

PRODUCTION PARTNER

Fachmagazin für Veranstaltungstechnik

Vier- und achtkanalige Endstufen von Powersoft

Powersoft X-Serie

Die neue Baureihe von Powersofts X-Serie vereint hohe Leistungen mit einem sehr umfangreichen Signal-Management

Artikel
aus Ausgabe 9/2015



Text und Messungen: Anselm Goertz
Fotos: Dieter Stork, Anselm Goertz (4)



Das Nachrichtenportal rund um die Medienwelt- und Technik

powered by
PRODUCTION PARTNER
Fachmagazin für Veranstaltungstechnik

» ... Mit den beiden Modellen der neuen X-Serie stellt der italienische Hersteller Powersoft eine vier- und eine achtkanalige Endstufe mit integriertem DSP-System, Fernsteuerung und Fernabfrage sowie optionalem Dante Audionetzwerk-Interface vor, die die Bezeichnung Lautsprecher-Managementsysteme absolut verdienen ...«



Frontansicht der X8 und X4 Schalter zeigen den Zustand der Kanäle und aktivieren deren Mute-Funktion

Mit der X-Serie stellte Powersoft seine neue Baureihe vor, die beiden ersten Modelle sind die vierkanalige X4 und die achtkanalige X8. Ausgestattet sind die Amps mit TMS320DM816x DaVinci Digital Media Processor / dual-core ARM Cortex A8 / 1.2 GHz DSP. Hinzu kommt ein gegen Aufpreis erhältliches

Dante-Interface. Komplett neu entwickelt sind die Drei-Phasen-Netzteile, die flexible Anschlussmöglichkeiten an diversen Stromnetzen bieten und dabei gleichzeitig netzfreundlich in ihrer Stromaufnahme sind. Die eigentlichen Endstufenmodule in der X4 und X8 sind identisch, lediglich die Netzteile sind

entsprechend der Anzahl der Endstufen mehr oder weniger kräftig ausgelegt. In der X4 sind zwei Endstufenmodule mit je zwei Kanälen flach nebeneinander liegend angeordnet, so dass das Powersoft-typische 1-HE-Gehäuse bei hoher Packungsdichte noch knapp realisierbar war. Für die X8 führte dann



Viele Ein-/Ausgänge sorgen für dichtes Gedränge auf der Rückwand, die Zuordnung ist gut erkennbar

kein Weg mehr an den 2 HE vorbei. Hier stehen vier der zweikanaligen Endstufenmodule senkrecht angeordnet im Gehäuse. In beiden Fällen ermöglicht der modulare Aufbau einen schnellen Service durch den Tausch der Module, die mit wenigen Handgriffen ausgebaut werden können.

Besonderheiten der X-Serie

Bei der X-Serie handelt es sich, so wie man es auch schon von anderen Herstellern kennt, nicht mehr um einfache zweikanalige Leistungsverstärker, sondern um komplette Lautsprecher-Management-Systeme, die alle signalverarbeitenden Funktionen enthalten. Zu Recht kann man von der „next generation of power amplification“ sprechen. Entsprechend finden sich in den Amps auch schon komplette Bibliotheken diverser bekannter Hersteller mit den Setups für deren Lautsprechersysteme. Eine X8 kann so z. B. eine kleine PA und die Monitore bei kleineren Aufbauten vollständig versorgen. Große 4-Wege Line-Arrays können ebenso von einer einzelnen X8 oder X4 gespeist werden. Bei Bedarf können auch je zwei Kanäle gebrückt werden, wenn z. B. für die Subwoofer mehr Leistung benötigt wird. Ein Kanal einer X-Endstufe liefert bei 12 dB Crestfaktor ca. 3,2 kW an 4 Ω oder 4,3 kW an 2 Ω. Vergleicht man das mit Powersofts K-Serie, dann entspricht das ungefähr einer K8.

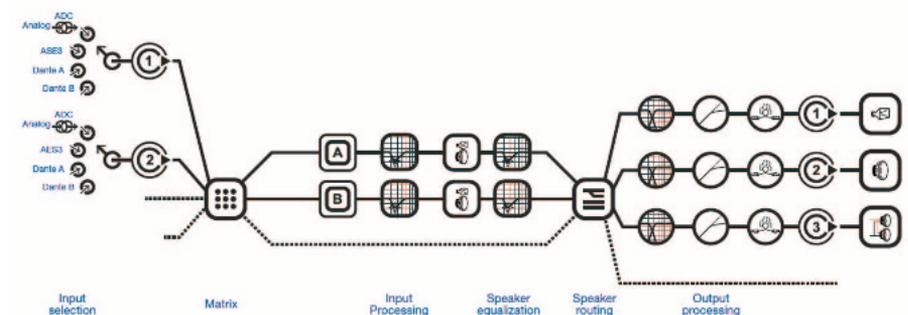
Rein äußerlich geben sich die X4 und X8 sehr unscheinbar. Die mattschwarze Front ist als großer Lufteinlass mit geschwungenen Formen gestylt. Die Abdeckung ist mit zwei großen Inbuschrauben zu lösen, so dass die dahinter liegende Luftfiltermatte schnell gesäubert werden kann. Als Bedienelemente gibt es lediglich den Netzschalter und vier bzw. acht weitere hinterleuchtete große Taster. Eine Bezeich-



Netzwerkbuchsen für den primären und sekundären Anschluss des Dante-Netzwerks. Oben die X4 und unten die X8

nung oder Beschriftung gibt es nicht, da sich die Funktion weitgehend selber erklärt: Der große Knopf ist der Netzschalter, die restlichen vier oder acht sind die Mute-Schalter für die Kanäle. Drückt man den Netzschalter nur kurz, dann betätigt dieser die Mute-Funktion für alle Kanäle. Die farbliche Information der Schalter zeigt über die Mitten-

und Ringbeleuchtung Mute, Signal present, Clip, Limiter und Fault an. Sieht man genauer hin, dann finden sich links und rechts außen auf der Front noch zwei kleine Taster. Einer aktiviert das integrierte WLAN-Modul und einer sendet ein Erkennungssignal an die Armonia-Software, mit dem sich die Endstufe in komplexeren Installationen



Blockschaltbild der Endstufe mit Controller. Hier exemplarisch für zwei Eingänge und drei Ausgänge dargestellt (Abb. 1)

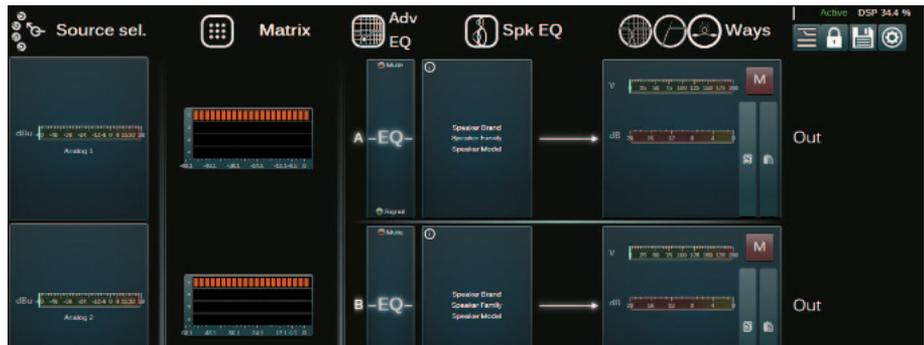
schnell wiederfinden lässt. Umgekehrt lässt sich auch eine Erkennung aus der Armonia-Software für die Endstufe aufrufen, wo dann sämtliche Kanaltaster blinken.

Etwas mehr spielt sich auf den Rückseiten der beiden Amps ab. Hier drängen sich analoge und digitale Eingänge, Netzwerkanalysen und Speakonbuchsen. Entsprechend der Kanalzahl gibt es analoge symmetrische Eingänge, AES/EBU-Eingänge und NL4-Speakonbuchsen, die mit je zwei Ausgängen belegt sind. Für den Netzwerkanschluss sowie für das primäre und sekundäre Dante-Audionetzwerk gibt es dann noch zwei RJ45-Netzwerkbuchsen.

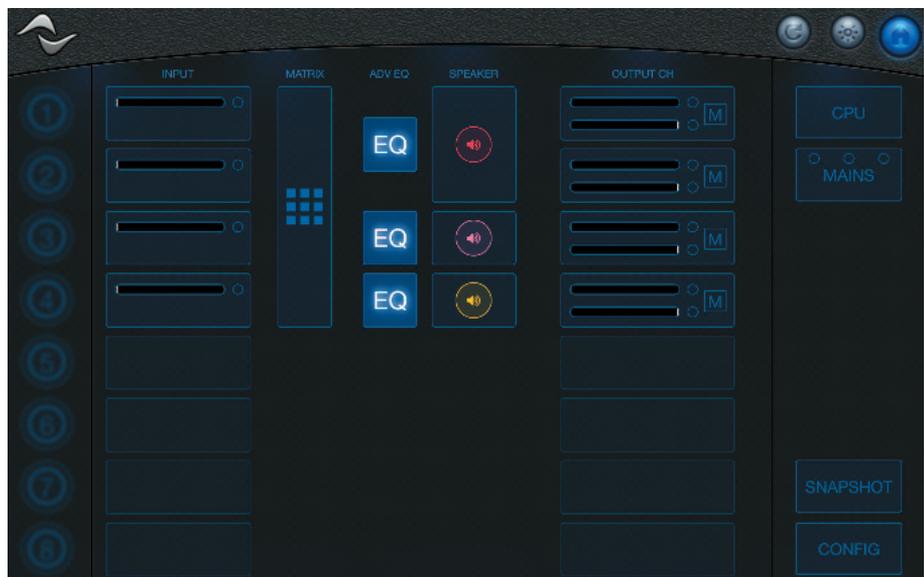
Je zwei Lüfter in der Rückwand saugen die vorne ins Gehäuse einströmende Luft wieder aus dem Gehäuse. Die größeren Lüfter in der X8 gehen dabei noch mit erträglichem Lärmpegel zu Werke, bei der X4 steigt der Lärmpegel bei hoher Last jedoch sehr kräftig an. Eine einfache Messung im Labor ergab einen Wert von 75 dBA in 1 m Entfernung. Auch im Ruhezustand waren noch 46 dBA zu messen. Solange sich die Endstufen in separaten Technikräumen oder weit hinter der Bühne befinden, ist das je nach Lärmpegel der Veranstaltung unkritisch. Für sensible Einsätze nahe am Publikum sind solche Werte jedoch zu hoch.

Controller mit Dante-Netzwerk

Für 1.000 € Aufpreis gibt es die X-Serie Amps auch mit integriertem Dante-Interface. Eingebaut ist hier das größere der beiden Audinate-Module, genannt Brooklyn mit einer primären und einer sekundären Netzwerk-Schnittstelle. Mit dem Brooklyn-Modul können redundante Netzwerke aufgebaut und bis zu



Konfiguration in der Armonia-Software (Abb. 2)



WiFi onboard Eine X4 Endstufe in der Browser-Ansicht (Abb. 3)

64 Ein- und Auspielwege bei 48 kHz parallel übertragen werden. Für den redundanten Betrieb sind zwei unabhängige sternförmige Netzwerke aufzubauen, wobei der Steuerrechner für die Armonia-Software und die Konfiguration des Dante-Netzwerkes am primären Netz angeschlossen werden. Insgesamt stehen somit drei Möglichkeiten der Signalzuspielung zur Auswahl: Analog, digital über AES/EBU (AES3) oder digital über das Dante-Netzwerk.

Der interne Controller bietet dazu die Möglichkeit vier Zuspielwege pro Eingang in einer Prioritätenliste anzulegen. Fällt der erste aus, wird auf den zweiten umgeschaltet usw. Zur Auswahl stehen neben dem analogen und dem AES3 Eingang zwei Kanäle aus dem Dante-Netz. Im Dante Controller erscheinen die Endstufen mit 16 Empfängerkanälen, die in der Abfolge Input 1 mit Kanal 1 und 9, Input 2 mit Kanal 2 und 10 usw. zugeordnet sind. Das

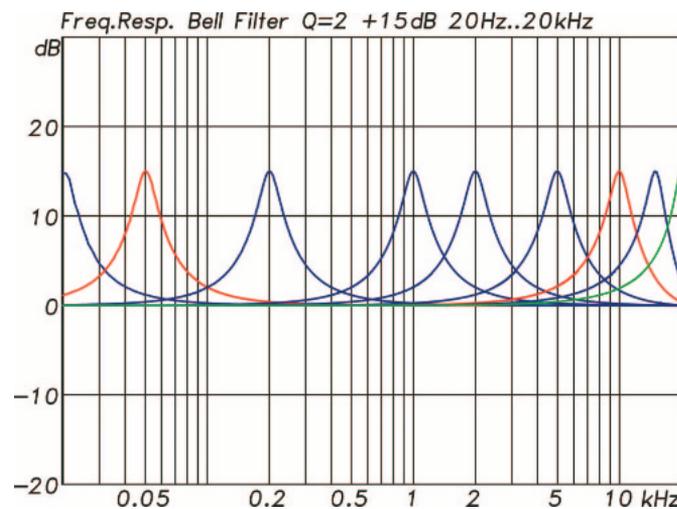
Ganze ist völlig unabhängig vom primären und sekundären Dante-Netzwerk, das als solches für den Anwender der Endstufen gar nicht in Erscheinung tritt. In der Prioritäten-Liste können auch Pegel und Delays angepasst werden, so dass eine mögliche Umschaltung (fall back) ohne Pegelsprung geschehen kann. Wann und wie ein fall back ausgelöst wird, war leider nicht zu klären. Bei dieser Gelegenheit ist auch ein nicht zu leugnender Schwachpunkt der Armonia Pro Audio Suite anzusprechen, der die Dokumentation und das Manual betrifft. Beides ist eher spärlich oder veraltet. Da sich die Software auch nicht in allen Punkten selber erklärt, führt das zu der einen oder anderen offenen Frage und hinterlässt ratlose Anwender, was in Anbetracht des Potenzials, das in den Geräten steckt, nicht sein müsste.

Einen guten Überblick über das Signalrouting und die Funktionen im Controller gibt das Blockschaltbild in Abbildung 1. Von links nach rechts gibt es hier die Wahl des Hardware Inputs für die vier oder acht Eingänge, die anschließend alle in einer 4x4 bzw. 8x8 Matrix zusammenkommen. Danach folgt das Input Processing mit den Advanced EQs und den Speaker EQs. Der Advanced EQ ist mit speziellen Raised Cosine Filtern ausgerüstet. Näheres hierzu an späterer Stelle. Der Speaker EQ ist hier vielleicht ein wenig irreführend bezeichnet und ist eher als Cluster oder Array-EQ zu verstehen. Das eigentliche Speaker Processing mit X-Over, Limitern und EQs für die einzelnen Wege folgt dann im Block Output Processing. Das vorgelagerte Speaker Routing erlaubt es für aktive Mehrwegesysteme mehrere Ausgänge aus einem Eingangskanal versorgen zu lassen.

Armonia Software und APP

Konfiguriert wird das Processing in den X-Serie-Endstufen, ebenso wie für alle anderen Powersoft-Endstufen, über die Armonia Pro Audio Suite, aktuell in der Version 2.5.2. Der Zugang geschieht über das Netzwerk. Falls ein Dante-Modul eingebaut ist, wird der Zugang über den primären Port durchgeführt. Bei Geräten ohne Dante-Netzwerk können die zwei Netzwerkanschlüsse auch im Daisy-Chain-Modus von einem zum nächsten Gerät durchverkabelt werden. Theoretisch wäre das unter Verzicht auf die Redundanz auch für das Dante-Netzwerk möglich. Die meisten Hersteller geben diese Option jedoch aus gutem Grund nicht frei.

Hat man die Armonia-Software gestartet, dann durchsucht diese mit ihrer Discover-Funktion automatisch das angeschlossene Netzwerk und zeigt alle gefundenen Geräte, die anschließend im Workspace bearbeitet, gruppiert und überwacht wer-



Klassische Bell-Filter als Bi-Quads ausgeführt mit Kompensation für den Übergang von der analogen in die digitale Ebene (Abb. 4)

den können. Abb. 2 zeigt dazu ein Übersichtsbild für den ersten Kanal eines X-Serie Amps in der Armonia Software. Leider ist das Erscheinungsbild der verschiedenen Powersoft-Baureihen in der Software nicht ganz einheitlich, was sich aber vermutlich aufgrund der Entwicklung über die Jahre auch nicht ganz vermeiden ließ.

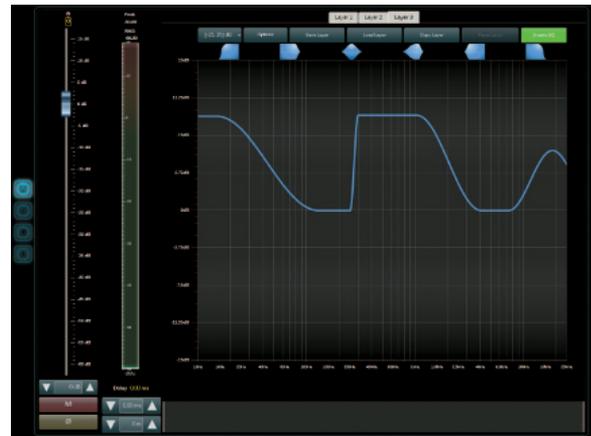
Wer die Armonia Software im Detail erkunden möchte, dem sei der kostenlose Download empfohlen. Alle Funktionen sind auch offline verfügbar. Details zu einigen Punkten finden sich noch in den folgenden Kapiteln. Eine komplette Beschreibung des Funktionsumfangs ist an dieser Stelle natürlich nicht möglich.

Da an der Endstufe selber außer Mute keine Bedienung möglich ist, bedürfte es immer eines PCs für die Bedienung. Mal schnell ein Setup wechseln, ein Filter setzen oder die Limiter anpassen wäre ohne PC nicht möglich, wenn es nur den Weg über die Armonia Software gäbe. Um sich aus dieser Abhängigkeit zu lösen, hat man bei Powersoft den X-Serie-Endstufen ein eigenes WiFi-Netzwerkmodul mitgegeben, auf das man mit mobilen Geräten aller Art per Web Browser direkt zugreifen kann. Empfohlen werden der Safari Browser für iOS basierte Geräte und Googles Chrome für alle Android oder Windows basierten Geräte. Ein kurzer Test mit einem Sony XPeria Smartphone führte ebenso wie mit einem iPad umgehend zum gewünschten Ergebnis.

Raised Cosine Filter

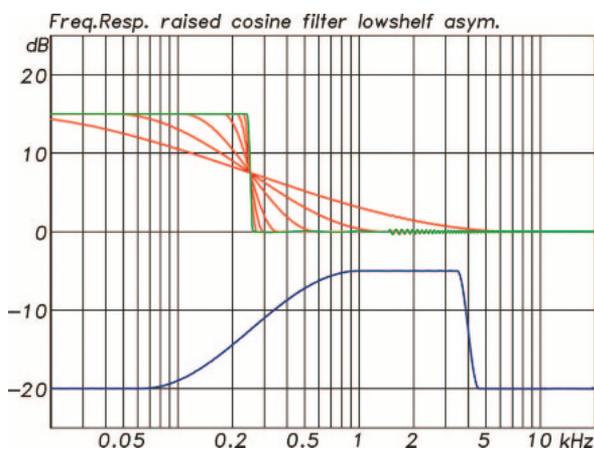
Die Filter im Advanced EQ des DSPs sind als sogenannte Raised Cosine-Filter implementiert. Für den Anwender unsichtbar gibt es im Hintergrund eine große Filterbank, die das gesamte Spektrum in einzelne schmale Bänder zerlegt, wo dann jedes Band im Pegel eingestellt werden kann. Stehen alle Filter auf 0 dB, passiert nichts. Ein quasi beliebiges Filter kann jetzt erzeugt oder genauer gesagt synthetisiert werden, indem die gewünschte Filterkurve über die Pegel der einzelnen Bänder nachgebildet wird. Wie exakt das funktioniert, hängt in erster Linie von der Anzahl der Frequenzbänder und somit von der Auflösung im Frequenzbereich ab. Im Powersoft DSP beträgt der Abstand der einzelnen Filter 1/10 Oktave. Die erforderliche Rechenleistung für die Filterbank ist immer konstant gleich hoch, da alle Filterbänder immer vorhanden sind. Für das eigentliche Filterdesign eröffnet dieses Verfahren viele ansonsten unmögliche Varianten, wie z. B. die asymmetrischen Filter oder Shelving-Filter mit fast beliebig einzustellender Flanke.

Diese spezielle Raised Cosine Filter Bank steht in den X-Serie Amps für jeden Kanal zur Verfügung. In der Software gibt es dazu drei Layer, die alle den kompletten Funktionsumfang enthalten und je nach Anwendung aufgeteilt wer-

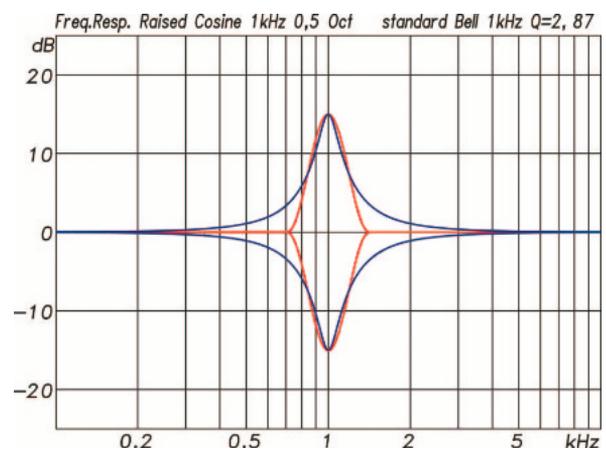


Advanced Filter Einheit mit drei Layern in der Armonia Software (Abb. 5)

den können. Ist ein Layer schon im Hersteller-Setup genutzt und gesperrt, dann kann z. B. noch je eines für den System-Techniker und für den Band-Techniker freigegeben werden. Intern werden alle Layer dann zu einem Filter zusammengefasst und bearbeitet.



Raised Cosine Filter oben ein LowShelf Filter mit flexibler Flanke und unten ein asymmetrisches Filter mit zwei frei einstellbaren Flanken, Welligkeiten gibt es auch bei sehr steilen Flanken bei diesem Filtertyp nicht (Abb. 6)



Bell-Filter Vergleich als herkömmliches BiQuad IIR Filter (blau) und als Raised Cosine Filter (rot, Abb. 7)

Abbildung 6 zeigt an den Beispielen eines Lowshelf-Filters und eines Filters mit asymmetrischen Flanken, welche Möglichkeiten hier bestehen. Der Einstellbereich aller Filter umfasst im Frequenzbereich 20 Hz bis 20 kHz, im Gain ± 15 dB und für die Flanken einen Bereich von 0,1 bis 10 Oktaven. Neben diesen beiden Filtertypen gibt es auch noch Filter mit einer einfachen Bell-Kurve, die ebenfalls in diesem Wertebereich eingestellt werden können. Die Anzahl der Filter ist dabei keiner Limitierung unterworfen.

Beeindruckend fallen bei den Advanced EQs vor allem die Shelf-Filter aus, die nicht wie sonst üblich mit Steilheit und Güte eingestellt werden, sondern ganz einfach über die Breite ihrer Flanke, die dann auch absolut exakt und ohne jegliches Überschwingen eingehalten wird. Die maximale Steilheit erreicht man bei der Einstellung 1/10 Oct. entsprechend der Auflösung der Filterbank.

Abweichend vom sonst üblichen Wert der Güte oder Bandbreite wird für die Bell-Filter in der Raised Cosine Filter Bank auch die Flankenbreite von 0,1 bis 10 Oktaven eingestellt. Das Beispiel aus Abb. 7 verdeutlicht die Zusammenhänge. Die Einstellung 0,5 Oct. bedeutet eine Breite der ansteigenden und abfallenden Flanke von jeweils 0,5 Oct. Für eine Mittenfrequenz von 1 kHz beginnt das Filter somit exakt bei 707 Hz und endet bei 1,41 kHz. Ein Überschwingen o. Ä. gibt es auch hier nicht. Zum Vergleich ist in Abb. 7 noch ein herkömmliches Bell-Filter mit 0,5 Oktaven Bandbreite abgebildet, wo man die Unterscheide deutlich erkennt. Wie auch für die anderen Filtertypen gilt hier, dass sich mit dem Raised Cosine Filter die gewünschten Einstellungen präzise umsetzen lassen und die Filter sehr genau dem gewünschten Verlauf entsprechen.

Das Browser Interface befindet sich zurzeit noch in der Entwicklung und es sind noch nicht alle Funktionen implementiert. In der aktuellen Version können jedoch schon fast alle Zustände der Endstufe wie Netzspannung, Leistung, Temperatur, Ausgangsspannung und Strom, Gainreduction etc. abgefragt und überwacht werden. Noch nicht funktionstüchtig sind unter anderem die Einstellung der Filter und das Laden von Setups. Der aktuelle Eindruck des Browser Interface ist so noch ein wenig ambivalent. Das was bereits implementiert ist, funktioniert schnell und gut, aber es fehlen eben noch einige wichtige Funktionen.

Filter

Die im DSP-Controller der X-Serie vertretenen Filter sind klassische IIR-Filter als Bi-Quads (Filterstruktur) und FIR-Filter. Die FIR-Filter werden für die linearphasige X-Over-Filter und für die Raised Cosine-Funktionen genutzt, die hier als jeweils ein Filter zusammengefasst werden. Letzteres geschieht für den Anwender unbemerkt. Gleiches gilt für die drei Layer des Advanced EQs, die nach außen hin als separate Filter erscheinen, intern aber als ein Filter abgearbeitet werden.

Im Block Speaker-EQs finden sich pro Weg acht universal IIR-Filter mit den üblichen Funktionen, je ein Hoch- und Tiefpass bis maximal 8. Ordnung und ein Custom FIR-Filter, z. B. zur Umsetzung der mit dem FIR-Maker (siehe PRODUCTION PARTNER 7+8/2013) berechneten Beam Forming Filter. Das Custom Filter kann bis zu 384 Taps bei 48 kHz Samplerate verarbeiten, entsprechend einer Länge von 8 ms. Gleiches gilt für das Custom FIR-Filter im Block Output Processing. Hier gibt es weitere 16 IIR-Filter und auch wieder je ein Hoch- und Tiefpass pro Weg. Mit Hilfe dieses Filterblocks kann das typische Controller Processing für die einzelnen Wege eines aktiven Lautsprechers eingestellt werden. Für die Hoch- und Tiefpässe sind an dieser Stelle zusätzlich zu den üblichen Charakteristika wie Butterworth, Linkwitz-Riley und Bessel auch noch linearphasige FIR-Filter möglich.

Kompensation für digitale Filter

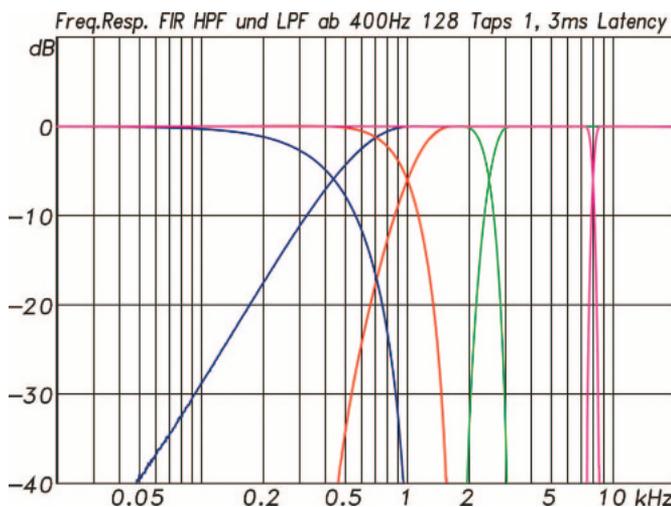
Schaut man sich die Filter im Detail an, dann gibt es bei den herkömmlichen IIR-Filtern vor allem den Aspekt der Verlaufskorrektur zu höheren Frequenzen. Der Kurvenverlauf eines analogen Filters wird in die digitale Ebene transformiert (z-Transformation), wodurch bei der Annäherung an die halbe Abtastrate eine Stauchung des Kurvenverlaufes

fes entsteht. Ein Bell-Filter mit einer bestimmten festen Güte wäre dadurch bei 10 kHz schmaler als bei 1 kHz, was natürlich nicht so sein sollte. Durch eine entsprechende Kompensation kann das bis kurz vor der halben Abtastrate verhindert werden. Bei 48 kHz passt es dann genau für den Audio-Frequenzbereich bis 20 kHz. Abbildung 4 zeigt dazu die Kurven eines einfachen Bell-Filters mit einer Güte von 2,0 und einem Gain von +15 dB, das von 20 Hz bis 20 kHz eingestellt und gemessen wurde. Die Kompensation gelingt gut und der Kurvenverlauf bleibt auch bei einer Mittenfrequenz von 20 kHz im Bereich unter 20 kHz unverzerrt.

IIR- und FIR-X-Over

FIR-Filter für die X-Over-Funktion bei Lautsprechern sind heute in fast allen hochwertigen Controllern in der einen oder anderen Form zum Standard geworden. Dieser Filtertyp mit einer nicht rückgekoppelten Struktur (FIR = Finite Impulse Response) erlaubt es, im Gegensatz zu den sonst verwendeten IIR-Filtern (IIR = Infinite Impulse Response), voneinander unabhängige Amplituden- und Phasenverläufe einzustellen. Möchte man z. B. ein X-Over-Filter mit 24 dB/Oct. Steilheit erzeugen, dann geht das bei einem IIR-Filter ebenso wie bei einem analogen Filter immer auch mit einer Phasendrehung von insgesamt 360° einher. Dieser sogenannte minimalphasige Zusammenhang ist für diese Art Filter unumgänglich. Ein FIR-Filter erlaubt es dagegen, den gewünschten Amplitudengang des Filters ohne Phasendrehung einzustellen, was dann ein linearphasiges Filter ist. FIR-Filter ermöglichen so auch sehr hohe Flankensteilheiten ohne die damit einhergehende starke Phasendrehung. Für minimalphasige Filter gilt gemeinhin eine Steilheit von 24 dB/Oct. als noch gut verträglich bezüglich der Phasendrehungen und Laufzeitverzerrungen. Alles darüber hinaus wird dann auch klanglich bereits problematisch. Mit Hoch- und Tiefpässen als FIR-Filter lässt sich diese Problemstelle umgehen.

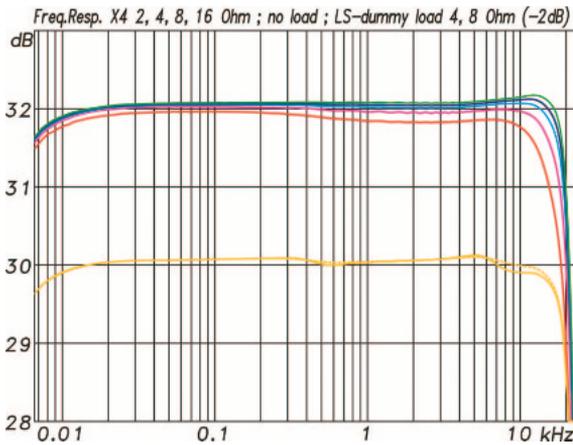
Ganz ohne Wermutstropfen sind allerdings auch FIR-Filter nicht. Zum einem benötigen sie deutlich mehr Rechenleistung und damit DSP-Kapazität als IIR-Filter, was heute in Anbetracht moderner DSPs nicht mehr so tragisch ist, und sie erzeugen abhängig von ihrer Länge eine Latenz, die fast immer unerwünscht ist. Diese bestimmt sich für linearphasige FIR-Filter aus der Filterlänge und der Abtastrate und ist proportional zur Auflösung des Filters im Frequenzbereich. D. h., je mehr ein FIR-Filter leisten soll, z. B. unter dem Aspekt der Flankensteilheit, desto länger muss das Filter sein und umso länger wird auch die Latenz. Da die Auflösung linear über der Frequenz ist, sind die Anforderungen bei tiefen Frequenzen erheblich



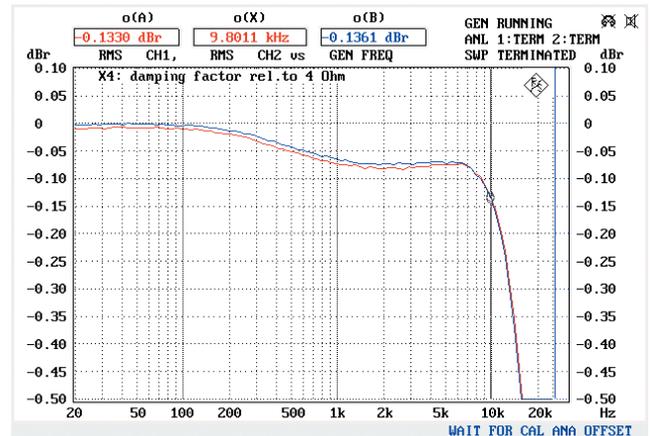
FIR X-Over Filter Die Länge des FIR-Filters ist auf 128 Taps festgelegt. Zu tiefen Frequenzen hin lässt dem entsprechend die Steilheit nach. Eckfrequenzen unter 400 Hz können nicht eingestellt werden (Abb. 8)

größer als bei hohen. Das alles gilt jedoch nur für linearphasige Filter, wo sich die Latenz aus der Filterfunktion als solches ergibt, aber nicht zwingend mit der Ausführung des Filters als FIR-Filter zusammenhängt. Belegt man ein FIR-Filter mit einer minimalphasigen oder gemischt linear-/minimalphasigen Funktion, dann sind die Latenzen auch entsprechend kürzer. Die immer noch weit verbreitete Meinung, dass ein FIR-Filter immer mit einer Latenz entsprechend der halben Filterlänge einhergeht, stimmt daher nicht: Die Latenz hängt ausschließlich von der eingestellten Filterfunktion ab.

Möchte man ein komplett linearphasiges Filter, dann gilt es auf jeden Fall die Latenzen zu beachten, vor allem dann, wenn es um Live-Beschallungen geht. Bei Powersoft hat man sich daher für die linearphasigen Hoch- und Tiefpassfilter der X-Over-Funktionen auf ein kurzes FIR-Filter mit 128 Taps und einer festen Länge von 1,3 ms beschränkt. Das hat den Vorteil, dass ein solches Filter noch in der Grundlatenz der Endstufe von 2,56 ms, die immer konstant diesen Wert hat, versteckt werden kann, ohne dass der Anwender sich bei der Auswahl des FIR-Filters dazu Gedanken machen müsste. Auf der anderen Seite steht natürlich die Einschränkung des kurzen Filters der nachlassenden Flankensteilheit bei tiefen Frequenzen. Der Einstellbereich für die Eckfrequenzen der FIR Hoch- und Tief-



Frequenzgang mit 2 (rot), 4 (rosa), 8 (hellblau) und 16 Ω (dunkelblau) Lastwiderständen und mit 4 bzw. 8 Ω Lautsprecher Dummy Loads (um -2 dB orange versetzt dargestellt). Grüne Kurve ohne Last (Abb. 11)



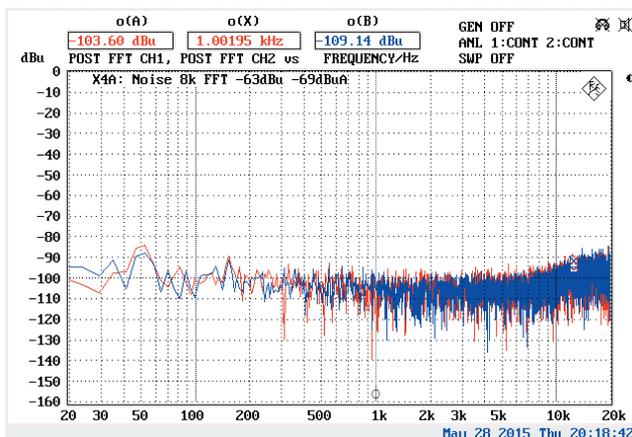
Dämpfungsfaktor exemplarisch für Kanal 1 und 3 in Abhängigkeit von der Frequenz bezogen auf eine 4 Ω Last. Dargestellt ist der Pegelverlust mit Last gegenüber einer Messung ohne Last (Abb. 12)

pässe beginnt daher auch erst bei 400 Hz, wo noch knappe 12 dB/Oct. Steilheit erreicht werden (dunkelblaue Kurve in Abbildung 8). Bei 12 kHz werden dann bei gleicher Filterlänge fast 600 dB/Oct. erzielt (rosa Kurve).

Realistisch betrachtet können die linearphasigen X-Over daher ab ca. 800 Hz aufwärts eingesetzt werden und somit typischerweise für die Trennung zwischen Mittel- und Hochtöner.

Messwerte

Die Messwerte der X Amps beginnen wir immer mit den Frequenzgängen. Abhängig von der Last gibt es leichte Schwankungen und ein verändertes Verhalten der Ausgangstiefpässe. Unterhalb von 10 kHz spielt sich das in einer Größenordnung von 0,1 dB ab und ist damit vernachlässigbar. Nur im Extremfall für eine 2 Ω Last ist die Kurve dann bei 18,5 kHz um 2 dB angefallen.



Störspektrum am Ausgang exemplarisch für Kanal 1 und 3. Mit analogem Input -63 dBu, mit digitalem -65 dBu. A-bew. jeweils 6 dB weniger. Die maximale Ausgangsspannung beträgt 44 dBu. A-bewertet resultiert daraus ein Dynamikumfang von 115 dB. (Abb. 13)

Bei der Messung des Dämpfungsfaktors stellte sich ein kleines messtechnisches Problem ein. Mit der üblichen Sweep-Methode gemessen reagierte die Endstufe mehrdeutig. Erst für eine Messung über das R&S UPD mit Sinussignalen in Frequenzschritten war ein stabiles Ergebnis abzulesen. Eine direkte Umrechnung des Pegelverlustes in den Dämpfungsfaktor erlaubt das UPD nicht. Abb. 12 zeigt daher direkt die Messung des Pegelverlustes für eine 4 Ω Last in Vergleich zum Leerlauf. Bei 100 Hz liegt der Wert bei -0,005 dB entsprechend einem Dämpfungsfaktor von fast 2.000. Bei 1 kHz ist noch ein Wert von 125 zu messen und bei 10 kHz von 66.

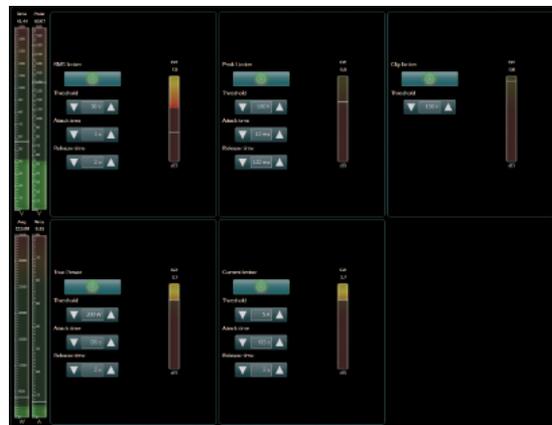
Limiter

Bei den Limiterfunktionen einer Endstufe bzw. eines Controllers stellt sich immer die Frage was verhindert bzw. was geschützt werden soll. Die Endstufe selber verfügt im Falle der X-Serie bereits über eigene Limiter, die ein Clipping oder eine Überlastung der Endstufe oder des Netztesiles verhindern. Auf diese Limiter hat der Anwender verständlicherweise keinen Zugriff. Fünf weitere Limiter können dann noch über die Armonia Software zum Schutz der Lautsprecher eingestellt werden. Zu unterscheiden sind hier Spannungs-, Strom- und Leistungslimiter. Die Spannungslimiter agieren unabhängig von der Last. Der Stromlimiter misst den tatsächlichen Ausgangsstrom und der Leistungslimiter berechnet aus Strom und Spannung die Ausgangsleistung.

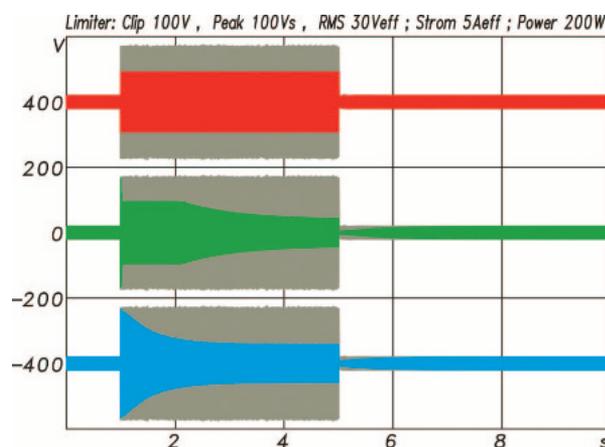
Strom- und Spannungslimiter agieren beide als RMS-Limiter, d. h. die Messgröße ist der Effektivwert des Stroms bzw. die RMS-Leistung. Neben dem Schwellwert können die Attack- und Releasezeiten eingestellt werden. Abb. 10 unten zeigt eine Beispielmessung mit Zeitkonstanten von 0,5 bzw. 2 s für einen Grenzwert von 5 A_{eff} oder 200 W RMS. Beides resultiert für eine 8 Ω Last in einer Ausgangsspannung von 40 V_{eff}, die hier auch genau eingehalten werden.

Bei den Spannungslimitern bedarf es einer etwas genaueren Betrachtung. Auch hier gibt es einen RMS-Limiter, bei dem Effektivwerte als Grenzwert eingestellt werden. Hinzu kommt noch ein Peaklimiter der mit kurzen Zeitkonstanten die Spitzenwerte der Ausgangsspannung bewertet und je nach Einstellung Signalspitzen bis zu einer gewissen Dauer passieren lässt. Die Beispielmessung dazu findet sich in Abb. 10 Mitte. Im grünen Signalverlauf wird zu Beginn ein kurzer Peak zugelassen und dann greift der Peaklimiter, der die Spannung auf 100 V_s Spitzenwert begrenzt. Deutlich später mit einer viel längeren Attack Zeitkonstanten von 1 s greift dann auch der RMS-Limiter ein.

Trotzdem gibt es auch immer wieder Fälle, wo eine bestimmte Spannung, auch nicht für kurze Zeit, überschritten werden darf. Um das zu erreichen, gibt es dann noch den Cliplimiter, der ohne Zeitkonstante alles oberhalb des Grenzwertes hart abfängt. Eingestellt wird für den Cliplimiter der Grenzwert ebenfalls als Spitzenwert. Abb. 10 oben zeigt die Messung dazu für einen Wert von 100 V_s



Vielfältige Limitereinstellungen in der Armonia Software. Für die Ausgangsspannung gibt es einen Clip-, einen Peak- und einen RMS-Limiter. Hinzu kommt noch ein RMS-Limiter für den Ausgangsstrom und für die Ausgangsleistung. (Abb. 9)



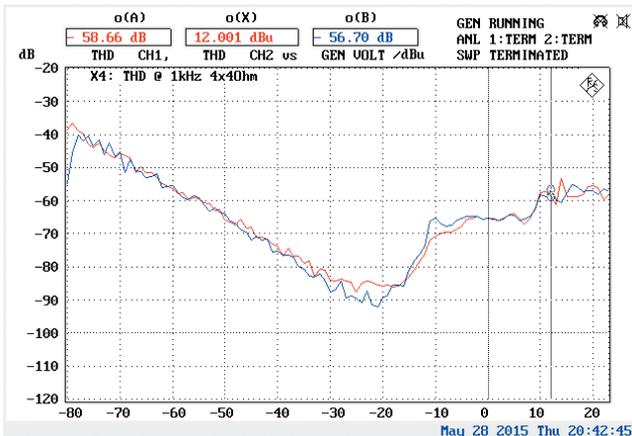
Exemplarische Messungen der Limiter (Abb. 10)

oben: Clip-Limiter bei 100 V_s

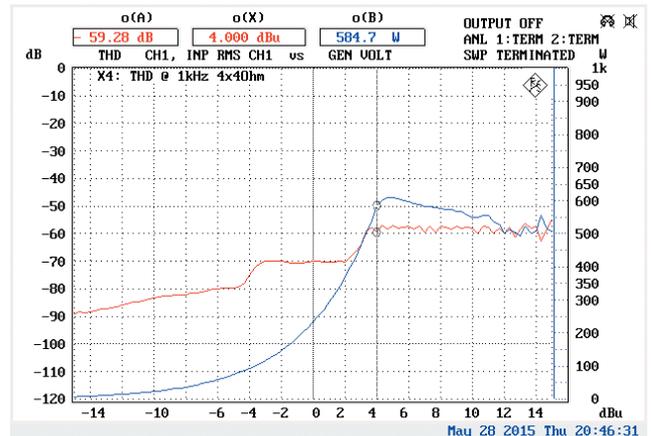
Mitte: Peak-Limiter für 100 V_s und RMS-Limiter für 30 V_{eff}

unten: Strom-Limiter für 5 A_{eff}

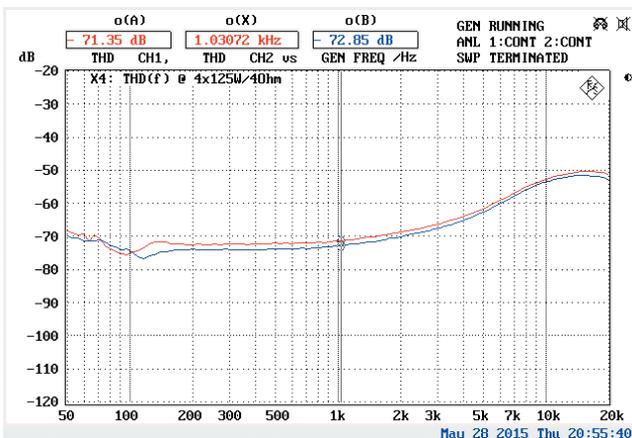
In grau das Burstsignal jeweils ohne Limiter



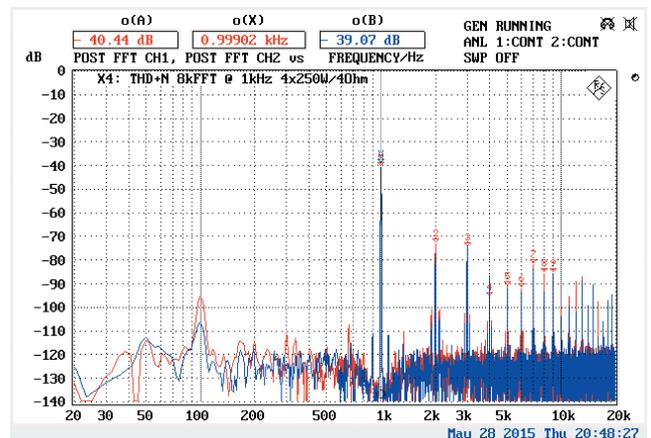
Klirrfaktor (THD) bei 1 kHz und $4 \times 4 \Omega$ Last. CH1 (rot) und CH3 (blau) in Abhängigkeit vom Eingangspegel (x-Achse) (Abb. 14)



Klirrfaktor (THD) bei 1 kHz und $4 \times 4 \Omega$ Last in Abhängigkeit vom Eingangspegel. Bei +4 dBu (600 W) greift der Limiter ein. Dargestellt sind: THD (rot) und Leistung (blau) pro Kanal (Abb. 15)



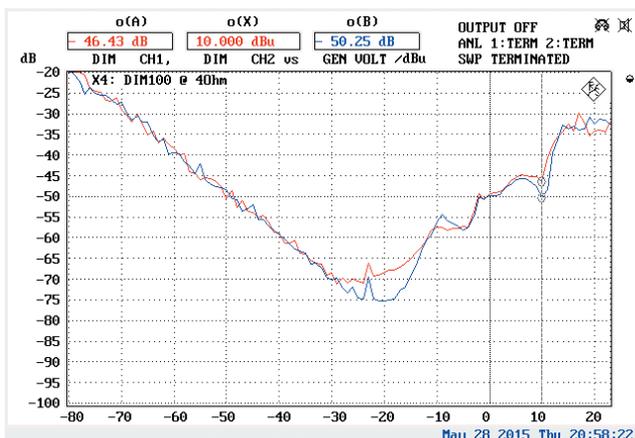
Klirrfaktor (THD) bei $4 \times 4 \Omega$ Last (CH1 rot, CH3 blau) in Abhängigkeit von der Frequenz bei einer Leistung von 125 W pro Kanal an 4Ω (Abb. 16)



Klirrspektrum (THD+N) bei 1 kHz und 4Ω Last (CH1 rot, CH3 blau) bei einer Leistung von 250 W pro Kanal (Abb. 17)

Zusätzlich lässt sich vom Anwender noch eine schon aus der K-Serie bekannte Kabelkompensation einstellen. Bekanntermaßen verschlechtern Kabel und Stecker den eigentlich hohen Dämpfungsfaktor moderner Endstufen erheblich. Das lässt sich umgehen, indem man eine Senseleitung bis zum Lautsprecher mitführt oder indem man die Auswirkungen des Kabels abschätzt und diese voreilend kompensiert. Der Anwender gibt dazu Länge und Querschnitt des verwendeten Lautsprecher-

kabels ein, die Software berechnet den Leitungswiderstand, z. B. für 20 m mit einem Querschnitt von $2,5 \text{ mm}^2$ einen Wert von $0,3 \text{ Ohm}$ und stellt in der Endstufe entsprechend einen negativen Innenwiderstand von $-0,3 \text{ Ohm}$ ein. Erreicht wird der negative Innenwiderstand durch eine Überkompensation in der Gegenkopplung. Ein solches Konzept neigt leider auch zur Instabilität und somit zur Schwingneigung, was natürlich fatal wäre. Sobald die Kabelkompensation genutzt wird, wird die



Intermodulationsverzerrungen DIM100 an $4 \times 4 \Omega$ Last (CH1 rot, CH2 blau) (Abb. 18)

Endstufe daher in ihrer Bandbreite auf 400 Hz nach oben hin begrenzt. Ein Einsatz ist somit nur für Subwoofer sinnvoll, wo der gute Dämpfungsfaktor auch besonders wichtig ist.

Signal to Noise

Der Störabstand bei Endstufen ist vor allem dann ein wichtiges Thema, wenn Hochtontreiber mit hoher Sensitivity direkt angeschlossen werden, d. h. ohne Vordämpfung durch eine passive Weiche. Erreicht ein Hochtöner eine Sensitivity von 110 dB für 2,83 V/1 m, dann beträgt bei einem Störpegel von -65 dBu am Ausgang der Endstufe der Störpegel aus dem Lautsprecher $110 \text{ dB} - 11,3 \text{ dB} - 65 \text{ dB} = 33,7 \text{ dB}$ in 1 m Entfernung. Ob und wann dieser Wert relevant ist, hängt natürlich sehr von der Anwendung ab. Für Pegel in dieser Größenordnung erscheint eine A-Bewertung auf jeden Fall sinnvoll, wo die Powersoft-Endstufe dann nochmals 6 dB gewinnt. In Relation zur maximalen Ausgangsspannung von knappen +44 dBu, wird eine Dynamik von 115 dB erreicht, was auch dem Wert aus dem Datenblatt entspricht.

Für die analogen Eingänge arbeitet die X-Serie Amps mit gestackten AD-Umsetzer, die eine maximale Eingangsspannung von +25 dBu akzeptieren und für sich betrachtet einen gemessenen S/N von 124 dB erreichen.

Verzerrungswerte

Für die Verzerrungswerte gibt das Datenblatt Werte von kleiner 0,5 % und typisch kleiner 0,01 % an. Das entspricht in dB

ausgedrückt -43 dB bzw. -80 dB. Die Abbildungen 14 und 15 zeigen dazu einen Verlauf der THD-Werte, die für eine Leistung unter 100 W pro Kanal an 4Ω bei -80 dB liegen. Darüber gibt es eine Sprungstelle in der THD-Kurve auf -70 dB bis ca. 400 W und wenn darüber hinaus auch der Limiter innerhalb der Endstufe ins Spiel kommt, dann liegen die Werte knapp über -60 dB. Die Angaben aus dem Datenblatt werden damit voll erfüllt. Es kann zudem festgehalten werden, dass der Limiter sauber ans Werk geht und keine größeren Verzerrungen verursacht.

In Abhängigkeit von der Frequenz (Abb. 16) betrachtet steigen die Verzerrungswerte oberhalb von 1 kHz mit dem Nachlassen der Gegenkopplung mit ca. 6 dB/Oct. an, so dass die Werte bei 10 kHz bei ca. -53 dB liegen. Ein solches Verhalten ist bei vielen Geräten zu beobachten und ist symptomatisch für Schaltungen mit Gegenkopplung, also quasi für alle Verstärkerstufen.

Die spektrale Zusammensetzung der harmonischen Verzerrungen in Abbildung 17 zeigt eine gutmütige Dominanz von k_2 - und k_3 - Anteilen, aber auch noch recht viele Komponenten höherer Ordnung, die zwar nicht ganz so schön sind, sich aber bei Class-D-Endstufen kaum weiter reduzieren lassen.

Bei den transienten Intermodulationen spiegelt sich das Verhalten aus der THD-Messung wider. Bei geringen Leistungen werden sehr gute Werte von -75 dB erreicht, die dann oberhalb von ca. 100 W pro Kanal auf -50 dB ansteigen. Der Limitereinsatz oberhalb von +10 dBu Eingangssignal macht sich erwartungsgemäß auch stärker bemerkbar, wo die Werte auf -35 dB ansteigen. Letzteres ist dem für Limiter schwierigen Signal geschuldet, wo ein Wert von -35 dB im Arbeitsbereich des Limiters unkritisch ist.

Leistungswerte

Die Leistungswerte der X-Serie wurden mit der 2012 für unsere Tests eingeführten Methode für Lastimpedanzen von 2, 4, 8 und 16 Ohm bei gleichzeitiger Belastung aller vier Kanäle ermittelt. Für diese Messungen werden drei grundsätzlich unterschiedliche Arten von Testsignalen eingesetzt, die eine differenzierte Beurteilung der Eigenschaften des Verstärkers zulassen.

Gemessen wird für alle Impedanzen:

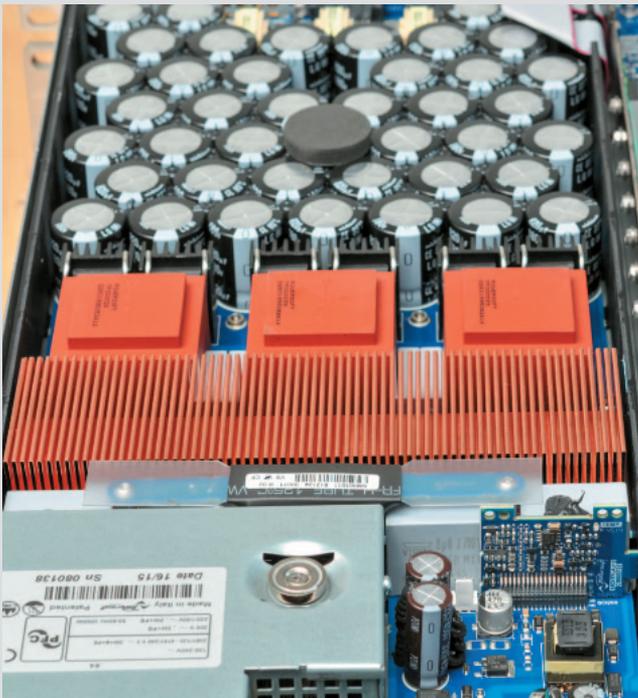
- mit konstant anliegenden Sinussignalen zur Beurteilung des Einsetzens von RMS-Limitern, Strombegrenzungen im Netzteil

Netzteile und Stromversorgung

Beide Endstufen der X-Serie sind mit neu entwickelten Netzteilen ausgestattet, die einen Betrieb mit einer, zwei oder drei Phasen aus dem Stromnetz erlauben. In Anbetracht der Leistungswerte erscheint dieses nur konsequent, womit sich die aus dem Stromnetz aufnehmbare Leistung im günstigsten Fall verdreifacht. Da es keinen standardisierten 3-Phasen-Anschluss gibt, der sich in ein 1 HE Gehäuse einbauen lassen würde, setzt man bei Powersoft große 5-polige Euroblock Phoenix Stecker und Buchsen ein, die auch große Kabelquerschnitte sicher aufnehmen. Empfohlen wird für die X4 ein 3-Phasen-Anschluss mit 10 A Absicherung oder eine einzelne 16 A Phase. Für die X8 sollte es bei nur einer Phase eine 32 A Leitung sein und bei 3-Phasen jeweils 16 A. Der Betrieb ist mit einer Phase,

mit zwei Phasen mit oder ohne Neutralleiter und mit drei Phasen mit oder ohne Neutralleiter möglich. Bei drei Phasen kann zudem noch zwischen Stern- und Dreieck-Betrieb variiert werden. Wie sich an der optionalen Nutzung des Neutralleiters bei zwei oder drei Phasen erkennen lässt, wird dieser durch das Netzteil stromfrei gehalten. Der sonst gefürchtete Ausfall des Neutralleiters beeindruckt die Powersoft-Endstufen daher in keiner Weise.

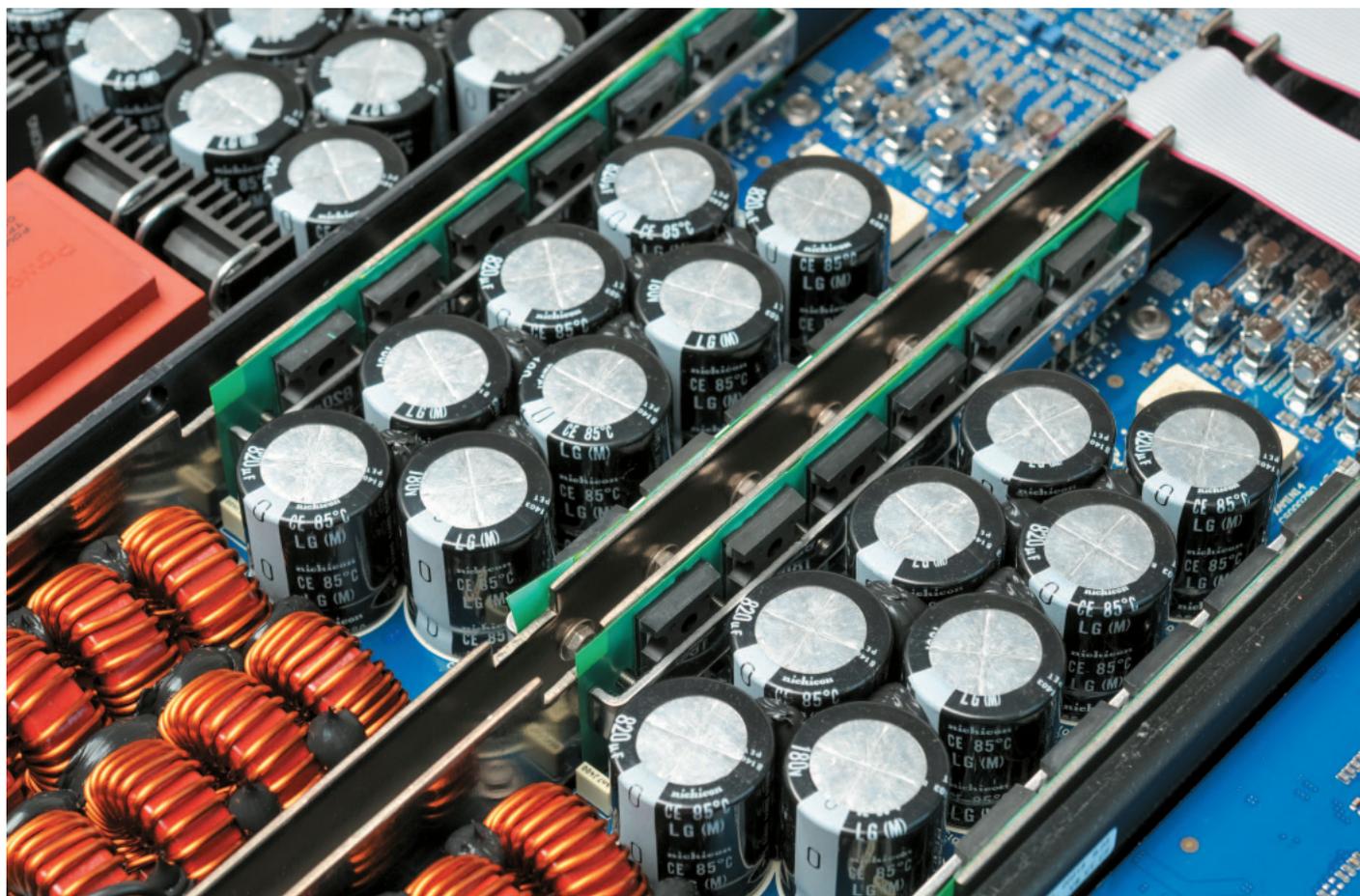
Grundsätzlich arbeiten die Netzteile mit einer PFC (Power Factor Correction), die versucht einen möglichst wenig mit Oberwellen behafteten Stromfluss aus dem Netz zu bewirken. Im Idealfall sollte sich die Endstufe dann annähernd wie eine ohmsche Last verhalten.



3-Phasen-Netzteil in der X4



3-Phasen Anschluss mit einem großen fünfpoligen Euroblock Phoenix Stecker, beide Verstärker können nach Bedarf mit einer, zwei oder drei Phasen betrieben werden.



Zwei Endstufenmodule mit je zwei Kanälen in der X4, die Module sind in der X4 und X8 identisch

oder Limitierungen der Netzstromaufnahme

– mit einem Rauschsignal, das in der spektralen Verteilung und im Crestfaktor einem mittleren Musiksignal nahe kommt. Mit dieser Messung lässt es sich beurteilen, wann eine Endstufe bei einem dichten Musikmaterial und voller Aussteuerung an ihre Grenzen stößt und mit Limitierung oder Notabschaltung reagiert.

– mit Sinusbursts verschiedener Länge und mit verschiedenen Taktverhältnissen. Neben der Standard Messung nach EIAJ mit einem 8/32 Taktverhältnis kann anhand dieser Messung beur-

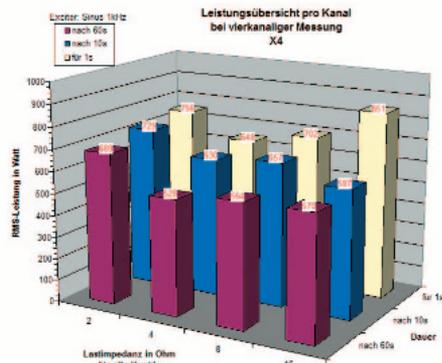
teilt werden, welche kurzzeitige Spitzenleistung eine Endstufe abhängig von der sonstigen Auslastung zu liefern in der Lage ist.

Für jeden Signaltyp werden die Ergebnisse in Form von Balkendiagrammen übersichtlich dargestellt.

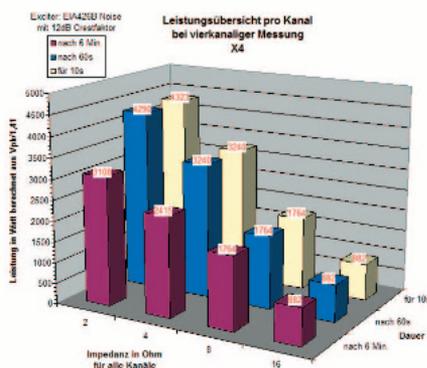
Bei den Leistungswerten ist zu beachten, dass sich diese aus den jeweils gemessenen Spannungswerten als Spitzenwerte(!) durch 1,41 berechnen, womit ein direkter Vergleich zu den Messungen mit konstant anliegenden Sinussignalen möglich wird. Bei den Burst-Messungen könnte man den Wert auch als Kurzzeit-RMS bezeich-

nen. Die drei nachfolgenden Grafiken aus Abbildung 19 bis 21 zeigen die Ergebnisse.

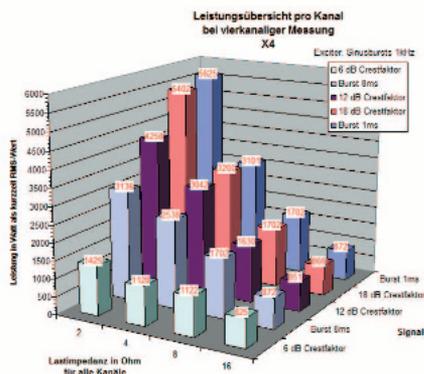
Alle Messungen wurden an einem 3 × 16 A Netzanschluss mit C-Charakteristik durchgeführt, so dass keine Limitierung durch die Stromversorgung zu befürchten war. Eine Vergleichsmessung der X4 im einphasigen und dreiphasigen Modus ergab keine Unterschiede in der maximalen Ausgangsleistung. Erst für die achtkanalige X8 bei voller Auslastung aller Kanäle wird der dreiphasige Anschluss zur vollen Nutzung zwingend notwendig, wenn man sich auf 16 A pro Phase beschränkt. Da die Endstufenmodule in



Leistungswerte bei gleichzeitiger Belastung aller Kanäle und Messung mit einem konstant anliegenden Sinussignal (Leistungsangaben als RMS-Werte) (Abb. 19)



Leistungswerte bei gleichzeitiger Belastung aller Kanäle und Messung mit einem Noise mit 12 dB Crestfaktor (Leistungsangaben als RMS-Werte aus V_{peak} berechnet) (Abb. 20)



Leistungswerte bei gleichzeitiger Belastung aller Kanäle mit Sinusburst und Burstsignalen mit verschiedenen Crestfaktoren. (Leistungsangaben als Kurzzeit RMS-Werte aus V_{peak} berechnet) (Abb. 21)

beiden Verstärkern identisch sind und die Messtechnik für das Stromnetz nur für einphasige Messungen im Labor vorhanden ist, wurden alle Leistungsmessungen mit der X4 im Einphasenmodus durchgeführt.

Die maximale Dauerleistung der X4 für ein 1 kHz Sinussignal bei gleichzeitiger Belastung aller vier Kanäle liegt je nach Lastimpedanz bei 570 bis 689 W. Bei 2 Ω greift dann die Strombegrenzung bzw. der Thermolimiter in der Endstufe, wo die Leistung auf 700 W begrenzt wird. Mit einem 12 dB Crestfaktor Noise gemessen liegen die Werte deutlich höher. Die gemessene Ausgangsspannung an 4 Ω beträgt dann 322 V_{ss} (Spitze-Spitze). Berechnet man daraus einen Effektivwert, vergleichbar einem Sinussignal, und dann daraus die Leistung an 4 Ω , dann kommt man auf beachtliche 3,2 kW. Das Limit ist hier die höchst mögliche Ausgangsspannung, so dass sich die Werte für 8 und 16 Ω jeweils mehr oder weniger halbieren. Bei der 6 Min. andauernden Messung stand die Leistung an 8 und 16 Ω bis zum Ende der Testperiode zur Verfügung. An 4 und 2 Ω griff dann auch wieder der Thermolimiter in der Endstufe ein.

Abschließend erfolgte noch ein Dauertest. Die Endstufe wurde dazu mit vier 4 Ω Lastwiderständen betrieben und mit einem EIA426B-Noise-Signal (20 Hz bis 20 kHz) mit 12 dB Crestfaktor belastet. Der RMS-Wert der abgegebenen Leistung betrug dabei 4 \times 400 W und reduzierte sich im Laufe des 15 Minuten dauernden Tests auf 4 \times 270 W. Die Endstufe zeigte zum Ende der 15 Min. eine Betriebstemperatur von 63°C an.

Wirkungsgrad

Zum Thema Wirkungsgrad lassen sich für die Endstufe zunächst einige Eckwerte für die Leistungsaufnahme aus dem Stromnetz messen:

Standby:	4 W
No signal:	107 W
Max.power 12 dB CF:	2.260 W

Alle Messungen erfolgten mit der X4 im 1-Phasen-Modus. Der letzte Wert mit 2.260 W ist die Leistungsaufnahme, wenn die Endstufe mit einem Signal mit 12 dB Crestfaktor voll ausgelastet wird. Die maximale Ausgangsspannung des Verstärkers an 4 Ω beträgt ca. 322 V_{ss} (Spitze-Spitze). Bei einem Crestfaktor des Signals von 12 dB entspricht das einem Effektivwert von 40 V_{eff} und damit einer Leistung als Effektiv- bzw. RMS-Wert von 400 W pro Kanal.

Übersicht Powersoft X4

Leistung 4 Ω/4 Ch	Sinus 10 s	12 dB CF 60 s	Peak 1 ms
in W pro Ch	630	3.240	3.240

Noise	dBu		dBu(A)	
analog/digital in	-63	-65	-69	-71
Dynamik	dB		dB(A)	
analog/digital in	107	109	113	115
f[Hz]	20	1 k	20 k	
Gain dB	31.9	32	30	
Phase °	+7	-3	-17	
HP-Filter	<5 Hz			
TP-Filter	22 kHz			

f[Hz]	100	1 k	10 k
CTC dB Ch1->Ch2	-95	-85	-47
CMRR dB	-80	-80	-72
DF rel. 4 Ω	2.000	125	66

THD(f) @ 25 % Power [dB]	Min.	vor Clip	
THD 1kHz	-90	-65	
DIM100	-75	-45	
SMPTE 60/7k	-75	-52	
DFD IEC268	-95	-80	

Leistung/Gewicht 864 Watt/kg

Preis/Leistung 0,55 €/Watt

15 Min. Dauertest mit = 4 × 500 W/4 Ω RMS (12 dB CF) Bestanden, aber Leistung nach 15 Min. auf 270 W pro Kanal reduziert. Temp. 63°C

Gewicht in kg 15

Bauhöhe HE 1

UVP incl. MwSt. 7.138 € (mit Dante + 1.190€)

Firmware V 1.6.2.3

S.Nr. 080138

Netzteil HF-Schaltnetzteil mit PFC

Schaltung Class-D

Remote Armonia Version 2.5.2

- Alle Leistungen bei 4-kanaliger Belastung gemessen
- Leistung/Gewicht und Preis/Leistung an 4 Ohm für alle Kanäle summiert bei 12 dB Crestfaktor
- Dynamik aus Peakleistung und Noiselevel berechnet
- CTC = Übersprechen bei 10 Watt
- CMRR = Gleichtaktunterdrückung
- DF = Dämpfungsfaktor bezogen auf 4 Ohm

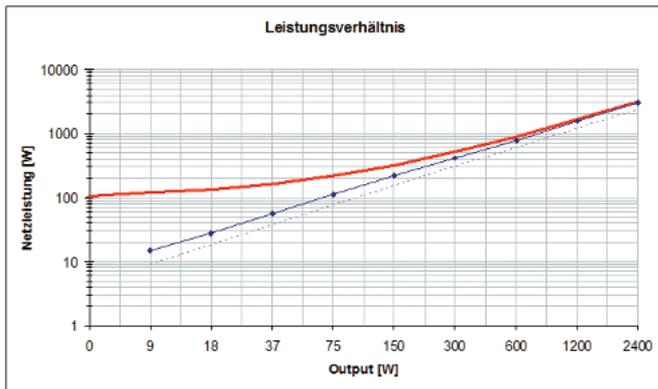
Bei vier Kanälen und ca. 75 % Wirkungsgrad sind das 2.133 W plus der 107 W Grundlast und somit in der Summe 2.240 W. Unter Last kommt noch die erhöhte Stromaufnahme der Lüfter hinzu, womit sich der Wert von 2.260 W gut nachvollziehen lässt.

Im zweiten Schritt wurde mit einer Messreihe das Verhältnis der aufge-

nommenen zur abgegebenen Leistung unter verschiedenen Lastzuständen geprüft.

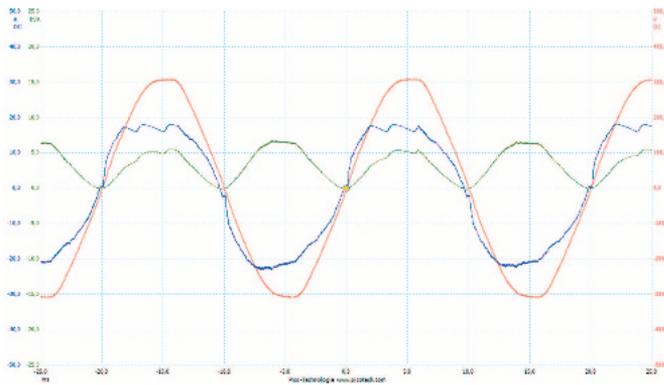
Die relevanten Werte sind neben der Grundlast der Effektivwert der abgegebenen Leistung und der Wirkungsgrad. Letzterer kann je nach Schaltungskonzept wiederum mehr oder weniger stark abhängig von der Aussteuerung

des Verstärkers und der Signalform sein. Abbildung 22 zeigt die Zusammenhänge für die X4-Endstufe. Die rote Kurve stellt den Zusammenhang entsprechend der Messreihen zwischen dem Summenwert der abgegebenen effektiven Leistung aller vier Kanäle (x-Achse) und der aus dem Stromnetz aufgenommenen Leistung (y-Achse) dar. Wird keine Ausgangsleistung abgege-

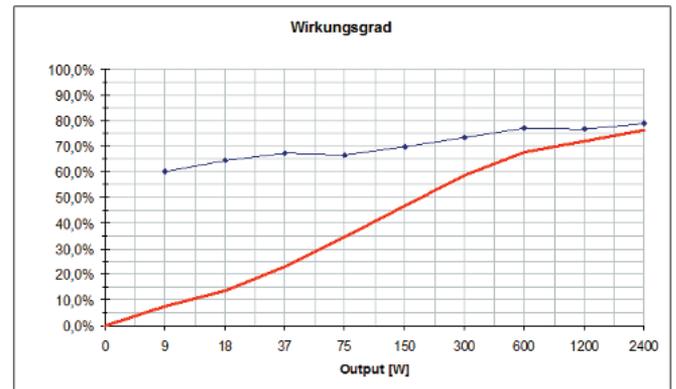


Leistungsverhältnis Abgegebene Leistung (x-Achse) in Relation zur aufgenommenen (y-Achse) als rote Kurve. In blau die Werte abzüglich der Grundlast von W, die die Endstufe erzeugt. In rosa die Idealkurve für 100 % Wirkungsgrad (Abb. 22)

ben, dann kann man die Grundlast von knappen 107 W ablesen. Die blaue Kurve ergibt sich aus der aufgenommenen Netzleistung abzüglich der Grundlast. Die rosa Kurve dient zum Vergleich und wäre der ideale Verlauf für 100 % Wirkungsgrad, wenn die abgegebene Leistung gleich der aufgenommenen wäre. Für die Messungen wurden Sinussignale verwendet, wo-



Verlauf von Netzspannung (rot), Netzstrom (blau) und der daraus berechneten Leistungsaufnahme (grün): Die PFC weitgehend sauber, der Stromverlauf entspricht dem Spannungsverlauf (Abb. 24)



Wirkungsgrad des Amps in % in Abhängigkeit von der abgegebenen Leistung (x-Achse). In blau die Kurve ohne Grundlast, die einen Wirkungsgrad der Endstufen von ca. % im Bereich höherer Leistung erkennen lässt. (Abb. 23)

durch leicht abweichende Ergebnisse zu den Werten der Messungen mit Rauschsignalen entstehen können.

Eine alternative Darstellung zeigt Abb. 23, wo auf der Y-Achse jetzt der Wirkungsgrad in Prozent aufgetragen ist. Durch die Grundlast fällt der Wirkungsgrad bei kleinen Ausgangsleistungen entsprechend ungünstig aus. Interessanter ist daher die blaue Kurve, die sich ergibt, wenn man die Grundlast für die Berechnung des Wirkungsgrades außen vor lässt. Im Maximum wird hier ein Wirkungsgrad von knapp unter 80 % erreicht.

Für eine gute Ausnutzung des Stromnetzes ist neben dem Wirkungsgrad auch die Form der Stromaufnahme wichtig. Die Netzspannung ist weitgehend sinusförmig und im Idealfall stellt sich der Stromfluss ebenso dar, vergleichbar einer rein ohmschen Last. Vor allem Schaltnetzteile neigen jedoch dazu den Strom eher in kurzen Pulsen aufzunehmen, d. h. der Stromverlauf weicht deutlich vom sinusförmigen Verlauf ab. Dadurch entstehen die hohen Oberwellenanteile, die durch die sogenannte Verzerrungsblindleistung oder den Leistungsfaktor PF beschrieben werden. Im Idealfall ist dieser gleich eins, d. h. der Stromverlauf entspricht dem Spannungsverlauf. Um einen möglichst guten Leistungsfaktor zu erreichen, wird eine PFC (= Power Factor Correction) Schaltung eingesetzt, die über den als Puffer wirkenden Kondensatorblock versucht die Stromaufnahme zu optimieren. In der X4 gelingt das bereits recht gut. Abbildung 24 zeigt dazu den Spannungs- und Stromverlauf, die in ihrer grundsätzlichen

Test | Powersoft X-Serie

Form sehr ähnlich sind. Der gemessene Leistungsfaktor der Endstufe liegt, abhängig von der Last, zwischen 0,35 (Leerlauf) und 0,97 (Vollast mit Sinussignal). Die Endstufe stellt somit für das Stromnetz eine gutmütige Last dar, was vor allem bei einer Versorgung durch Generatoren von größter Wichtigkeit ist.

Fazit

Mit den beiden Modellen der neuen X-Serie stellt der italienische Hersteller Powersoft eine vier- und eine achtkanalige Endstufe mit integriertem DSP-System, Fernsteuerung und Fernabfrage sowie optionalem Dante Audionetzwerk-Interface vor, die die Bezeichnung Lautsprecher-Managementsysteme absolut verdienen. Das DSP-System bietet einen außerordentlich großen Funktionsumfang, so dass man bestimmt nichts vermissen wird. Die tollen Raised Cosine-Filter, mehrere Mög-

lichkeiten der FIR-Filterung und die vielfältigen und präzise arbeitenden Limiter lassen die Herzen der Lautsprecherentwickler höher schlagen. Leistung steht auch reichlich und zudem auch vernünftig skaliert zur Verfügung, so dass auch große PA-Systeme in Schwung gebracht werden können. Auch die Ausstattung und die Messwerte sind bestens. Zur Bedienung gibt es die Armonia Pro Audio Suite und den direkten Zugriff per Webbrowser von mobilen Endgeräten. Beides steckt noch ein wenig in der Entwicklung, wo es noch die eine oder andere Unklarheit gibt, die vermutlich aber schon mit der nächsten Version behoben sein wird. Preislich bewegt man sich im üblichen Rahmen. Die X4 liegt bei 5.990 € netto und die X8 bei 9.490 € netto. Der Aufpreis für das Dante-Interface beträgt jeweils 1.000 € netto.
