

PRODUCTION PARTNER

FACHMAGAZIN FÜR VERANSTALTUNGSTECHNIK

TEST AUS AUSGABE 2 | 2023

MODULARES LINE-ARRAY

**LD-Systems
MAILA**

MODULARES LINE-ARRAY

LD-Systems MAILA

LD-Systems stellt mit dem MAILA-System, bestehend aus den kompakten SAT-Einheiten, der COL-Erweiterung und dem SUB-Subwoofer, ein modulares Line-Array vor, mit dem Beschallungsanlagen für kleine bis mittlere Hallen und Events passgenau zusammengestellt werden können. Das System ist voll aktiv und self-powered und kann sehr schnell und sicher zusammengebaut und parametrierbar werden.

Text und Messungen: Anselm Goertz | Fotos: LD-Systems, Anselm Goertz



Unter dem Markennamen LD-Systems entwickelt und produziert die Adam Hall Group aus Neu Anspach die komplette Produktpalette professioneller Audiogeräte sowohl für den mobilen Einsatz wie auch für Festinstallationen. Im Detail reicht das von Mikrofonen über Sendestrecken, Mischpulte, Controller und Endstufen bis zu den Lautsprechern. Speziell bei letzterem zeichneten sich die LD-Systems Produkte der letzten Jahre durch anspruchsvolles Design und innovative Technik aus. Stellvertretend seien hier die MAUI P900 und Curv 500 Serien genannt. Getrieben wurde diese Entwicklungen, ebenso wie die des jetzt neu vorgestellten MAILA-Systems, von dem Anspruch die Bedürfnisse der Anwender in puncto Qualität, Design und Handhabung möglichst gut zu erfüllen. Akustisch gute Lautsprecher zu entwickeln ist dabei die eine Seite. Für professionelle Anwendung kommen aber noch die nicht minder wichtigen Aspekte hinzu, wie schnell sich ein System auf- und abbauen lässt, wo kann man beim Aufbau Fehler machen, wie gut gelingt die Anpassung auf die gestellte Aufgabe und natürlich auch wie passt sich ein Lautsprecher in sein Umfeld ein. Ein eher wenig technisches und unauffälliges Erscheinungsbild ist dabei durchaus von Vorteil. Senior Product Manager Viktor Wiesner nennt dazu als gutes Beispiel ein Corporate Event mit Vorträgen und Präsentationen und anschließender Party, wo neben einer hohen Qualität für die Sprachübertragung auch DJ tauglicher Sound und Pegel gewünscht sind. Gleichzeitig soll sich die Beschallungsanlage aber auch unauffällig in ein gestaltetes Bühnenbild einfügen, wo Lautsprecher möglichst nicht auffällig hervortreten sollten.

Die Anforderung waren somit definiert, jetzt galt es diese in Form eines Produkts umzusetzen. Unter dem Namen MAILA erfolgte nun unlängst die Präsentation. Ein komplettes Set stand danach der Redaktion zum Test zu Verfügung. Die Messungen und eine Einführung in das System wurden dazu in unserem Aachener Akustiklabor von Martin

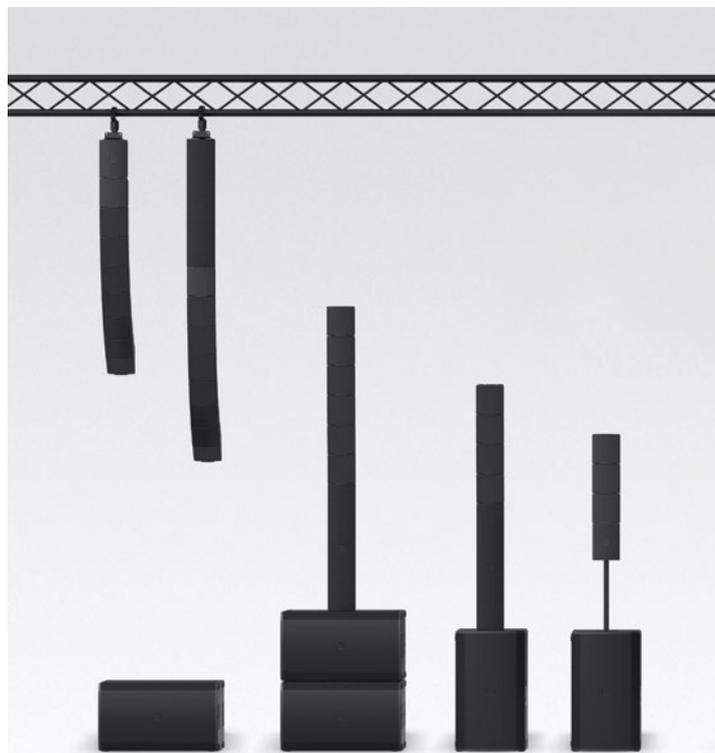
Jung (Senior Acoustic Designer) und Jonas Mulfinger (Mechanical Engineering) begleitet.

SAT- und COL-Module

Eine der wichtigsten Fragen bei der Konzeptionierung des MAILA-Systems war es, wie man so flexibel wird, dass das System von kleinen bis zu mittelgroßen Events immer exakt passend dimensioniert werden kann, wobei die Betonung auf exakt liegt. Das Konzept Line-Array mit variabler Länge und flexiblem Curving war damit gesetzt. Nun hatte man bei LD-Systems schon gute Erfahrungen mit dem CURV 500 gemacht, das als Mini-Line-Array mit 4“-Tieftönern und je drei davor angeordneten 1“-Kalotten arbeitet und in einem Aluminiumgehäuse mit Smart-Link Anschluss ohne Kabel daherkommt.

Beides wurde für den MAILA SAT als Kernkomponente des MAILA-Systems übernommen und in der Funktion noch erweitert. Das in elegantem mattschwarz gehaltenem Gehäuse besteht unverändert aus Aluminium mit fast würfelförmigen Abmessungen von 205 x 220 x 226 mm (B x H x T). Die Bestückung besteht aus einem 6,5“-Tieftöner und fünf 1“-Titan-Kalotten, die integriert in ein Waveguide in einer Linie mittig vor dem Tieftöner angeordnet sind. Speziell für kleine Line-Arrays hat sich das Konzept der Hochtoneinheit bestehend aus kleinen dicht an dicht angeordneten Kalotten sehr bewährt, da sich koaxiale Anordnungen damit gut realisieren lassen und Kalotten ohne Kompressionskammer klangliche gute Eigenschaften haben. Für den Tieftöner entschied man

sich dazu anstatt eines klassischen Bassreflexresonators eine Passivmembran einzusetzen, die sich auf der Rückseite des Gehäuses hinter der großen Öffnung befindet. Das Funktionsprinzip einer Passivmembran entspricht dem des Bassreflexresonators als Masse-Feder System, lässt sich jedoch speziell bei kleinen Gehäusen besser abstimmen und reduziert oder vermeidet Probleme mit Gehäuse- und Tunnelresonanzen sowie Strömungsgeräuschen.



MAILA SAT mit fünf Hochtonkalotten

mit Waveguide, einem 6,5"-Tieftöner und der auf der Rückseite des Gehäuses befindlichen Passivmembran



Die Verbindung der SAT-Gehäuse erfolgt mechanisch und elektrisch über Schienen und Nuten an der Unter- und Oberseite der Gehäuse. Sobald die SmartLink+ Verbindung eingerastet ist erscheinen die gekoppelten MAILAs nach außen als eine Einheit ohne erkennbare Mechanik. Über sechs in die Schienen integrierte Kontakte werden die Audiosignale für die beiden Wege und die Stromversorgung sicher übertragen. Die MAILA SAT benötigen somit weder eine nach außen sichtbare Verkabelung noch eine Flugmechanik.

Die zugehörigen Endstufen und das DSP-System befinden sich in einem dazu mechanisch und optisch kompatiblen Gehäuse mit einer etwas größeren Bauhöhe von 280 mm. Das MAILA SPA genannte Verstärkermodul verfügt auf der Oberseite über eine Stativhülse und Haltebuchsen für den EasyMount-Flugbügel. Für die Aufstellung auf einer Stativstange kann so das SPA-Modul als Sockel für maximal drei SAT-Module dienen oder bei hängender Montage mit Flugbügel als Kopfteil für bis zu acht SAT-Module. Die Verstärkerleistung für den LF- und HF-Weg in der Summe beträgt 1250 W.

Die Anpassung eines Line-Arrays geschieht, falls nicht auf elektronischem Weg, über das Curving der Linie. Dazu werden von Box zu Box die erforderlichen Winkel eingestellt, so dass für große Reichweiten mehrere Einheiten einen kleinen Raumwinkel abde-

cken und für kürzere Distanzen einen größeren Raumwinkel. Dieses auch als „Intensity Shading“ bezeichnete Verfahren ist die Basis für die Anpassung eines Line-Arrays an die jeweilige Anwendung. Bei herkömmlichen Line-Arrays erfolgt die Einstellung der Winkel meist mit Kugelsperbolzen, die in eine zum gewünschten Winkel gehörige Positionen gesteckt werden. Da es beim MAILA keine außen liegende Flugmechanik gibt, bedurfte es eines neuen Ansatzes. Dieser nennt sich EasySplay und ist komplett im Gehäuse der SAT integriert. Auf der Rückseite des Gehäuses befindet sich eine Öff-

nung mit einer mittig darin angeordneten Griffstange, die drehbar ausgeführt ist. Durch die Drehung der Griffstange kann die Bodenplatte in ihrem Winkel zum Gehäuse verstellt werden. Der Winkelbereich erstreckt sich dabei von 0° bis 8° und kann stufenlos justiert werden. Eine Skala seitlich am Gehäuse ermöglicht es den Winkel abzulesen. Die Einstellung gelingt damit schnell und präzise und kann auch unter Last am schon stehenden oder hängenden Array erfolgen.

„Länge läuft.“ Diese Regel aus dem Bootsbau könnte man auch auf Line-Arrays anwenden. Da sich das Richtverhalten u. a. aus dem Verhältnis der Strahlerlänge zur Wellenlänge ableitet, bedarf es bei tiefen Frequenzen eines hinreichend langen Arrays, um ein ausgeprägtes Richtverhalten zu erreichen. Für das MAILA-System gibt es daher die COL (Co-

lumn) als direkte Erweiterung zu den SAT-

Modulen. Bestückt ist die COL mit vier 6,5" Tieftönern und einem vierkanaligen Verstärkermodul, von denen zwei Kanäle je zwei der vier Tieftöner antreiben und die beiden anderen die Funktion des SPA-Moduls übernehmen und bis zu acht SAT ansteuern können. Die COL ist damit nicht nur eine akustische Erweiterung des Ar-



Schienensystem zur Verbindung der SAT-Module, die elektrische Verbindung geschieht über eingelassene Kontakte

rays für tiefe Frequenzen, sondern stellt auch direkt die gesamte Elektronik bereit. Die in der COL eingesetzten Treiber unterscheiden sich von denen der SAT insofern, als dass sie höher belastbar und für die Tiefertonwiedergabe optimiert sind. Die mechanische und elektrische Verbindung zu den SAT-Modulen erfolgt ebenfalls über die SmartLink Verbindung inklusive der Signalübertragung und Stromversorgung. Ähnlich wie das SPA-Modul kann sich die COL am oberen oder unteren Ende des Arrays befinden. In der Bodenplatte sind dazu für den Flugbetrieb die schon bekannten Haltebuchsen für den EasyMount Flugbügel eingebaut. Die Aufstellung auf einem Stativ mit aufgesetzten SAT ist bei der Größe jedoch nicht mehr möglich. Die COL verfügt daher über vier massive Stifte in der Bodenplatte, mit denen sie sich im ebenfalls zum System gehörigen SUB stabil verankern kann. Eine separate Bodenplatte befindet sich in Vorbereitung, womit die COL dann auch ohne Subwoofer aufgestellt werden können.



■ **Mechanik zur Einstellung des Winkels** eines SAT-Elementes

Erste Messwerte

Bevor es mit den Details zum Betrieb der MAILA weitergeht, gilt es zunächst einen Blick auf die Basismessungen der SAT und COL zu werfen. Basismessungen bedeutet in diesem Fall die Messwerte der einzelnen Wege ohne die integrierte Elektronik. Abb. 1 zeigt dazu die Impedanzkurven des LF- und HF-Weges im SAT-Modul und der Tieftöner in der COL-Extension. Um die Parallelschaltung von bis zu acht SATs zu

ermöglichen, sind die einzelnen Module mit einem Impedanzminimum des Tieftöners von 17Ω und der Hochtöner von 28Ω relativ hochohmig ausgelegt, so dass ein kritischer Wert von 2Ω auch bei acht Modulen nicht unterschritten wird. Die Resonanzfrequenz der Passivmembran in der SAT ist auf 105 Hz abgestimmt. Bei den Hochtönern erkennt man einen vorgeschalteten Kondensator und eine Resonanzfrequenz von 2 kHz . Die Tieftöner in der COL sind an jeweils einem Endstufenkanal paarweise parallel geschaltet und haben ein Impedanzminimum von $3,1 \Omega$ bei ca. 600 Hz . Die Abstimmfrequenz liegt bei 70 Hz .

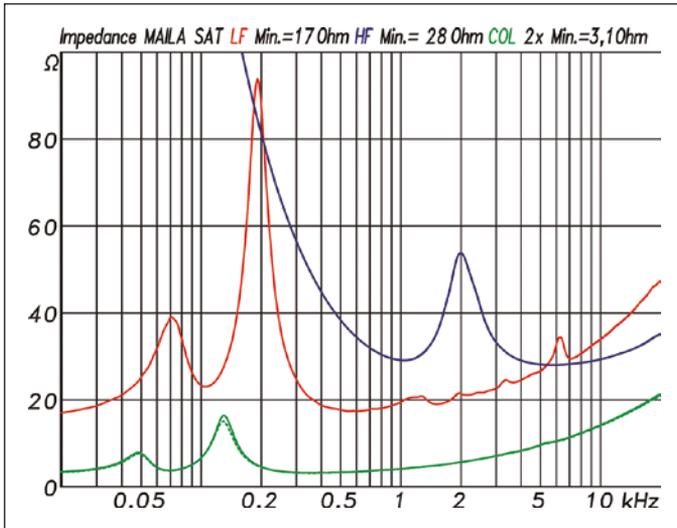
Die zugehörigen Frequenzgänge finden sich in Abb. 2. Auffällig ist vor allem der HF-Weg, der schon bei $2,83 \text{ V}$ eine Sensitivity von bis zu 99 dB aufweist. Umgerechnet auf $1 \text{ W}/1 \text{ m}$ für ein 32Ω System sind das 105 dB , die schon recht nahe an die Werte von Kompressionstreibern heran-

COL Extension

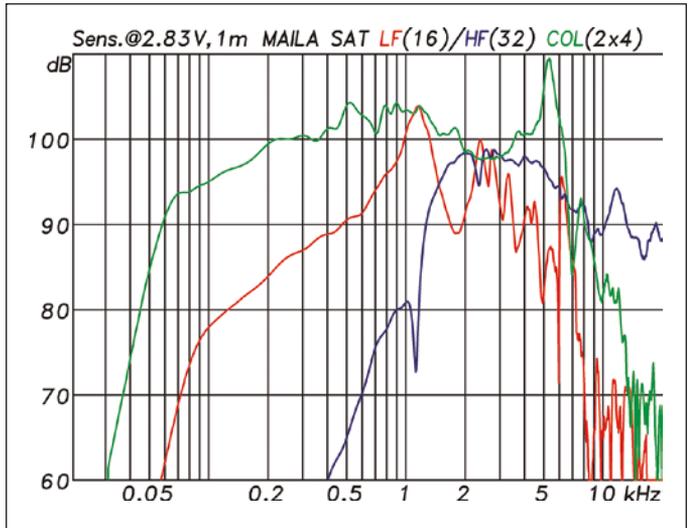
Modul mit vier Tieftönern und eigener Verstärkereinheit, die auch die aufgesetzten SAT-Module versorgen kann



■ **Verbindung der Satelliten** über Schienen mit eingelassenen Kontakten



Impedanzverlauf der beiden Wege im SAT-Modul (LF rot und HF blau) und der jeweils zu zweit parallel betriebenen Tieftöner in der COL-Extension (grün, Abb. 1)



Frequenzgang und Sensitivity der beiden Wege im SAT-Modul (LF rot und HF blau) und der Tieftöner in der COL-Extension (grün). Die Sensitivity bezieht sich für alle Wege auf 2,83 V. Für den Wert 1W/1m sind somit für den SAT im LF-Weg 3 dB und für den HF-Weg 6 dB zu addieren. Für die Tieftöner in der COL sind 6 dB abzuziehen (Abb. 2)

reichen. Der Tieftöner in der SAT fällt dem gegenüber zwar etwas ab, profitiert dann aber im Array verstärkt von der akustischen Kopplung mit den Tieftöner der benachbarten SAT-Module. Der kräftige Pegelanstieg bei 1 kHz entsteht durch die vorgesezte Hochtoneinheit, die für den Tieftöner als Bandpasskammer wirkt. Im Frequenzgang des Hochtöners gibt es an gleicher Stelle einen Einbruch, da die Bandpasskammer für die Hochtöner als Resonanzabsorber agiert. Die COL (grüne Kurve) deckt ohne Schwachstellen den Frequenzbereich ab 60 Hz aufwärts bis weit über 1 kHz gut ab und eignet sich somit gut zu Kombination mit den SATs als LF-Extension.

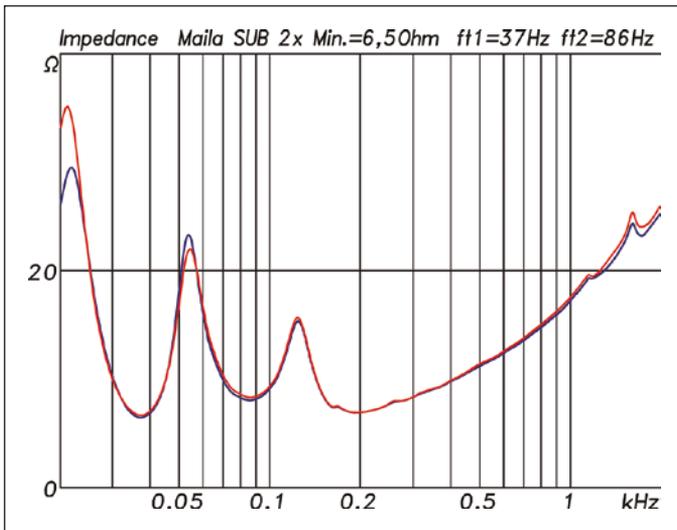
Bandpass-Subwoofer

Als viertes Modul im MAILA-System gibt es den SUB, der mit zwei 15"-Chassis bestückt ist, die ebenso wie die 6,5"-Tieftöner der COL und SAT aus dem Hause Lavoce stammen. Aufgebaut ist der SUB als Bandpasssystem, bei dem die beiden Treiber gegeneinander in eine große mittlere Kammer und mit der Rückseite in eine jeweils separate Kammer abstrahlen. Die Face-to-Face Anordnung bewirkt so zusätzlich noch eine Impulskompensation für das Gehäuse. Die großen Öffnungen der Kammern zur Schallabstrahlung reduzieren zudem Strömungsgeräusche und Kompressionseffekte. Insgesamt ist das Gehäuse sehr solide konstruiert und neben der

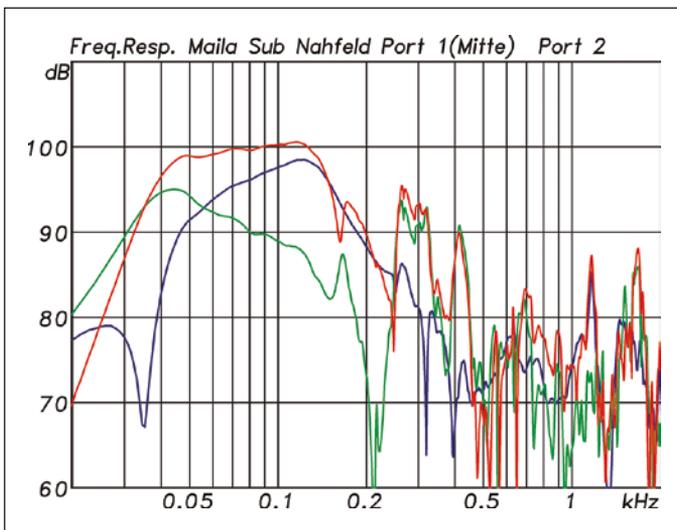
hohen Wandstärke auch noch mit reichlich Verstrebungen im Innern ausgestattet, was akustisch von Vorteil ist, aber auch ein recht hohes Gewicht von 90 kg mit sich bringt. Der SUB verfügt ebenfalls über eine eingebaute Elektronik mit



2 x 15"-Subwoofer im Bandpassgehäuse mit großen Ports



Impedanzkurven der beiden 15“-Tieftöner im SUB. Die Resonatoren des Bandpassgehäuses sind auf 37 Hz und 82 Hz abgestimmt (Abb. 3)



Nahfeldmessungen vor den Resonatoröffnungen des SUB (blau und grün) sowie deren Summe (rot, Abb. 4)

vier Endstufen, von denen jeweils zwei in Brückenschaltung einen Tieftöner antreiben. Die Gesamtleistung wird im Datenblatt mit 2500 W angegeben.

Die Impedanzmessung (Abb. 3) der beiden Tieftöner im SUB zeigt Abstimmfrequenzen der Bandpassresonatoren von 37 Hz und 86 Hz. Die zugehörigen Frequenzgänge der Resonatoren separat gemessen und deren Summenfunktion finden sich in Abb. 4. Die Sensitivity bezogen auf 2,83 V erreicht einen sehr guten Wert von ca. 100 dB, die umgerechnet auf 1 W/1 m bei zwei 8-Ω-Systemen 97 dB ergeben.

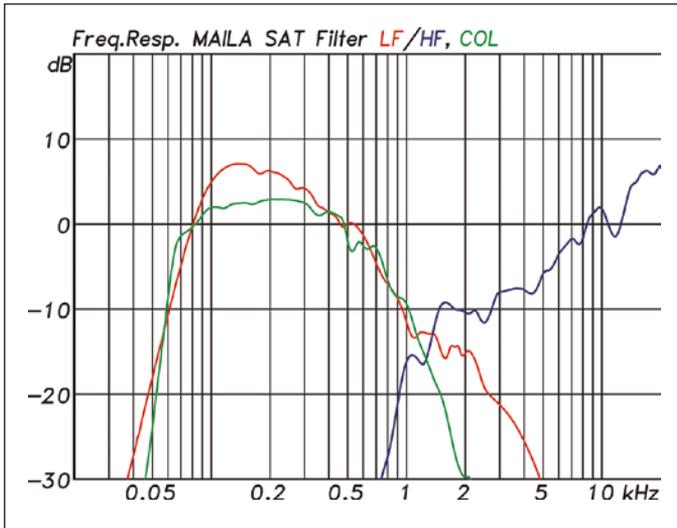
Verstärker und DSP

Die in den MAILA-Systemen eingebaute Elektronik verfügt über eine Reihe von Funktionen, die sich entweder direkt an den Lautsprechern oder über eine zugehörige iPad App bedienen lassen. Dabei sind auch am Lautsprecher selbst alle Funktionen verfügbar, die hier mit Hilfe eines kleinen farbigen Displays und einem Inkrementalgeber bedient werden können. Je nach Position der Elektronik in stehender oder hängender Position rotiert auch die Anzeige im Display, so dass man sich nicht mit lästigem über Kopf lesen abmühen muss. Die hier verfügbaren Funktionen sind die Standards Volume, Delay, Polarity und ein voll parametrischer 10-Band-User-EQ mit Bell- und Shelf-Filtern. Soweit noch nichts Ungewöhnliches. Interessant wird es dann bei der Auto-Splay- und Auto-EQ-Funktion. Um dem Anwender vor Ort eine schnelle Hilfe für die Einstellung zu geben, werden die optimalen Winkel mit Hilfe der Auto-Splay-Funktion berechnet und auch der passende EQ dazu eingestellt.



Winkleinstellung auf der Rückseite durch einfaches Drehen an der Mittelstange

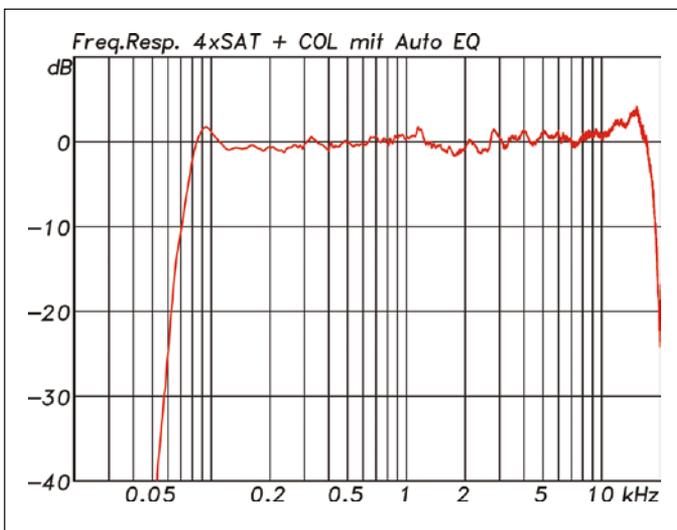
Die dazu benötigten Informationen sind die Höhe des obersten Flugpunktes bei hängendem Array oder des untersten bei stehendem Array. Die Anzahl der SATs im Array wird automatisch ermittelt. Als weitere Information werden dann noch der Abstand zur letzten Publikumsreihe und die Angabe, ob es sich um stehendes oder sitzendes Publikum handelt, benötigt. Aus diesen Angaben werden dann die Splaywinkel von Box zu Box und für geflogenen Arrays der Pick Point des Flugadapters berechnet und angezeigt. Anhand dieser Angaben kann der Anwender dann die Winkel einstellen, was auch bei schon hängendem oder stehendem Array



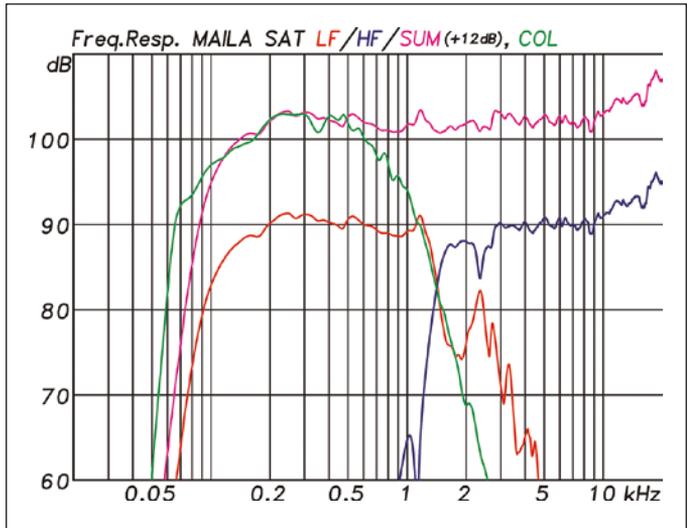
Filterfunktionen in den Verstärkermodulen der beiden Wege im SAT (LF rot und HF blau) und der Tieftöner in der COL-Extension (grün, Abb. 5)

funktioniert. Parallel zur Berechnung der Winkel wird für diese Konfiguration auch noch ein Auto-EQ bestimmt und direkt eingestellt. Die Daten für den EQ entstammen einer im DSP des Lautsprechers abgelegten Datenbank. Der Auto EQ ist unabhängig vom User-EQ und schränkt dessen Funktion nicht ein.

Die Standard-Filterfunktionen der SAT und COL ohne Array-EQ finden sich in der bekannten farblichen Zuordnung in Abb. 5. Die Filter sind als Kombination aus FIR und IIR-Fil-



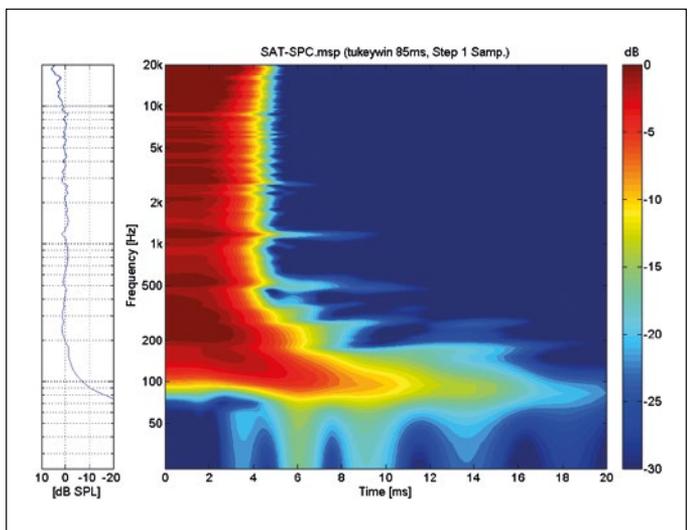
Frequenzgang der Kombination aus 4 x SAT und COL. Für die Kombination wird der Gesamtfrequenzgang durch den Auto-EQ auf einen über alles geraden Verlauf eingestellt (Abb. 7)



Die beiden Wege des SAT (rot und blau) sowie deren Summenfunktion (rosa) mit der integrierten Elektronik gemessen. In Grün die die COL-Extension, die ab ca. 700 Hz aufwärts ausgeblendet wird (Abb. 6)

ter aufgebaut und ermöglichen so für das Gesamtsystem einen ab ca. 300 Hz aufwärts linearen Phasengang. Die Latenz der Elektronik über alles gemessen beträgt ca. 6 ms.

Kombiniert man die Messungen der einzelnen Wege mit den Filtern, dann ergeben sich die Verläufe aus Abb. 6. Die SATs erreichen einen sehr gleichmäßigen Verlauf mit einer unteren Eckfrequenz von ca. 100 Hz und einem leichten Anstieg der Höhen oberhalb von 10 kHz. Diese Messung erfolgte für eine einzelnen SAT ohne Auto-EQ. Gleiches gilt für



Spektrogramm der SAT mit einem nahezu perfekten Ausschwingverhalten (Abb. 8)



Anschlüsse für Stromversorgung und Signalzuspielung an der Verstärkereinheit SPA. Im Boden/Deckel sind eine Stativhülse für die Aufstellung auf einem Stativ oder Subwoofer und die drei länglichen Öffnungen zur Aufnahme des EasyMount Flugadapters vorhanden

die grüne Kurve des COL, der phasenlinear entzerrt und ab ca. 700 Hz aufwärts ausgeblendet wird. Ohne Auto-EQ passt die COL im Pegel zu den SATs mit einer Anhebung von 12 dB, was einem 4er Array entspricht. Was im Pegel wie zusammenpasst braucht jedoch den Anwender gar nicht weiter zu beschäftigen, da alle Einstellung über den Auto-EQ vorgenommen werden. Abb. 7 zeigt dazu ein Beispiel aus dem Messaufbau, wenn eine COL mit vier SATs kombiniert wird. Der Auto-EQ stellt für diese Kombination einen perfekten Frequenzgang ein, der keiner weiteren Diskussion bedarf. Möchte man dazu noch die eine oder andere geschmackliche Korrektur vornehmen, dann stehen dafür noch die User-EQs bereit. Vervollständigt wird der gute messtechnisch Eindruck durch das Spektrogramm aus Abb. 8, das mit einem nahezu perfekten Ausschwingverhalten ebenfalls zu überzeugen weiß.

MAILA App

Neben der direkten Einstellung an den Lautsprechern gibt es zum MAILA-System noch die MAILA App fürs iPad, die

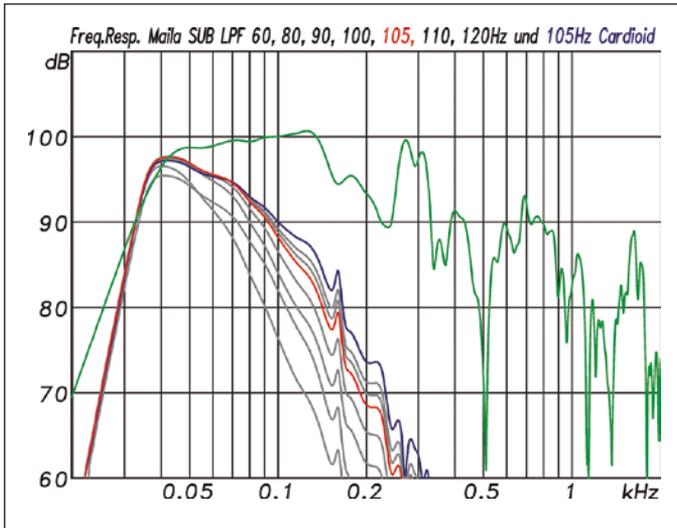
zum Zeitpunkt des Tests gerade fertiggestellt wurde. Der Kontakt zwischen dem iPad und den Lautsprechern erfolgt über Bluetooth LE. Die BT-Sender und Empfänger befinden sich jeweils in den Elektronikmodulen des SPA, COL oder SUB. Die zugehörigen Antennen wurden geschickt in die Logos (LogoLink) der Lautsprecher auf der Vorderseite integriert, so dass man eine Reichweite von bis zu 30 m angeben kann. Die Verbindung stellt sich nach der Aktivierung der BT-Schnittstellen automatisch her. Die beiden folgenden Screen Shots zeigen die Auto-Splay und User-EQ Seiten der App. Zur App ist noch anzumerken, dass diese primär der Einrichtung des Systems dient und nicht zur Einstellung und Überwachung im laufenden Betrieb.



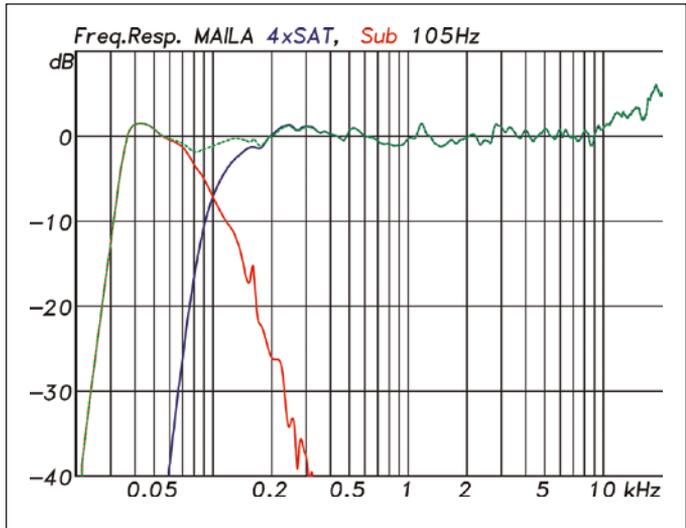
MAILA App (iOS) für die optimale Ausrichtung und Winkeleinstellung der Systeme auf die Publikumsfläche



Filterfunktionen in der MAILA-App für den User-EQ, der zusätzlich zum Auto-EQ zur Verfügung steht



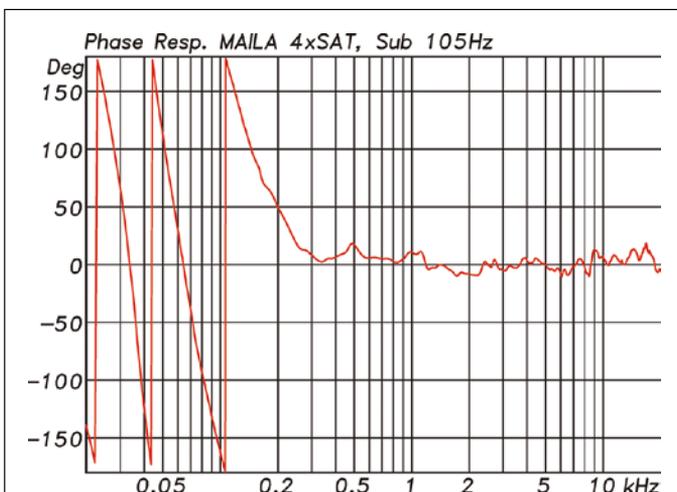
Frequenzgang des SUBs ohne Filter (grüne Kurve) und mit den Einstellungen für das Low-Pass-Filter von 60 bis 120 Hz sowie für die Rear-Box in einer Cardioid-Konstellation (Abb. 9)



Frequenzgänge für die Kombination eines 4er-Arrays SAT mit einem Subwoofer mit 105 Hz LPF-Einstellung (Abb. 10)

Kombinationen mit Subwoofer

Möchte man die MAILA für Konzerte oder DJ-Acts nutzen, dann kommt der Subwoofer zum Zuge. Dabei ist sowohl die Kombination nur mit SAT-Modulen wie auch mit eine COL und SATs möglich. Wenn die Topteile nicht geflogen werden können, liefert der SUB mit seinem soliden Gewicht von 90 kg die nötige standfeste Basis. Die SATs ohne COL können über eine Stativstange auf dem SUB aufgestellt werden, wobei maximal drei SAT mit dem zugehörigen SPA Verstärkermodul möglich sind. Größere Arrays mit der COL-Extension werden direkt auf dem Subwoofer befestigt und können

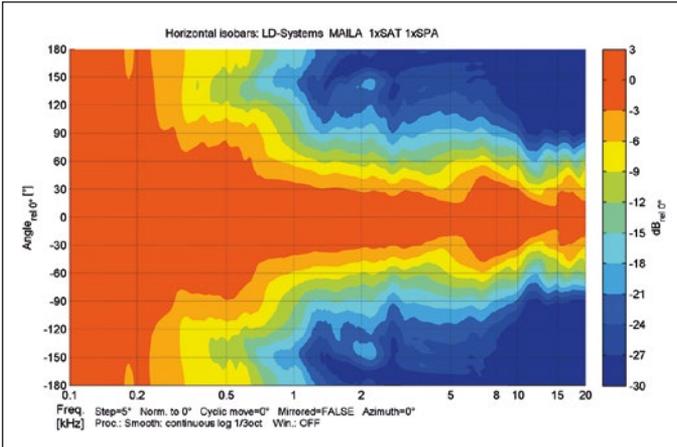


Phasengang für die Kombination eines 4er-Arrays SAT mit einem Subwoofer. Der SAT arbeitet intern mit FIR-Filtern und erreicht so einen linearen Phasenverlauf ab 300 Hz aufwärts (Abb. 11)

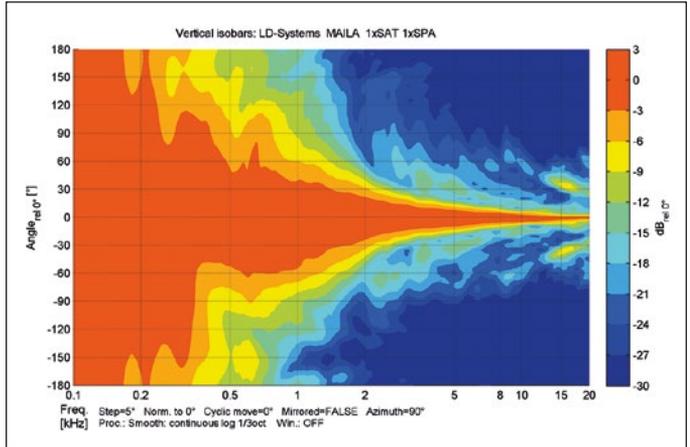
dann mit bis zu sechs SATs bestückt werden. Zwischen dem Subwoofer und dem Array besteht keine elektrische Verbindung, so dass hier Strom und Signal mit Link-Kabeln vom SUB kommend durchverbunden werden müssen. Der Subwoofer verfügt dazu über die entsprechenden Link Buchsen für Strom über PowerCON TRue1 und XLR für das Audiosignal. Möglichkeiten der digitalen Zuspiegelung über AES3 oder Dante gibt es leider nicht oder noch nicht. Mit einem Dante-Netzwerk könnte man auch direkt noch die Verbindung der Lautsprecher zur App auf solide Füße stellen.

Der Subwoofer bietet zur Anpassung an die Tops Setups mit Trennfrequenzen von 60 bis 120 Hz an (Abb. 9). Die Standardeinstellung für die Kombination mit SAT und COL ist 105 Hz, für die es auch noch ein Cardioid-Setup für den nach hinten strahlenden SUB gibt.

Wie sich der SUB zusammen mit den Topteilen darstellt, zeigt Abb. 10 exemplarisch für die Kombination des SUBs mit vier SAT-Modulen. Mit der Einstellung der Trennfrequenz auf 105 Hz spielen beide System in Amplitude und Phase gut zusammen und addieren sich zu einem insgesamt geradlinigen Verlauf. In dieser Kombination liegt die untere Eckfrequenz (-6 dB) jetzt bei 33 Hz, was jedem DJ zur Freude gereichen dürfte. Der zugehörige Phasengang aus Abb. 11 zeigt für die Tops einen linearen Phasenverlauf ab 300 Hz aufwärts. Unterhalb von 300 Hz dreht sich die Phase dreimal um 360° bedingt durch die X-Over-Funktion und durch den elektrischen sowie akustischen Hochpass jeweils 4. Ordnung.



Horizontale Isobaren der SAT mit einem mittleren Öffnungswinkel von ca. 100° (Abb. 12)

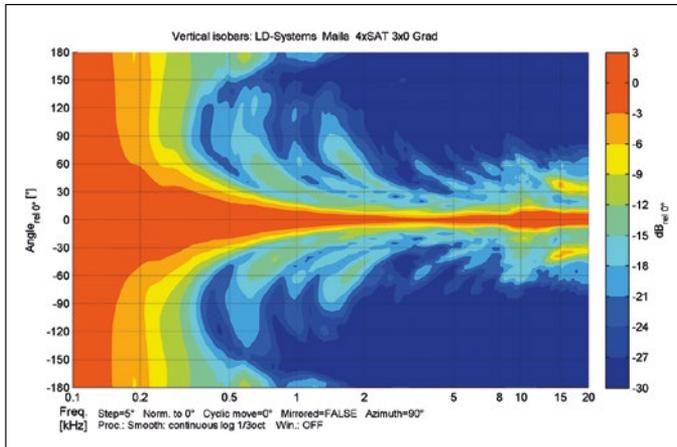


Vertikale Isobaren eines einzelnen SAT-Moduls. Die Asymmetrie bei tieferen Frequenzen entsteht durch das bei der Messung unten angeflanschte SPA Verstärkermodul (Abb. 13)

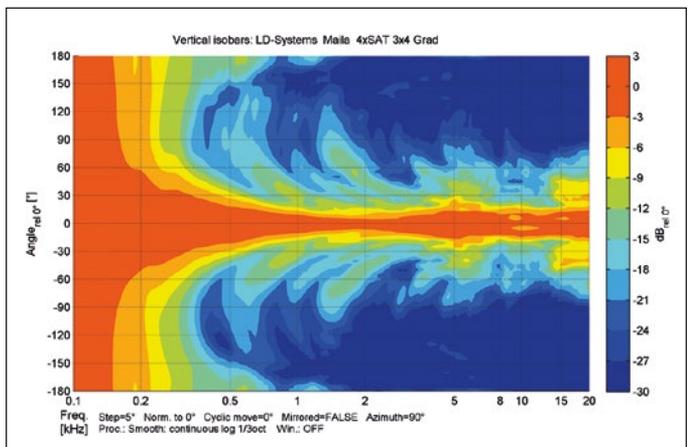
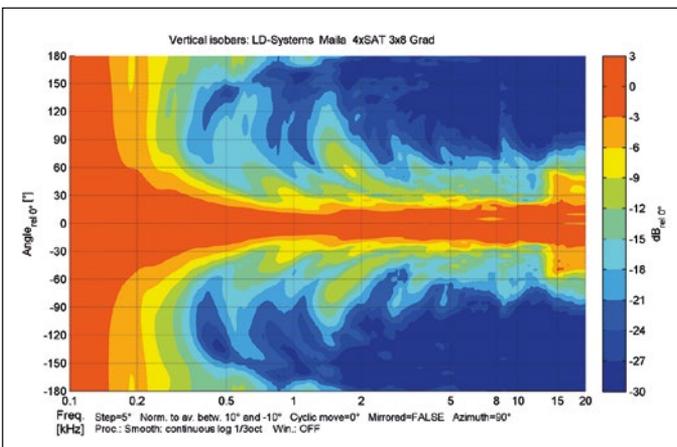
Directivity

Wie bei jedem Line-Array definiert sich das Richtverhalten des Systems in der Horizontalen aus einem einzelnen Mo-

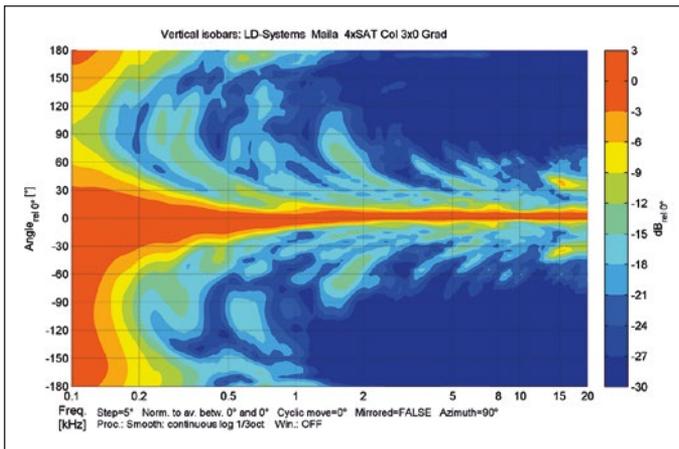
dul und in der Vertikalen aus der Zusammenstellung und Winkelung des Arrays. Für das MAILA-System wurden daher zunächst für eine einzelne SAT die horizontalen und vertikalen Isobaren gemessen.



Die horizontalen Isobaren aus Abb. 12 zeigen ab 1 kHz aufwärts einen mittleren Öffnungswinkel von ca. 100°, was auch der Angabe aus dem Datenblatt entspricht. Die Gleichmäßigkeit betreffend erreicht der MAILA SAT prinzipbedingt nicht ganz den geraden Verlauf großer Line-Arrays, da in dem kleinen Gehäuse schlichtweg der Platz fehlt. Gegenüber anderen ähnlichen Konstruktionen erkennt man aber deutlich den Vorteil der Waveguides an den Hochtönen, da es an der Übergangsstelle bei 1,5 kHz keine Sprungstelle gibt. In der Vertikalen verhält sich der SAT erwartungsgemäß wie eine kurze Linienquelle. Zwei Dinge fallen auf. Zum einen gelingt die Zusammenstellung der Linienquelle aus



Vertikale Isobaren eines Arrays mit vier SAT-Modulen und Box to Box Winkel von 0°, 4° und 8° (v.o.n.u.) (Abb. 14)



Vertikale Isobaren eines Arrays mit vier SAT-Modulen bei 0° Winkelung mit einer COL-Extension. Das kontrollierte Richtverhalten kann so bis 200 Hz hinab ausgedehnt werden (Abb. 15)

fünf Einzelquellen sehr gut. Seitliche Nebenmaxima durch die diskreten Quellen treten nur ganz schwach und dann auch erst ab 15 kHz aufwärts auf. Und die leichte Asymmetrie der Isobaren verwundert zunächst, da der Aufbau der SAT symmetrisch ist. Die Erklärung liegt im SPA-Elektronikmodul, das für die Messung unterhalb der SAT angeflanscht war und dadurch das Abstrahlverhalten bei tieferen Frequenzen beeinflusste.

Für die Array-Messungen wurde anschließend ein Array aus vier SAT-Modulen plus SPA-Elektronik-Modul zusammengesetzt und für verschiedene Winkelungen zwischen den Boxen gemessen. Einstellbar sind stufenlos Winkel von 0° bis 8°. Exemplarisch wurde das Array mit Winkeln von Box zu Box von 0°, 4° und 8° gemessen. Abb. 14 zeigt dazu die Isobarengrafik. Die vier Einheiten harmonisieren gut mit-

einander und decken den eingestellten Öffnungswinkel exakt so ab wie gewünscht. Die Nebenmaxima der diskreten Hochtöner sind auch hier erst ab 15 kHz aufwärts zu erkennen und damit vernachlässigbar. Abschließend wurde noch eine Messung der vier SAT-Module mit 0° Box to Box Winkeln zusammen mit einer COL-Extension durchgeführt (Abb. 15). Durch die Verlängerung der Linie wird das konzentrierte Abstrahlverhalten deutlich weiter zu den tiefen Frequenzen hin ausgedehnt, was sich speziell in akustisch schwierigen Räumen als günstig erweisen sollte.

Burst-Messung

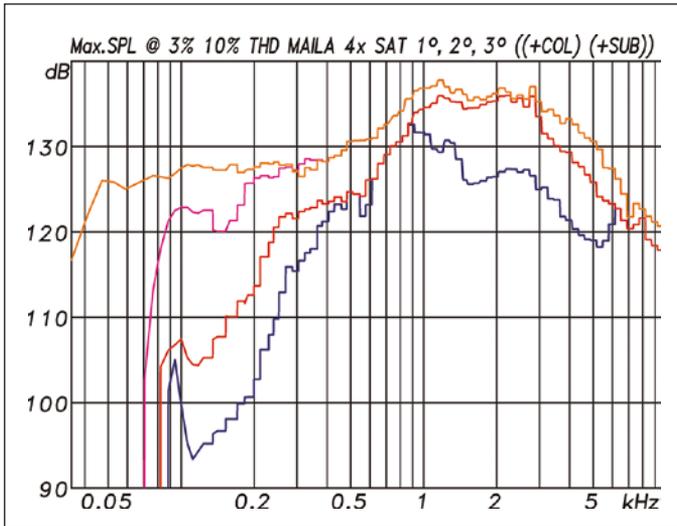
Für die Maximalpegelmessungen wurde zuerst das bekannte Verfahren mit Sinusburst Signalen genutzt, bei dem für Frequenzen unterhalb von 300 Hz mit 683 ms langen Burst-Signalen gemessen wird und oberhalb von 300 Hz mit 171 ms langen Bursts. Bei tiefen Frequenzen bedarf es einer größeren Länge, um eine hinreichende Frequenzauflösung bei der Auswertung mit einer FFT zu erreichen. Ausgewertet werden bei dieser Messung die harmonischen Verzerrungen, für die Grenzwerte von maximal 3% und maximal 10% festgelegt wurden. Der bei diesen Verzerrungsgrenzwerten erreichte Schalldruckpegel bezogen auf 1 m Entfernung im Freifeld für den Vollraum ergibt dann den finalen Messwert.

Abb. 16 zeigt die mit dieser Messmethode erfassten Kurve für ein Array bestehend aus vier SAT-Modulen bei maximal 3% und maximal 10% Verzerrungen sowie in einer Kombination mit der COL-Extension und mit COL und dem Subwoofer. Von den beide zuletzt genannten Messungen sind nur die 10% Kurven abgebildet.

Die Messwerte aus Abb. 16 zeigen deutlich, welches Potential in den kleinen SATs steckt, die im Mitteltonbereich weit über die 130 dB Marke bis zu 138 dB erreichen. Unterhalb von 300 Hz wird es dann jedoch merklich schwächer, wo dann die Erweiterung mit der COL hilft und den erreichbaren Maximalpegel bei 100 Hz bis auf 122 dB anhebt. Der recht deutliche Unterschied zu den Werten der vier SAT allein, die ja auch vier 6,5“-Tieftöner enthalten, entsteht u. a. auch dadurch, dass hier andere höher belastbare Treiber eingebaut sind, die für die Tieftonwiedergabe optimiert sind. Die Tieftöner in den SATs sind dagegen mehr auf hohe Sensitivity in den Mitten getrimmt. Für die vierte und letzte Kurve wurde dann auch noch der Subwoofer dazu genommen, womit das MAILA-System dann mit

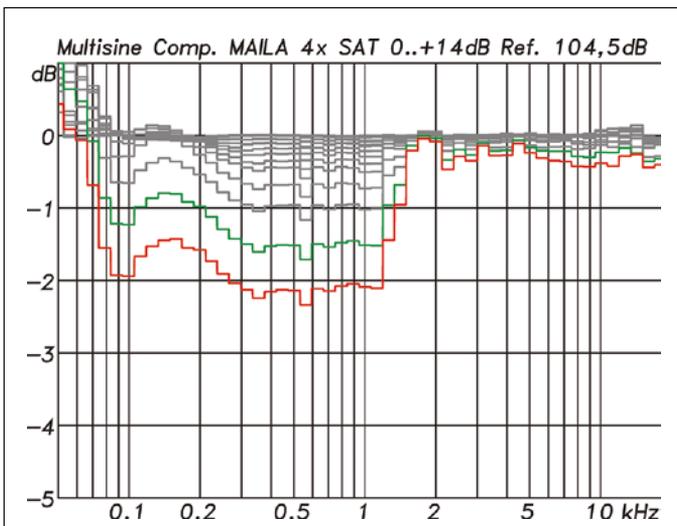


Bedienung an der integrierten Elektronik Die Darstellung auf dem Display kann je nach Aufstellung stehend oder hängend gedreht werden



Maximalpegelmessung mit Sinusburst-Signalen für höchstens 3% (blau) 10% Verzerrungen (THD). Die 3%-Messung erfolgte nur für das Array mit vier SAT-Modulen. Die 10%-Kurven wurden für das Array mit vier SAT-Modulen (rot) mit zusätzlichem COL (lila) und zusätzlichem SUB (orange) gemessen (Abb. 16)

126 dB schon bei 50 Hz und 128 dB bei 100 Hz zu einer amtlichen PA wird. Werden noch mehr Reserven im Bass gewünscht dann lässt sich das System mit weiteren Subwoofern noch ausbauen. Besonders empfehlenswert dürfte dann die Kombination mit drei Subwoofern in Cardioid-An-



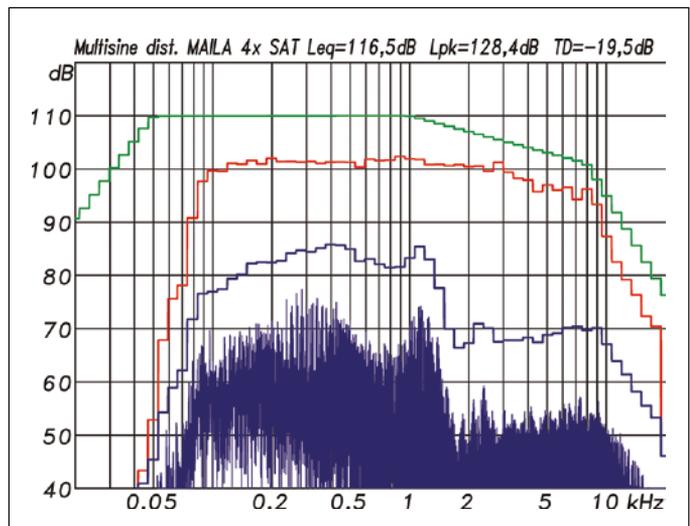
Signalkompression für ein 4er-Array SAT, gemessen mit einem Multitonsignal bei einem Startpegel von 104,5 dB (1 m Freifeld). Erlaubt man eine Abweichung vom linearen Verhalten von maximal 2 dB (grüne Kurve), dann wird ein Pegel von 116,5 dB als L_{eq} und von 128,4 dB als L_{pk} erreicht. Die dabei gemessenen Gesamtverzerrungen betragen -19,5 dB. (Abb. 17)

ordnung sein, die durch das Richtverhalten dann auch bei tiefen Frequenzen eine präzisere Basswiedergabe möglich macht.

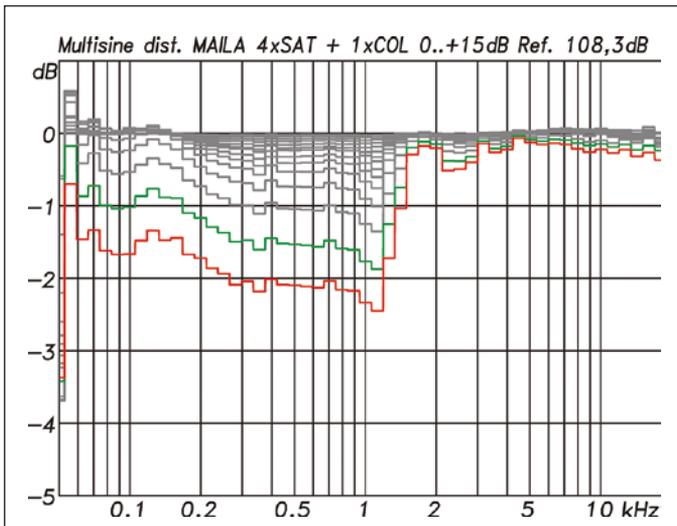
Multiton-Messung

Abb. 17 und Abb. 19 zeigen die zweite Messung zum Thema Maximalpegel mit einem Multisinussignal, das eine spektrale Verteilung nach EIA-426B für ein mittleres Musiksignal (grüne Kurve) 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. Auf 1 m im Freifeld bezogen erreicht das 4er Array mit SAT-Modulen Pegel von 116,5 dB als Mittelungspegel L_{eq} und von 128,4 dB als Spitzenpegel L_{pk} . Zusammen mit der COL-Extension werden Pegel von 121,2 dB als Mittelungspegel L_{eq} und von 133,2 dB als Spitzenpegel L_{pk} erreicht.

Als Abbruchkriterium kann neben einem Grenzwert für den TD-Wert bei dieser Messung auch die Powercompression ausgewertet werden. Man startet dazu die Messreihe zunächst mit einem geringen Pegel im linearen Arbeitsbereich des Lautsprechers, bei dem noch keine Powercompression



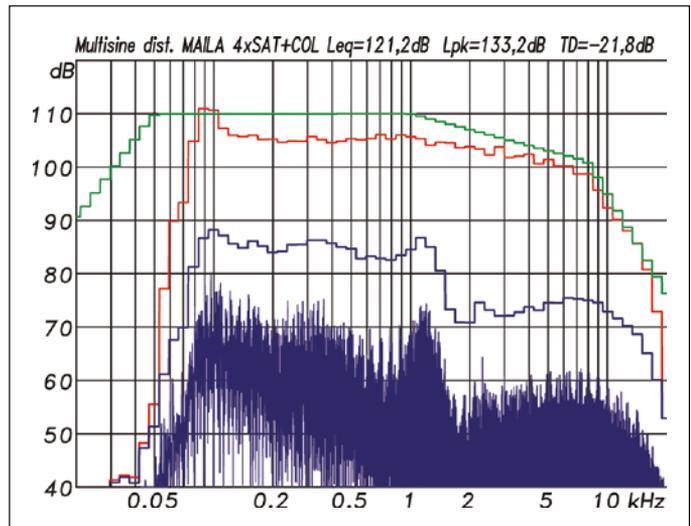
Multitonmessung für das 4er-Array Es wird ein Pegel von 116,5 dB als L_{eq} und von 128,4 dB als L_{pk} erreicht. Die dabei gemessenen Gesamtverzerrungen betragen -19,5 dB. Beide Abbruchkriterien (max. 2 dB Kompression oder max. 10% Verzerrungen) wurden hier erreicht. Ausgewertet wurde die Messung zur grünen Kurve aus Abb. 17 (Abb. 18)



Signalkompression für ein 4er Array SAT und COL-Extension, gemessen mit einem Multitonsignal bei einem Startpegel von 108,3 dB (1 m Freifeld). Erlaubt man eine Abweichung vom linearen Verhalten von maximal 2 dB (grüne Kurve), dann wird ein Pegel von 121,2 dB als L_{eq} und von 133,2 dB als L_{pk} erreicht. Die dabei gemessenen Gesamtverzerrungen betragen -21,8 dB (Abb. 19)

auftritt. Von diesem Wert ausgehend wird dann der Pegel zunächst in 2 dB und 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 Powercompression wurde definiert, dass die Pegelverluste breitbandig nicht mehr als 2 dB betragen dürfen und in einzelnen Frequenzbändern nicht mehr als 3 dB.

Für die beiden hier gezeigten Messreihen (Abb. 17 und Abb. 19) traten beide Abbruchkriterien bei ungefähr gleichen Pegelwerte auf. D.h., dort wo die Powercompression einen Wert von 2 dB erreichte, da wurde auch das Verzerrungslimit von -20 dB erreicht. Eine Messreihe mit Subwoofer



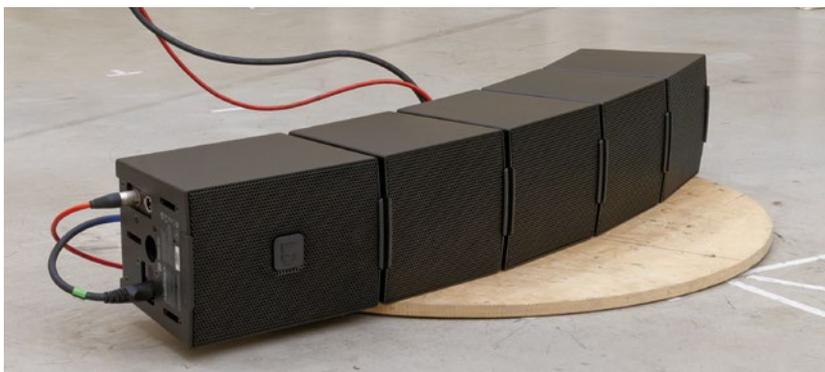
Multitonenmessung für das 4er-Array mit COL-Extension Es wird ein Pegel von 121,2 dB als L_{eq} und von 133,2 dB als L_{pk} erreicht. Die dabei gemessenen Gesamtverzerrungen betragen 21,8 dB. Ausgewertet wurde die Messung zur grünen Kurve aus Abb. 19 (Abb. 20)

fer wurde nicht durchgeführt, da die Ergebnisse weitgehend denen aus Abb. 20 mit 4 x SAT + 1 x COL entsprechen. Mit Subwoofer ist die Kurve zwar um 1½ Oktaven weiter nach unten ausgedehnt, die Limitierung entsteht aber weiterhin im Arbeitsbereich der Tops.

Hörtest in Varianten

Der Hörtest fand im reflexionsarmen Raum statt, der aufgrund seiner Größe gut für das MAILA-System geeignet ist und unter akustisch neutralen und konstanten Bedingungen eine vergleichbare Bewertung ermöglicht. Aufgebaut und gehört wurde eine Stereo-Set mit je vier SAT-Modulen, die optional durch je eine COL oder durch je eine COL und den SUB ergänzt wurden.

Der sich einstellende Höreindruck spiegelt die Messergebnisse wider. Nur das SAT-Array eignet sich gut für Sprache und Musik mit wenig Bassanteilen oder auch als Fill-System. Kommt die COL dazu, dann macht das MAILA einen großen Sprung Richtung Fullrange-System und mit Subwoofer wird dann vollends eine große PA daraus. Soweit nichts ungewöhnliches. Was jedoch unabhängig von der Konfiguration auffällt, ist die über alles sehr angenehme Wiedergabe, die auch bei hohen bis sehr hohen Pegel erhalten bleibt.



Ein Array mit vier SATs und Verstärkermodul SPA auf dem Drehteller

Diese Eigenschaft dürfte primär ein Verdienst der Kalotten und der guten Mittel-Tieftoneinheit in den SAT-Modulen sein. Hinzu kommt die präzise Entzerrung inklusive des Phasengangs durch die FIR-Filterung. Sehr gut und differenziert gelingt dem MAILA auch die Abbildung einzelner Quellen, wo Stimmen klar in der Mitte auf einem begrenzten Raum stehen und nicht über die volle Breite kommen. Wie immer bei Hörtests wurden mit Absicht auch einige weniger gute oder hoch komprimierte Aufnahmen angehört, die bei hohen Lautstärken schnell unangenehm werden, wenn die Anlage noch weitere Verzerrungen hinzufügt, was hier jedoch überhaupt nicht der Fall war. Zusammenfassend kann das MAILA-System so als gut skalierbare universal PA mit den klanglichen Eigenschaften einer HiFi-Anlage beschrieben werden, mit der man keine Angst haben muss, auch anspruchsvolle Konzerte oder Clubs auszustatten.



Vier SATs auf einem COL als nächste Ausbaustufe



MAILA-Array auf dem Subwoofer
Der hinten zu erkennende Spannungsgurt diente nur zur Sicherung während der Messung im geeigneten Aufbau

was gleichermaßen für mobile wie auch für fest installierte Anlagen gilt. Vor allem im mobilen Einsatz in wechselnden Locations wird die Arbeit dank Auto-Splay- und Auto-EQ-Funktionen erleichtert. Gleiches gilt auf der mechanischen Seite für den Flugadapter EASY-Mount und die EASY-Splay-Winkeleinstellung an den SAT-Gehäusen. Insgesamt haben

Fazit

Die Entwicklung des MAILA-Systems startete mit einem hoch gesteckten Ziel, das aktuell auch die Überschrift der MAILA-Seite auf der LD-Systems Homepage zielt. „Some jobs require a big line array. For everything else, there is MAILA.“ Mit dem in sehr weiten Bereichen skalierbaren System aus SAT-Modulen, der COL-Extension und dem Subwoofer hat man in der Tat genau das auch erreicht. Von der Beschallung einer kleinen Talk-Runde auf der Bühne bis zum Konzert vor 1.000 Gästen findet sich immer ein passendes MAILA-Setup. Hinzu kommt das unauffällig elegante Erscheinungsbild ohne viel Verkabelung und Flugmechanik, womit sich das MAILA auch gut in ein optisch anspruchsvolles Umfeld integrieren lässt,



wir es so mit einem rundum gelungenen System zu tun, mit dem man als Beschalller zuverlässig, schnell, sicher und klanglich wie auch optisch gefällig zu seinem Ziel kommt. ■

Easymount für die fliegende Montage der MAILA-Arrays, der Adapter kann sowohl am SPA-Verstärkermodul wie auch an der COL-Extension angebracht werden