen:	3.899 €
Sequenza 8 Groundstack Kit:	1.068 €
Sequenza 8 Transportwagen:	1.698 €

Alle Preise netto zzgl. MwSt.

## Fazit

Sequenza 8 ist ein Line-Array für kleine Hallen bis hin zu mittelgroßen Arenen und Open-Air Veranstaltungen; technisch wie optisch für Verleih wie Festinstallationen prädestiniert. Besondere Merkmale sind das AutoLock-Rigging sowie „TrueShape“, das eine werkzeuglose Verstellung des ho-



**Flugrahmen zum Sequenza 8** der sowohl für die Subwoofer mit Vierpunkt-Mechanik wie auch für die Tops mit einer Dreipunkt-Flugmechanik sowie als Zwischenrahmen genutzt werden kann

horizontalen Abstrahlverhalten ermöglicht, wodurch man im Rental nur einen Variante vorhalten muss. Als passives 3-Wege-System kann es kostengünstig über einen Verstärkerkanal betrieben werden, so dass mit einem der zugehörigen, vierkanaligen System-Amp sechs Topteile und vier Subwoofer versorgt werden können. Alles andere ist so, wie man es von K&F kennt. Was das bedeutet, lässt sich gut an den vielen, seit Jahren oder Jahrzehnten im Betrieb befindlichen K&F-Systemen erkennen, die weiterhin zuverlässig ihren Dienst tun. Erfreulich sind in diesem Zusammenhang auch die durchaus noch als günstig zu bezeichnenden Preise für die Sequenza-Komponenten, die das System neben seinen sonstigen Eigenschaften zusätzlich attraktiv machen. Oder wie Joseph Persson, FoH für Dirty Loops, berichtet: „Ich liebe es, mit diesem System zu arbeiten. Das Publikum schätzt die Transparenz und die dynamische Kraft, und die Musiker lieben es, laut und deutlich gehört zu werden. Was will man mehr?“ ■