production-partner.de

PRODUCTION PARTNER

Fachmagazin für Veranstaltungstechnik

Artikel
aus Ausgabe 9/2013

# Kling & Freitag Sequenza 5

Das Nachrichtenportal rund um die Medienwelt- und Technik
powered by
PRODUCTION PARTNER

(...) Das Sequenza 5 ist konsequent in Richtung kompakte Abmessungen, vor allem die Breite betreffend, bei gleichzeitig maximaler Performance getrimmt, wo insgesamt vier Tieftöner und drei Hochtontreiber mitsamt großzügiger Waveguides in dem kleinen Gehäuse untergebracht sind (...)

# Kling & Freitag Sequenza 5

## Kompaktes Line-Array mit Flugbass für den aktiven 2-Wege Betrieb

Mit dem Sequenza 5 stellt Kling & Freitag sein zweites Line-Array-System innerhalb der Sequenza-Baureihe vor: Wie es die Bezeichnung schon erahnen lässt, ist es in den Topteilen mit 5"-Tieftönern bestückt. Zielsetzung war, einen kompakten Formfaktor – respektive ein schmales Gehäuse – zu realisieren und gleichzeitig zu erlauben, bereits mit wenigen Einheiten ein langes Array aufbauen zu können. Als Anwendungen für das Sequenza 5 sieht man bei K&F den Einsatz bei allen Arten von Veranstaltungen für kurze bis mittlere Distanzen, wo es vor allem um eine hohe Qualität und ein „dezentes" äußeres Auftreten geht. Typisch wären z. B. Industrie- und Gala-Veranstaltungen oder Konzerte in kleineren und mittelgroßen Hallen. Hinzu kommt natürlich die Anwendung als Fill-System zum großen Sequenza 10. Ganz nach Bedarf kann das Sequenza-Topteil 5 W auch mit den zugehörigen Subwoofern vom Typ 5 B unterstützt werden, wenn höhere Pegel im Bass erforderlich sind. Blickt man auf den Installationsmarkt, dann gibt es hier speziell für schmale Line-Arrays reichlich Einsatzmöglichkeiten, die von größeren Konferenzsälen über Mehrzweckhallen bis zu Theatern und Konzerthäusern reichen.

Auf den ersten Blick wirkt die Sequenza 5 W gar nicht so, wie man es von einem Line-Array-Element erwartet. Mit Abmessungen von 36,8 × 34,8 × 39,4 cm (B × H × T) und einem Gewicht von 16,3 kg ist die Box fast würfelförmig und entspricht nicht der gewohnten Line-Array-Form eines breiten, flachen Gehäuses. Schraubt man das Gitter ab, lüftet sich das Geheimnis: es befinden sich quasi zwei Einheiten einer herkömmlichen Anordnung in einem Gehäuse. Links und rechts außen sind je zwei 5"-Tieftöner übereinander angeordnet. Mittig dazu liegt das Waveguide mit den Hochtönern. Genau genommen sind es drei Waveguides übereinander, die einen Winkel von je 5° zueinander haben. Die Waveguides selber wurden aus der schon im großen Sequenza 10 bewährten Bauform abgeleitet und mit Hilfe von BEM-Simulationen angepasst.

Eine weitere Herausforderung bestand laut Dirk Fritsche (Leiter der Entwicklung bei Kling & Freitag) darin, von den Abmessungen hinreichend kleine und trotzdem hoch belastbare Treiber zu finden, die bei der kompakten Bauform und der noch hinzukommenden Winkelung zueinander zu dritt auf dem Waveguide Platz finden. Der horizontale Öffnungswinkel wird mit praxisgerechten 100 Grad angegeben. Elektrisch arbeiten die drei 8-Ohm-Treiber in einer Reihenschaltung und werden über ein passives X-Over zu den Tieftönern hin getrennt. Das passive Filter in der Box hat hier – wie so oft – eine reine Frequenzweichenfunktion ohne jegliche Systementzerrung, welche in die Controller verlagert wurde. Dahinter steht der Gedanke, dass ein Controller ohnehin immer zusammen mit den Lautsprechern genutzt wird und die Entzerrung hier verlustfrei erfolgen kann. Die gleichzeitige passive Trennung ermöglicht dann für ein typisches Topteil/Subwoofer-System den aufwandsoptimierten aktiven Zweiwege-Betrieb.

Die Tieftöner der Sequenza 5 W liegen teilweise verdeckt hinter der Hornöffnung des Waveguides, womit eine besonders schmale und mittensymmetrische Bauweise möglich wird. Die Frontplattenteile, in die die Tieftöner eingebaut sind, sind in der Vertikalen ebenfalls um 5° zur Mittelsenkrechten angewinkelt. Addiert man die Membranflächen der vier 5"-Treiber auf, dann erreicht man damit eine um ungefähr 20 % größere Membranfläche als von zwei 6,5"-Treibern, wobei eine 2 × 6,5"-Box natürlich deutlich breiter ausgefallen wäre. Dem mag man entgegenhalten, dass die Sequenza 5 W ja auch höher ist als eine einfache 6,5"-Box. Das stimmt natürlich, ist aber auch sinnvoll, da es bei einem Line-Array primär darum geht, die für den jeweiligen Zweck notwendige Länge des Arrays zu erzielen. Diese „2-in-1 Bauform" hat zudem den Vorteil, dass eine gewünschte Länge

**Sequenza 5 W ohne Frontgitter: ein Element enthält jeweils vier Tieftöner und drei Hochtöner**

**Die Waveguides der drei Hochtontreiber sind jeweils um 5° zueinander gewinkelt**

**„Länge läuft", wie man auch im Schiffsbau sagt: Ein 12er-Array mit einer Gesamtlänge von 4,2 m mit beeindruckender Basswiedergabe und Reichweite**

mit entsprechend weniger Einheiten zu erreichen ist.

Hier gilt es zwischen zwei Ansätzen zu unterscheiden: Einer „einfachen" Line-Array-Box, die bei der Bauhöhe von 35 cm bereits gewissen Einschränkungen im Curving bis maximal 10° unterliegt, wenn man streng nach der WST-Theorie von Christian Heil vorgeht. Und eben der „2-in-1 Konstruktion" der Sequenza 5 W, die intern bereits vorgewinkelt ist und aus zwei (LF) bzw. drei (HF) Einheiten besteht und so auch problemlos bis zu 15° gecurvt werden kann. Speziell für die Anwendung als Fill-System, wo starkes Curving gefragt ist, dürfte das ein wichtiger Aspekt sein.

In der Horizontalen liegen die beiden Tieftöner durch die nach innen abgeschrägte Front so eng zusammen, dass durch die Gesamtbreite noch keine übermäßige Bündelung entsteht. Beide Tieftöner können so einfach als ein Weg parallel betrieben werden, ohne dass eine Abkopplung in Form eines 2 $^{1}/_{2}$-Wege-Systems erforderlich wäre.

## *Sequenza 5 W: Blick auf die Elektroakustik*

Zunächst haben wir den LF- und HF-Weg der Sequenza 5 W einzeln und ohne die interne passive Weiche vermessen.

Die rote Kurve aus Abbildung 1 zeigt die Messung der vier kleinen Tieftöner, die immerhin bei 100 Hz bereits eine Sensitivity von 91 dB 1 W / 1 m aufweisen können. Zusammen mit einer Nennbelastbarkeit von 350 W errechnet sich daraus für nur eine Box bereits ein theoretisch möglicher Maximalpegel von 116 dB. Bei einer Minimalkonfiguration für ein kleines Line-Array mit drei Einheiten werden daraus dann schon 125 dB. Bis 300 Hz steigt die Kurve auf eine Sensitivity von 98 dB an. Darüber hinaus schwankt es dann recht kräftig um einen Mittelwert von ca. 94 dB 1 W / 1 m. Beides ist darauf zurückzuführen, dass durch die Art des Einbaus eine Bandpasskammer entsteht, die partiell die Sensitivity deutlich steigert, aber auch für einige Welligkeiten im Verlauf sorgt.

Die Filterfunktion der passiven Weiche in Abbildung 2 lässt gut die vorab erklärte reine X-Over-Funktion erkennen. Die Trennung erfolgt bei ca. 1,5 kHz. Die Welligkeiten im Verlauf der Filterfunktionen sind quasi „ungewollt" und entstehen durch die Impedanzrückwirkung der Treiber auf die Weiche. Der Impedanzverlauf der Sequenza 5 W als Ganzes findet sich in Abbildung 3. Die nominelle 16-Ω-Box weist ein nicht mehr ganz normgerechtes Minimum von 11,75 Ω auf, was jedoch für die empfohlene Kombination von drei bis maximal fünf Topteilen pro Verstärkerkanal problemlos erscheint.

Die Sensitivity der beiden Wege in der 5 W fällt erwartungsgemäß der Kombination aus 5"-Tieftönern und 1"-Kompressionstreibern sehr unterschiedlich zu Gunsten der Hochtöner aus. Kombiniert man diese ausschließlich über eine X-Over-Funktion, dann mutet das Gesamtergebnis (Abbildung 4) auf den ersten Blick etwas obskur an, ist auf den zweiten Blick jedoch plausibel. Der zusammen mit dem Sequenza-System zu nutzende Controller nimmt die entsprechende Entzerrung vor. Ohne Frage wäre die 5 W auch mit passiven Filtern schon in sich auf einen geraden Frequenzgang hin zu optimieren gewesen. Die passive Lösung würde jedoch mit einem erheblichen Aufwand an großen und teuren Bauteilen und viel elektrischer Verlustleistung einhergehen. Die passive Lösung sollte daher nur dann gewählt werden, wenn der Lautsprecher auf jeden Fall auch schon ohne Controller spielfähig sein muss, z. B. bei einer einfachen 12/2 Universalbox. Für ein Line-Array, das immer mit Controller genutzt wird, ist die aktive Entzerrung der richtige Weg. Zusammen mit der passive X-Over-Funktion ist das auch die wirtschaftlich optimale Lösung, weil das Line-Array zusammen mit dem optionalen Subwoofer mit nur zwei aktiven Wegen auskommt.

## *Sequenza 5 B*

Bevor wir uns dem Controller und Amprack zuwenden, sind noch die Messergebnisse des Subwoofers 5 B zu bewerten. Die Box ist als 12"-Bassreflexsystem aufgebaut und passt von der Breite und Mechanik als Flugbass in das Sequenza 5-System. Mit einer Höhe von 61,4 und einer Tiefe von 47,2 cm bei 23,6 kg Gewicht ist der 5 B jedoch fast so groß wie zwei 5 W.

Die Impedanzmessung des Subwoofers zeigt ein 8-Ω-System mit einer Abstimmfrequenz von 49 Hz. Der Frequenzgang reicht entsprechend bis ca. 40 Hz. Der 5 B ist

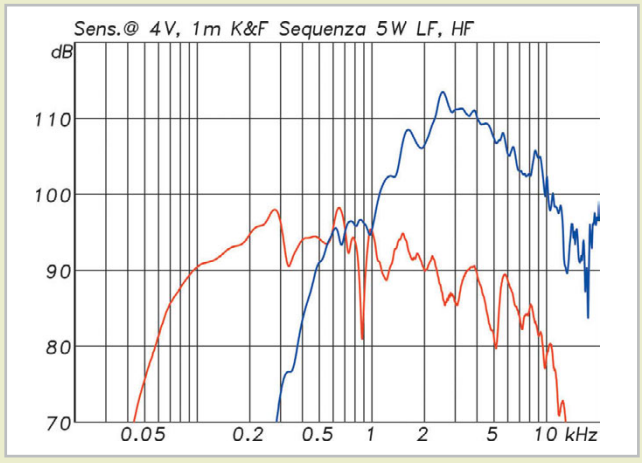



**Abb. 1: Frequenzgänge und Sensitivity des LF- (rot) und HF-Zweiges (blau) in der 5 W**

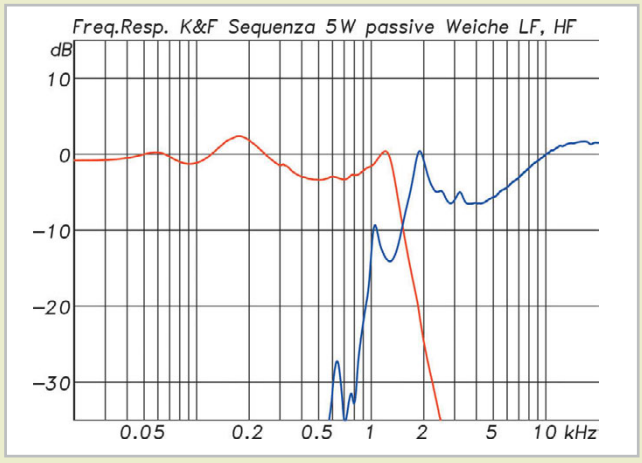



**Abb. 2: Filterfunktionen der passiven Weiche in der 5 W für den LF- (rot) und HF-Weg (blau). Die Filter agieren nur als X-Over und nicht zur Systementzerrung – sie erfolgt über den Controller.**

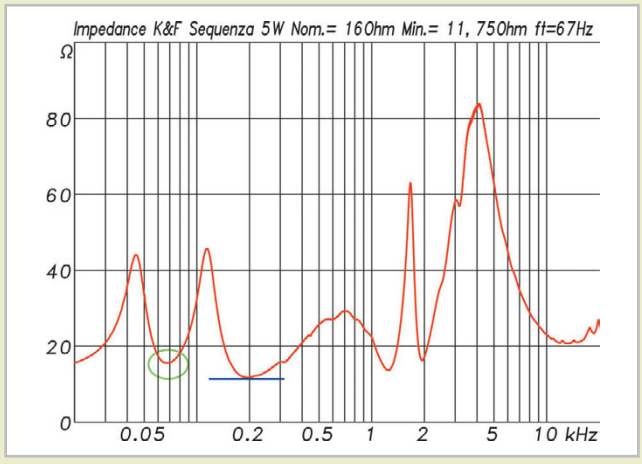



**Abb. 3: Impedanzverlauf der Sequenza 5 W. Angegeben ist die Box als 16-Ω-System. Das Minimum (blaue Linie) liegt nicht mehr ganz normgerecht bei 11,75 Ω. Die Abstimmfrequenz des Bassreflexgehäuses ist auf 67 Hz (grünes Oval) festgelegt.**

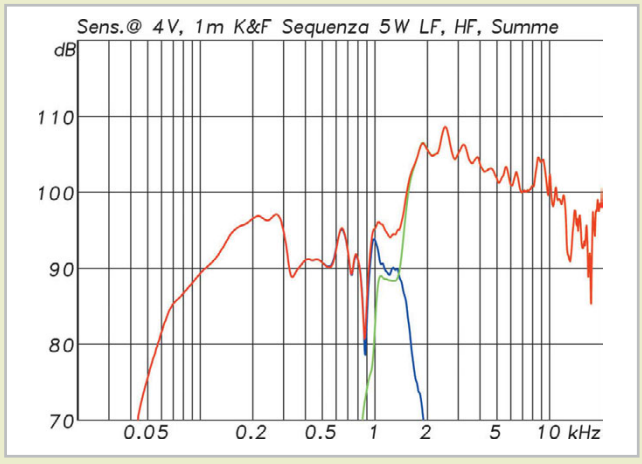



**Abb. 4: Frequenzgänge der beiden Wege mit passiven Filtern (LF in blau und HF in grün) sowie die Summenfunktion in rot. Der auf den ersten Blick etwas seltsame Frequenzgang sollte nicht weiter überraschen, da die eigentlich Systementzerrung erst durch den Controller erfolgt.**

damit trotz seines kompakten Äußeren schon ein echter Subwoofer, der eigentlich nur dann noch Unterstützung durch die klassischen Doppel-18er braucht, wenn es um hohe Pegel geht.

Im relevanten Frequenzbereich unterhalb von 200 Hz erreicht der 5 B eine Sensitivity von ca. 91 dB, was zusammen mit der hohen Peak-Belastbarkeit von 1,6 kW schon für Schalldruckwerte bis zu 123 dB gut ist. Oberhalb von 200 Hz steigt die Sensitivity um fast 10 dB an, was sich aber in der Kombination mit der 5 W im Line-Array so leider nicht nutzen lässt.

## *Controller und Amping*

Für den Betrieb der Sequenza bietet K&F das vierkanalige Universal-Systemrack an, das mit einem hauseigenen Controller CD44 und einer Lab.gruppen-Endstufe FP10000Q bestückt ist. Ergänzt werden die beiden Geräte im 4-HE-Rack noch durch ein Anschlusspanel mit Ein- und Ausgängen auf der Frontseite. Mit jeweils vier Ein- und Ausgängen kann der Digitalcontroller CD44 in allen Varianten von 4-in-4 über 2 × 1-in-2 bis 1-in-4 konfiguriert werden. Neben den Frequenzweichenfunktionen gibt es diverse parametrische Filter, einen grafischen Terzband-EQ in jedem der vier Eingänge, einen zweistufigen Limiter mit Peak- und RMS-Begrenzung in allen Ausgängen sowie Sense-Eingänge für die angeschlossenen Endstufen. Letzteres ist eine seltene, aber auch sehr wichtige Besonderheit bei Digitalcontrollern: Dadurch, dass das Lautsprechersignal über die Sense-Eingänge zurück zum Controller geleitet wird, kann der Controller die tatsächliche Verstärkung und die Auslastung der angeschlossenen Endstufe selber prüfen und berücksichtigen. Muss eine Endstufe einmal unerwartet gegen ein anderes Modell mit anderen Gain- und

Leistungswerten getauscht werden, dann muss der Anwender nicht, wie sonst üblich, den Controller neu einstellen, sondern kann sich auf die Sensetechnologie verlassen. Die Endstufe FP10000Q von Lab.gruppen ist ein weltweit etabliertes Gerät, das eine Leistung von maximal 2,5 kW pro Kanal zur Verfügung stellt. Ein ausführlicher Testbericht zu dieser Endstufe findet sich in PRODUCTION PARTNER 3/2007.

Die Filterfunktionen des Controllers CD44 für die beiden Betriebsarten „FullRange“ und „LowCut“ zeigt Abb. 7. Im Fullrange-Modus benötigt die 5 W bei 70 Hz noch ein wenig Unterstützung durch den Controller. Kommt der Subwoofer 5 B mit ins Spiel, dann überlappen sich beide Wege zwischen 50 und 100 Hz ein wenig und die Tops werden im Bassbereich deutlich entlastet.

Neben den Filtern für die Topteil/Subwoofer-Trennung und Entzerrung gibt es im Controller CD44 noch die diversen Filter für die Anpassung des Arrays. Abb. 8 zeigt hier zum einen die Coupling-Filter als Shelf für Array-Längen von vier bis zwölf Systemen und noch drei weitere Filter für eine leichte Bassanhebung (rot) und eine schon etwas kräftigere Höhenanhebung (blau) speziell für größere Distanzen zur Kompensation der Luftdämpfung bei hohen Frequenzen. Das so genannte Straight-Filter (grün) senkt die Mitten um 2 kHz um 4 dB ab und kompensiert damit eine – bei großteils gerade hängenden Arrays – hier entstehende Überhöhung im Frequenzgang. Insgesamt sind die Filter damit klar zugeordnet und für Anwender leicht zu bedienen. In das eigentliche System-Setup kann vom Anwender nicht eingegriffen werden, da hier alle Einstellungen werksseitig optimiert und keinesfalls zu verändern sind. Die Bedienung und Überwachung des Controllers erfolgt vom PC aus via Ethernet mit der zugehörigen CD-Remote Software. Von hier aus können alle Aktivitäten des Controllers und über das Sensesystem auch der Endstufe verfolgt werden.

Für den Anwender gibt es die Möglichkeit, für jeden Weg eine Lautsprecherdefinition inkl. aller Filter und Limiter zu wählen. Für die weitere Anpassung können dann die Array-EQs passend zur Konfiguration des Arrays ausgewählt werden. Des Weiteren stehen pro Eingangszweig noch ein grafischer Terzband-EQ, vier parametrische EQs sowie eine Pegel- und Delay-Einstellung zur Verfügung. Eine weitere nicht ganz uninteressante Funktion ist die Limiter Reduction-Einstellung, mit der die Limiterschwellen für „kritische“ Veranstaltungen in Richtung höherer Sicherheit herabgesetzt werden können.

## *Komplettsystem mit Controller und Sub*

Wie sich das Sequenza 5 zusammen mit dem Controller verhält zeigt Abb. 10. Im Fullrange-Modus reicht das System bis ca. 60 Hz hinab, mit Subwoofer wird der Bassbereich bis 40 Hz erweitert. Etwas ungewöhnlich ist der Verlauf in den Mitten, wo die Kurve recht wellig ist. Im Vorfeld wurden viele Messungen und Hörtests durchgeführt, bei denen die Entwicklung die Filtereinstellungen festlegte. Laut Mitentwickler Arne Muscheites hätten weitere Korrekturen über Filter im Controller, die in einem ausgewählten Kreis von Anwendern getestet und bewertet wurden, keine klanglichen Verbesserungen gebracht. Die Phasengänge der beiden Varianten mit und ohne Subwoofer in Abb. 11 weisen bei der passiven Trennung um 1,5 kHz 360° Phasendrehung auf und zu den tieferen Frequenzen hin nochmals 3 × 360°. Neben den akustischen Hochpassfunktionen der Lautsprecher selber und dem X-Over zum Subwoofer kommen hier auch noch zusätzliche Hochpassfilter im Controller zum Schutz der Lautsprecher vor zu tiefen Signalanteilen dazu. Das Spektrogramm der 5 W zeigt entsprechend der starken Phasendrehungen bei den tiefen Frequenzen unterhalb von 100 Hz auch

**Der Subwoofer 5 B passt von der Breite und Mechanik her als Flugbass in das Sequenza 5 System**

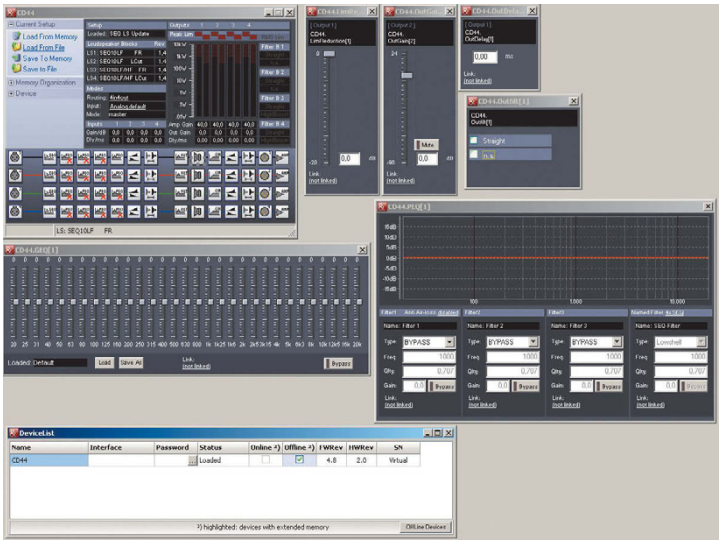


**Abb. 9: Bedienoberfläche der CD-Remote Software für den Controller CD44**

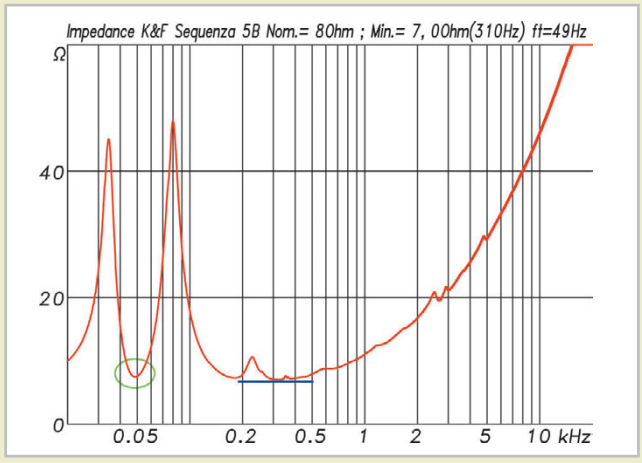



**Abb. 5: Impedanzverlauf des Flugbasses Sequenza 5 B. Das nominelle 8-Ω-System ist auf eine Tuningfrequenz von 49 Hz abgestimmt. Das Impedanzminimum liegt bei normgerechten 7,0 Ω.**

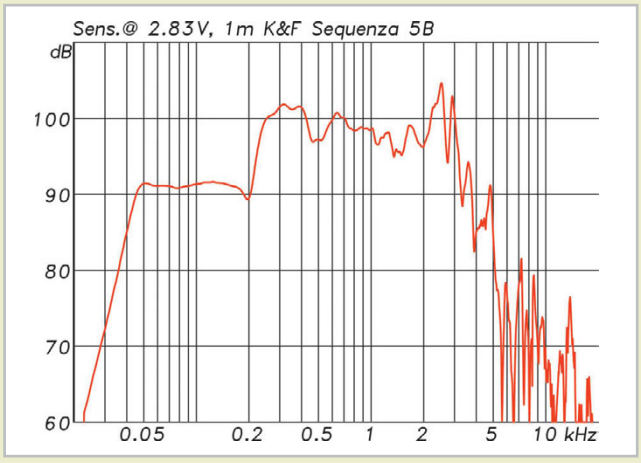



**Abb. 6: Frequenzgang und Sensitivity des Flugbasses Sequenza 5 B. Die untere Eckfrequenz (–6 dB) liegt bei ca. 40 Hz. Im relevanten Frequenzbereich unterhalb von 200 Hz wird eine Sensitivity von ca. 91 dB erreicht.**

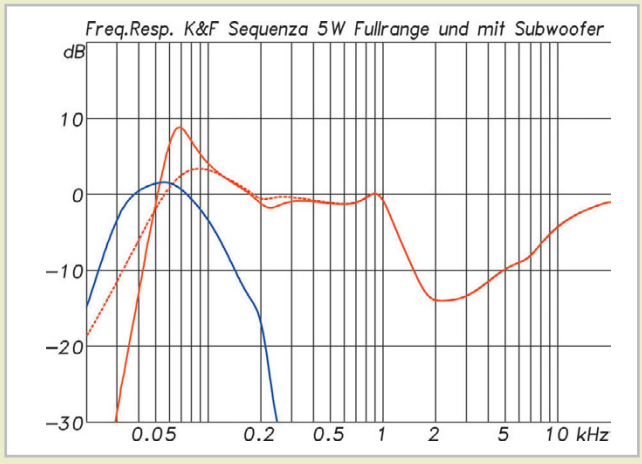



**Abb. 7: Controller-Funktionen für die 5 W im Fullrange- und Cut-Modus (rot) und für die 5 B als ergänzender Subwoofer (blau)**

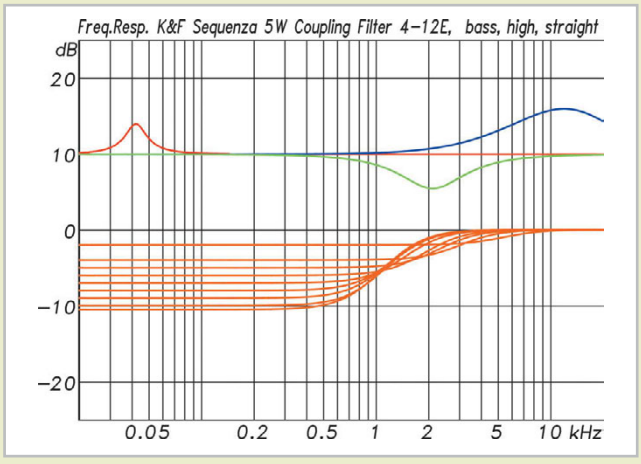



**Abb. 8: Filter zur Array-Anpassung. Oben die Filterfunktionen Bass-Boost (rot), High-Boost (blau) und Straight (grün). Unten in orange die Coupling-Filter für Array-Längen von 4 bis 12 Einheiten.**

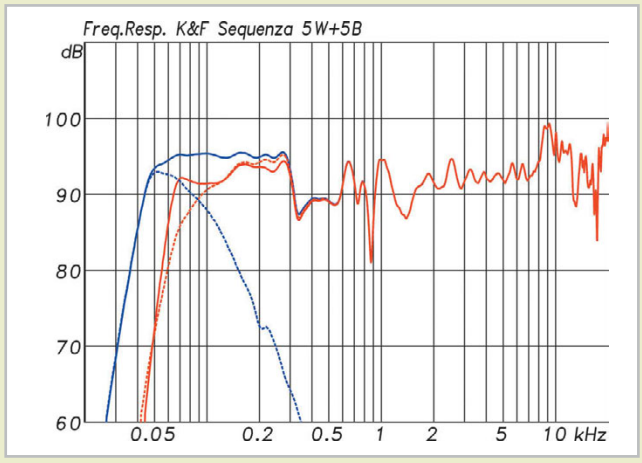



**Abb. 10: Sequenza 5 W mit Controller im Fullrange- (rot durchgezogen) und Cut-Modus zusammen mit dem 5 B (blau)**

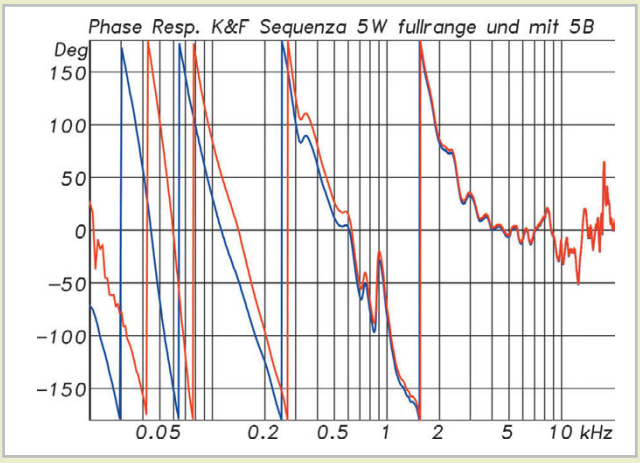



**Abb. 11: Phasengänge der 5 W Fullrange (rot) und mit Subwoofer (blau)**

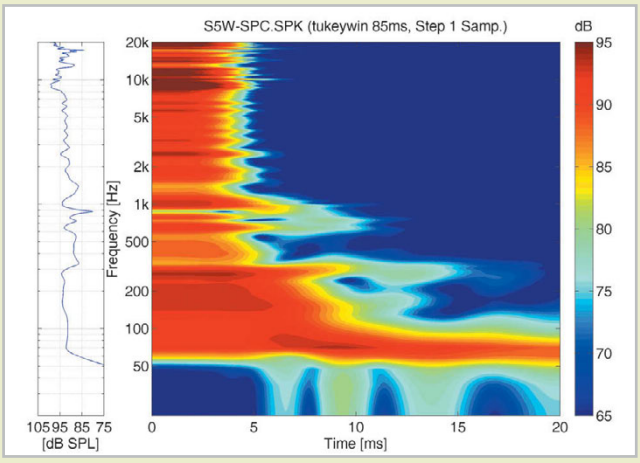



**Abb. 12: Spektrogramm der Sequenza 5 W; in der LF-Einheit der 5W gibt es bei 300 Hz und 900 Hz zwei Resonanzen**

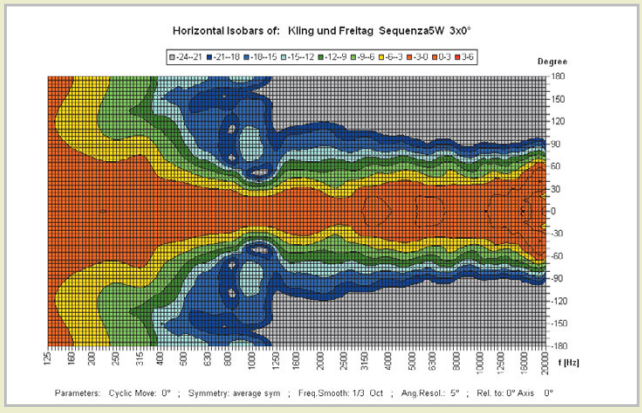



**Abb. 13: Horizontale Isobaren des nominellen 100°-Systems. Die 100° werden bis auf eine leichte Einschnürung in den Mitten gut eingehalten.**

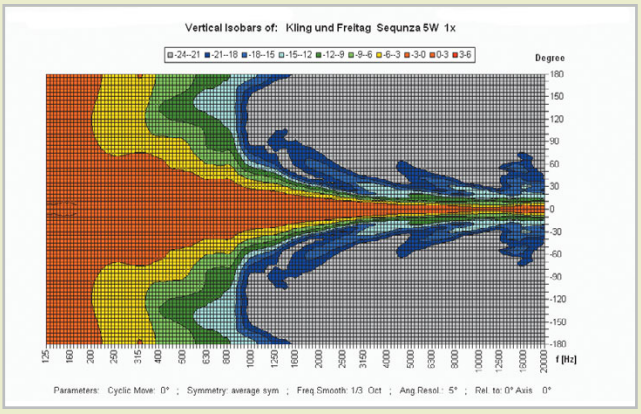



**Abb. 14: Vertikale Isobaren der 5W. Die Nebenmaxima liegen im Pegel so niedrig, dass sie für das Gesamtverhalten im Array keine Relevanz mehr haben.**

einen langen Ausläufer, der die damit einhergehende Gruppenlaufzeit widerspiegelt. Ein solches Verhalten ist prinzipbedingt und nicht der Box anzulasten, wenn eine Bassreflexbox noch zusätzlich mit einem elektrischen Hochpassfilter geschützt werden muss, was in der PA-Technik natürlich zwingend ist. Ein weiterer Grund für die starken Phasendrehungen bei den tiefen Frequenzen könnte auch im zusätzlichen Einsatz von Allpassfiltern liegen, die die Phasenlage der Sequenza 5 an die des größeren 10er-System anpassen, für den Fall, dass die 5 W als Downfill unter den Sequenza 10 genutzt werden soll. Im Spektrogramm fallen ansonsten noch zwei weitere kleine Resonanzen bei 300 und bei 900 Hz auf, die sich vermutlich im Zusammenhang mit der vor den Tieftönern durch das Hochtonhorn entstehenden Bandpasskammer bilden. Die Hochtoneinheit mit den 1"-Treibern arbeitet schon fast erwartungsgemäß perfekt.

**Die voreingestellten Winkel rasten automatisch ein**

## *Directivity*

Im Datenblatt wird die Sequenza 5 W als horizontales 100°-System angegeben. Der relative breite Abstrahlwinkel ist für die typischen Anwendungen eines kompakten Line-Arrays meist recht günstig, da eher kurze Distanzen, aber breite Flächen zu beschallen sind, was vor allem für alle Einsätze als Fill-Systeme zutrifft. Die nominellen 100° werden in unserer Messung in Abbildung 13 dann auch sehr gut eingehalten. Lediglich knapp oberhalb von 1 kHz gibt es eine terzbreite leichte Einschnürung auf ca. 70°.

Für die vertikale Ebene wird für die Sequenza 5 W ein nicht ganz so scharfes Abstrahlverhalten erwartet (Abb. 14), wie man es von anderen ähnlich hohen Line-Array-Elementen kennt, da die aus drei Elementen bestehende Hochtoneinheit schon innerhalb der Box in sich vorgekrümmt ist. Die so bereits in ihrer Entstehung leicht gekrümmte Wellenfront ermöglicht den großen Winkelbereich von 0° bis zu 15° zwischen zwei Systemen. Wie weit dieses Konzept aufgeht, zeigt die Messreihe aus Abbildung 15. Hier wurden jeweils drei 5 W-Einheiten mit Winkeln von 0 bis 15° zueinander in 3-Grad-Abstufungen gemessen. Die kleinen Winkel liefern

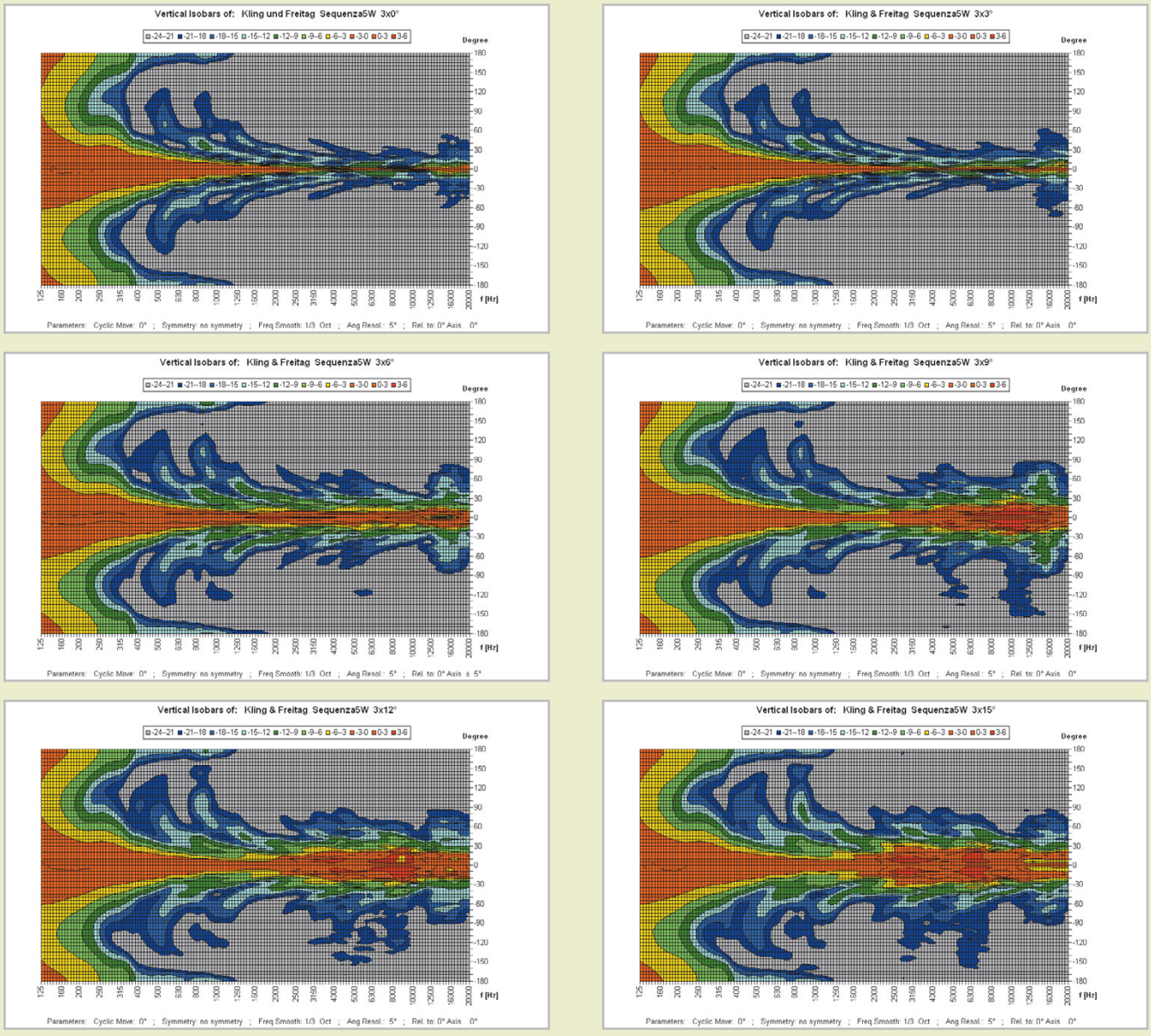



**Abb. 15: Vertikale Isobaren für drei Sequenza 5 W mit Winkeln von 0, 3, 6, 9, 12 und 15° zwischen den Systemen. Die 5 W decken den gesamten einstellbaren Winkelbereich sehr gut ab.**

hier besonders gute Ergebnisse, sodass die 3 × 0° bis 3 × 6° nahezu perfekte Isobaren erzeugen. Die seitlichen Nebenmaxima fallen zudem sehr gering aus.

Bei 3 × 9° bis 3 × 15° verhält sich die Hochtoneinheit weiterhin nahezu perfekt, nur im Bereich um 1 kHz kommt es unvermeidlich zu einer etwas zu kräftigen Einschnürung. Hier befindet man sich in dem Frequenzbereich, wo der Abstrahlwinkel schon primär durch die Ausdehnung der Strahlerfläche und nicht mehr durch die Krümmung des Arrays als solches bestimmt wird. Überraschend gut verhält sich die 5 W auch bei den höchsten Frequenzen, wo selbst bei einem Winkel von 3 × 15° erst oberhalb von 12 kHz ein minimales Aufreißen der Wellenfront zu erkennen ist.

## *Verzerrungen und mögliche Maximalpegel*

Für die Maximalpegelmessungen wurde zuerst eine einzelne 5 W gemessen und danach ein 3er-Array im Fullrange-Modus und mit zwei 5 B als Subwoofer. Als Antrieb wurde das K&F-Systemrack eingesetzt, wobei sich die drei Tops und die zwei Subs je einen Kanal der Lab.gruppen FP10000Q teilten. Das entspricht auch der empfohlenen Standardkonfiguration, sodass ein kleines Stereo-Set mit einem Systemrack betrieben werden kann. Wenn die Lautsprecher nicht voll ausgelastet werden müssen, dann können auch bis zu fünf 5 W pro Kanal angeschlossen werden.

Die Kurven in Abbildung 16 wurden mit den üblichen 185 ms langen Sinusbursts für einen Verzerrungsgrenzwert von höchstens

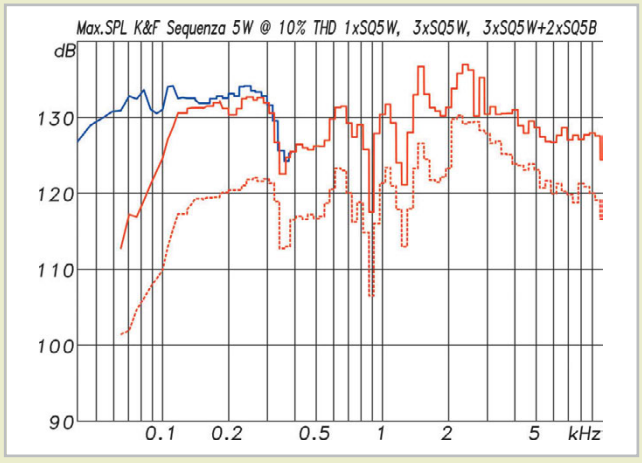



**Abb. 16: Maximalpegel bei höchstens 10 % THD für eine 5 W (rot gestrichelt), für drei 5 W (rot durchgezogen) und für drei 5 W zusammen mit zwei Flugbässen 5 B. Die 5 B führen zu einem mächtigen Pegelzuwachs unterhalb von 100 Hz. In den Mitten um 500 Hz gibt es eine kleine Schwäche.**

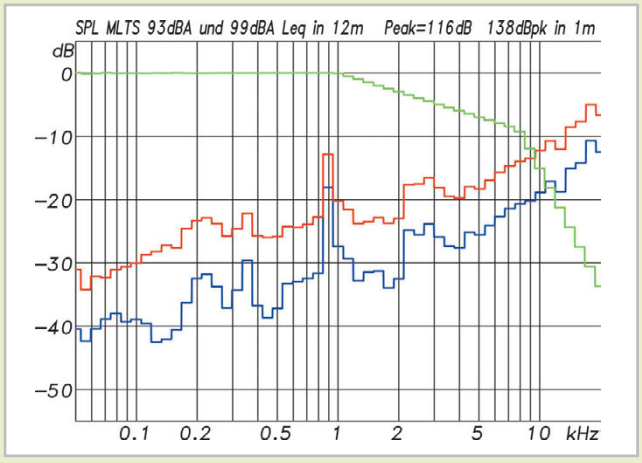



**Abb. 17: Harmonische und Intermodulationsverzerrungen gemessen mit einem Multisinussignal der spektralen Verteilung nach EIA-426B mit 12 dB Crestfaktor für 93 dBA und für 99 dBA $L_{eq}$ in 12 m Entfernung unter Freifeldbedingungen. Gemessen wurden drei Sequenza 5 W zusammen mit zwei 5 B.**

10 % gemessen. Eine einzelne 5 W erreicht hier die Pegelwerte, die sich aus der Sensitivity und ca. 400 W Leistung rechnerisch ergeben. In der 3er-Konfiguration steigt der Pegel dann recht genau noch mal um die rechnerisch möglichen 9 dB an. Zwei kleine Unregelmäßigkeiten fallen dabei auf: Zum einen fällt für die Messung der Einzelbox der Pegel im Bassbereich ein wenig zu schwach aus, was in der 3er-Kombination nicht passiert. Die Differenz zwischen den beiden Kurven ist daher unterhalb von 200 Hz größer als die zu erwartenden 9 dB. Im Hochtonbereich werden die 9 dB Pegelzuwachs nicht komplett erreicht, da die Systeme hier nicht akustisch koppeln, sondern einen größeren Raumbereich abdecken.

Zusammen mit den beiden Subwoofern (blaue Kurve in Abb. 16) lässt sich der Bassbereich kräftig aufbohren und es werden bei 50 Hz bereits 129 dB erreicht. Hier arbeiten die Subs quasi alleine mit einem vernachlässigbar kleinen Anteil von den Tops. Rechnet man jetzt von der Sensitivity eines einzelnen Subwoofers von 92 dB bei 50 Hz ausgehend hoch, dann setzen die beiden 5 B über 1 kW Leistung fast ohne Powercompression in den rechnerisch möglichen Schalldruck um. Bei etwas höheren Frequenzen, wo Tops und Sub schon zusammen agieren, werden dann sogar Pegelwerte von 133 dB erreicht.

Die zweite Messreihe zum nichtlinearen Verhalten des Lautsprechers beschäftigt sich mit den Intermodulationsverzerrungen. Der Lautsprecher wird dazu mit einem Multisinussignal, bestehend aus 60 Sinussignalen in 1/6 Oktave Abstand, belastet. Die spektrale Zusammensetzung dieses Signals entspricht einem mittleren Musikspektrum nach EIA-426B (grüne Kurve in Abb. 17) und der Crestfaktor liegt bei praxisgerechten 12 dB. Ausgewertet wird bei dieser Art Messung, welche nicht zum Anregungssignal gehörenden Komponenten, also Verzerrungen, der Lautsprecher für dieses Signal erzeugt hat. Erfasst werden dabei die harmonischen Verzerrungen der Sinussignale und alle Intermodulationsprodukte. Die Messungen wurden für das Sequenza-Array mit einem Mittlungspegel $L_{eq}$ von 93 dBA (blaue Kurve) und von 99 dBA (rote Kurve) für eine typische Hörentfernung von 12 m unter Freifeldbedingungen durchgeführt. Umgerechnet entspricht das einem Pegel von 120,6 dBA in 1 m als $L_{eq}$ und einem Spitzenwert LZpk von 138 dB. Die Gesamtverzerrungen lagen für die 93 dBA Messung bei sehr geringen 2,7 % und bei Volllast mit 99 dBA bei auch noch sehr guten 6,5 %. Betrachtet man den Verlauf der Kurven über der Frequenzachse, dann scheinen die Hochtöner zuerst an ihre Grenzen zu stoßen, wogegen vor allem die Subwoofer bei dieser Art Signal sogar noch gewisse Reserven aufzuweisen haben.

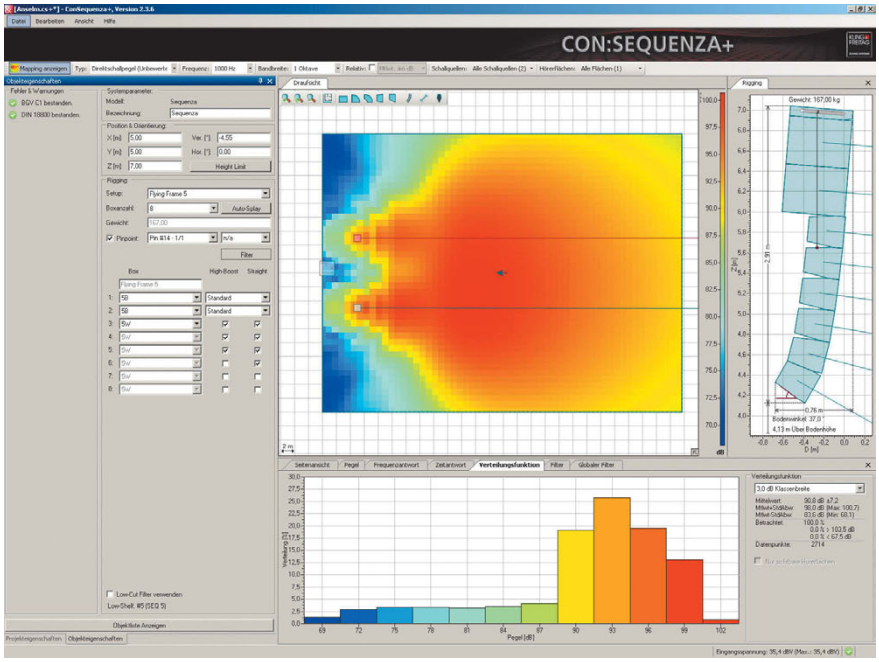
### *Mechanik und Aufbauvarianten*

Kompakte Line-Arrays müssen nicht nur für den Flugbetrieb gut geeignet sein, sondern sollten sich auch für kleinere Bühnen oder als Fill-Systeme leicht und sicher stellen lassen. Für das Sequenza 5 sind folgende Varianten vorgesehen:

- geflogenes Array nur mit Tops 5 W am Flugrahmen (maximal 15 Systeme)
- geflogenes Array mit Tops 5 W und Subs 5 B am Flugrahmen
- Downfill unter Sequenza 10 am Downfill Adapter (maximal drei Systeme)
- geflogenes Array mit maximal drei Tops 5 W am VariMount-Adapter
- Array mit VariMount Adapter und maximal drei Tops 5 W auf einem Stativ
- gestelltes Array nur mit Tops 5 W auf dem Flugrahmen mit Auslegern
- gestelltes Array optional auf dem Flugrahmen mit Tops 5 W und Subs 5 B

Der Flugrahmen und der VariMount-Adapter können zur Befestigung auch mit TV-Zapfen oder einer Rohrkralle ausgerüstet

**Flugrahmen mit Auslegern**




**Oberfläche der Con:Sequenza+ Software**

werden. Alles in allem also ein sehr flexibles System. Für den Transport gibt es 3er-Cases in denen die Tops fertig verkabelt und im Winkel voreingestellt transportiert werden können. Der Zusammenbau eines Arrays geht so leicht von der Hand.

Zunächst werden die Lautsprecher in den 3er-Einheiten am Boden auf den Casedeckeln stehend vorne mit Hilfe von Gelenklaschen mit selbst einrastenden Gelenkbolzen verbunden. An der hinteren Flugvorrichtung ist dann noch mit einem Kugelsperrbolzen der gewünschte Splay-Winkel zur nächsten Box einzustellen. Ein zusätzlich angebrachter Federbolzen verbindet die Lautsprecher selbsttätig in der richtigen Position, sobald sie beim Anheben des Flugrahmens die vorgewählten Splay-Winkel zum jeweils nächsten Lautsprecher erreicht haben. Diese Technik erspart zeitaufwändiges Auf- und Ablassen des Arrays zum Unterhängen von einzelnen Systemen. Daneben sorgt die Konstruktion zusätzlich für die Sicherheit des Aufbaupersonals. Ein Eingreifen zwischen beweglichen Teilen ist während der Hubphase nicht mehr erforderlich.

## *Simulations-Software*

Welche Konstellationen mechanisch möglich sind und wie sich das System akustisch verhält, lässt sich mit Hilfe der Software Con:Sequenza+ ermitteln. Die aktuelle Version 2.3.6 ist der Nachfolger der bekannten Con:Sequenza. Eine komplette Überarbeitung der Software bietet dem Anwender nun ein schnelleres Setup, mehr Möglichkeiten im Zeichnen von Hörerflächen und eine verbesserte Darstellung des Reports. Sowohl das K&F Sequenza 10, als auch Sequenza 5 lassen sich hier einzeln oder in Kombination simulieren. Dazu kommen fast alle konventionelle Lautsprecher und die Simulation von Bassarrays.

In der Lautsprecher-Bibliothek sind alle aktuellen K&F-Lautsprechermodelle einschließlich der Subwoofer und Line-Arrays enthalten. Die Con:Sequenza+ Software ist als Down-load kostenlos auf der Webseite von Kling & Freitag verfügbar. Die zur Software gehörigen Lautsprecherdaten liegen im aktuellen EASE GLL-Format vor und können so auch direkt in einer EASE-Simulation verwendet werden.

## *Hörtest*

Zum Hörtest für das Sequenza-System wurde vom K&F Vertrieb & Marketing-Leiter Lars Heinrich nach Erkelenz bei Mönchengladbach eingeladen. Auf dem Gelände der dort ansässigen Firma Ton in Ton Veranstaltungstechnik konnte der K&F-Systempartner Rogge & Derks aus Kempen am Niederrhein das System im Freien installieren und in verschiedenen Konfigurationen vorführen.

Gehört wurde zunächst ein Array mit sechs Topteilen und zwei optionalen Subwoofern und im Weiteren noch ein 12er-Array ohne Unterstützung durch Subwoofer. Der Auf- und Umbau ging dank der einfach zu bedienenden Flugmechanik zügig und problemlos vonstatten. Drei wichtige Aspekte stellten sich beim Hörtest mit diversem bekannten Musikmaterial heraus:

**Aus den Cases können Elemente in 3er-Gruppen waagerecht entnommen oder senkrecht hinein abgelassen werden**

**Die Flugvorrichtung am Sequenza erlaubt die Voreinstellung der Winkel am Boden**

**Sobald das Array angehoben wird, rasten die Winkel in der gewünschten Position ein**

- Das System erreicht bereits mit sechs Topteilen eine ungewöhnlich große Reichweite und sorgt dabei über die gesamte Tiefe der beschallten Fläche für eine gleichmäßige Abdeckung.
- Ohne Subwoofer hat das Sequenza 5 auch mit nur sechs Topteilen bereits eine sehr gute Basswiedergabe, die sich natürlich bei einem 12er-Array dank der akustischen Kopplung und verstärkten Richtwirkung noch mal deutlich verbessert. Zusammen mit den zwei Subwoofern 5 B ist das 6er-Array schon eine absolut vollwertige PA.
- Das Sequenza-System ist klanglich neutral und in einer angenehmen Art direkt ansprechend, ohne den Zuhörer dabei aggressiv anzugehen.

Zusammen mit dem äußerst dezenten Erscheinungsbild eignet sich das Sequenza 5 damit bestens für alle Arten von Veranstaltungen, wo hohe Qualität und angenehmer Sound im Vordergrund stehen. Rock 'n' Roll ist auf Grund der Größenklasse dagegen weniger die Domäne des Sequenza 5, was auch niemand wirklich erwarten würde.

## *Fazit*

Sechs Jahre nach der Markteinführung des ersten Kling & Freitag Line-Arrays Sequenza 10 kommt jetzt streng nach der Devise „Was lange währt, wird endlich gut" das kleine Sequenza 5 als zweites Line-Array von K&F auf den Markt. Das Sequenza 5 ist konsequent in Richtung kompakte Abmessungen, vor allem die Breite betreffend, bei gleichzeitig maximaler Performance getrimmt, wo insgesamt vier Tieftöner und drei Hochtontreiber mitsamt großzügiger Waveguides in dem kleinen Gehäuse untergebracht sind. Dank der in sich schon leicht gekrümmten Anordnung der Waveguides und Tieftöner innerhalb der Box gelingt mit dem Sequenza 5 W der Spagat, mit einem Line-Array-Element von 35 cm Bauhöhe einen Winkelbereich Box-zu-Box von 0° bis 15° abzudecken – und das, wie unsere Messungen zeigen, ohne Kompromisse zu machen. Die erreichbaren Pegel betreffend braucht man sich auch hinter deutlich größeren Systemen, auch wenn das rein optisch gut möglich wäre, nicht zu verstecken. Solide 130 dB, mit zwei Subwoofern bis 50 Hz hinab, das ist für ein 3er-Array dieser Größe eine außerordentliche Leistung.

Ein weiters Highlight des Sequenza-Systems ist die Flugvorrichtung, die nicht nur äußerst flexibel in den Montagemöglichkeiten ist, sondern auch ein sehr schnelles, effektives und sicheres Auf- und Abbauen erlaubt. Der Rest, so könnte man sagen, ist bekannt: Beste Verarbeitungsqualität, hochwertige Materialien und Treiber, das bekannte und leistungsfähige K&F-Systemrack mit der vierkanaligen Lab.gruppen-Endstufe und ein angemessener, aber bei weitem nicht überzogener Preis.

**Text und Messungen: Anselm Goertz**
**Fotos: Dieter Stork und Anselm Goertz**