

PRODUCTION PARTNER

Fachmagazin für Veranstaltungstechnik

Testbericht
aus Ausgabe 03/2017

Vierkanalige Endstufe mit DSP und Dante-Interface

Powersoft Quattrocanali

Die schon aus den Topmodellen der Powersoft X-Serie bekannten DSP-Funktionen sind jetzt auch als günstigere Quattrocanali Endstufenserie verfügbar

Text und Messungen: Anselm Goertz | Fotos: Dieter Stork (2), Anselm Goertz



Das Nachrichtenportal rund um die Medienwelt und -Technik

powered by
PRODUCTION PARTNER
Fachmagazin für Veranstaltungstechnik

» ... Mit der Quattrocanali-Endstufenserie stellt der renommierte italienische Endstufenhersteller Powersoft eine neue Baureihe mit dem Schwerpunkt Festinstallation vor. ...«



Quattrocanali – der Namen deutet es schon an: Es handelt sich bei diesen Powersoft-Modellen um vierkanalige Endstufen, lieferbar in verschiedenen Leistungsklassen von 300 bis 1.200 W pro Kanal. Zur Markteinführung auf der ISE 2017 gibt es die Modelle Quattrocanali 4804, 2404 und 1204. Die beiden vorderen Ziffern geben die Gesamtleistung an, die entsprechend bei 4×300 W, 4×600 W oder 4×1.200 W liegt. Der Brückenbetrieb von zwei Kanälen, 2-Ohm-Betrieb oder 100 V sind bei allen Modellen möglich. Die primäre Zielgruppe für die neue Baureihe ist der Installationsmarkt, wo mit den aufgelisteten Modellen vermutlich schon 95 % aller Anwendungen abgedeckt werden können. Alle Modelle sind zudem als reine Endstufen oder in einer Version mit DSP und Dante-Interface (DSP+D) verfügbar, was ein wichtiger Aspekt sein dürfte, da häufig bereits Zentralen mit leistungsfähigen DSP-Systemen vorhanden sind. In solchen Fällen möchte man natürlich nicht weitere DSP-Power in den Endstufen kaufen und anschließend ungenutzt lassen müssen.

Trotz der deutlichen Ausrichtung auf den Installationsmarkt steht dem Einsatz im Rental-Gewerbe aber auch nichts im

Wege. Der primäre Unterschied liegt in der Ausführung der Anschlüsse: Endstufen für die Festinstallation sind meist mit Phoenix-Klemmen, für den mobilen Einsatz dagegen mit XLR- und Speakon-Anschlüssen ausgestattet. Alle anderen Ausstattungsmerkmale wie ein DSP-System, ein Dante-Interface oder auch Fernsteuerung und Fernüberwachung werden in beiden Bereichen gleichermaßen benötigt.

Alle Modelle der neuen Baureihe sind sowohl für den Betrieb niederohmiger Lasten, wie auch für 70 V- oder 100 V-Systeme ausgelegt. Letzteres erfolgt ohne Übertrager im Ausgang im Direct-Drive-Modus. Grundsätzlich ist das bei einer hinreichend hohen Versorgungsspannung innerhalb der Endstufe möglich, wenn die Endstufe die Ausgangsspannung von $100 V_{\text{eff}}$ zu liefern in der Lage ist. Abhängig von der maximalen Ausgangsleistung müssen dann noch die Limiter in den Ausgängen den Strom auf den zulässigen Wert begrenzen, da sonst eine Überlastung die Folge sein könnte. Moderne Class-D-Schaltungen mit entsprechenden Schaltnetzteilen machen beides möglich, so dass man letztendlich per Software die Endstufe nach Wunsch konfigurieren kann.



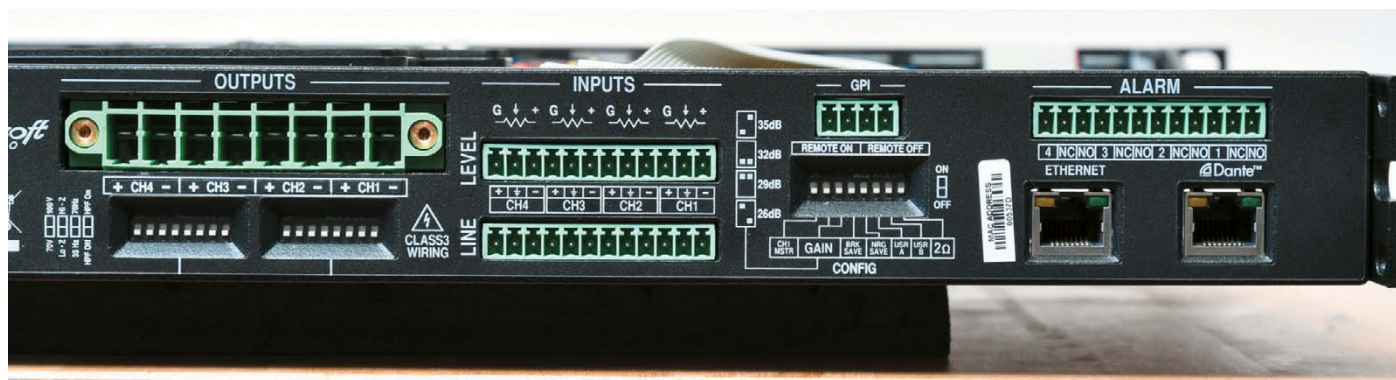
Rein äußerlich betrachtet kommen die neuen Quattrocanali-Endstufen in einem für Powersoft typischen unauffälligen Design mit einem 1-HE-Gehäuse daher. Auf der Front sichtbar ist nur eine Reihe von LEDs, die für die vier Kanäle die Pegelverhältnisse, Clip und eine mögliche Störung (Alarm) anzeigen. Eine weitere LED-Reihe liefert Informationen über die Endstufe insgesamt. Hinter einer Blende auf der linken Seite der Front finden sich noch Trimmer für die vier Kanäle sowie Taster für den Standby-Modus, den Reset der Endstufe und für den Funktionstest. Die Funktionen sind primär für die Modelle ohne Netzwerkanbindung wichtig.

Wendet man sich der Rückseite zu, dann gibt es hier mehrere Reihen Phoenix-Klemmen und eine Menge von kleinen Schaltern zur Konfiguration der Endstufe. Alle Ein- und Ausgänge sind über Phoenix-Klemmen ausgeführt. Für die Lautsprecherausgänge wurden entsprechend kräftige PC5/8 Typen gewählt, für alle anderen Anschlüsse das übliche Format MC 1,5/12. Neben den symmetrischen Eingängen gibt es noch eine weitere Reihe Anschlüsse, an denen pro Kanal ein 10 kOhm-Potentiometer zur PegelEinstellung angeschlossen

werden kann. Über die Kontakte und das Poti wird lediglich eine Gleichspannung als Stellgröße übertragen, das eigentliche Audiosignal ist hier nicht betroffen.

Zur Überwachung der Endstufe gibt es pro Kanal einen GPO-Alarmanschluss. Es werden beide Varianten für Alarmkontakte (Standard offen und Standard geschlossen) unterstützt. Für alle Endstufenmodelle werden der Ausfall der Stromversorgung, Übertemperatur, Gleichspannung am Ausgang oder auch ein Kurzschluss als Fehler gemeldet. Für die DSP-Modelle können über die Armonia-Software noch weitere Alarmzustände, wie der Ausfall des Pilottons oder auch die Über- oder Unterschreitung eines Toleranzbereiches für die Lastimpedanz aktiviert werden.

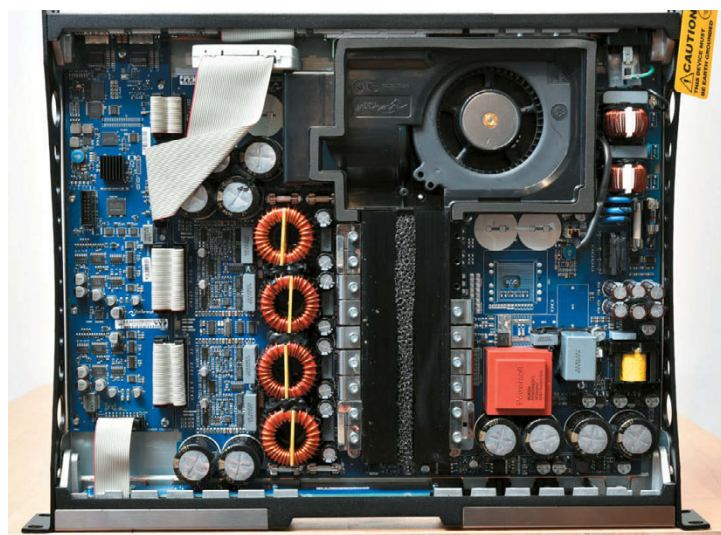
Über zwei Reihen DIP-Switches sind für jeden Ausgang separat die Einstellungen Low-Z/High-Z und 70 V oder 100 V für den High-Z-Modus wählbar. Im Weiteren kann noch ein Hochpassfilter aktiviert und auf 35 oder 70 Hz Eckfrequenz eingestellt werden. Die Hochpassfilter sind bevorzugt im High-Z-Modus einzusetzen, womit eine Überlastung der



Anschlussfeld mit Phoenix-Klemmen für die Ein- und Ausgänge und diverse andere Anschlüsse

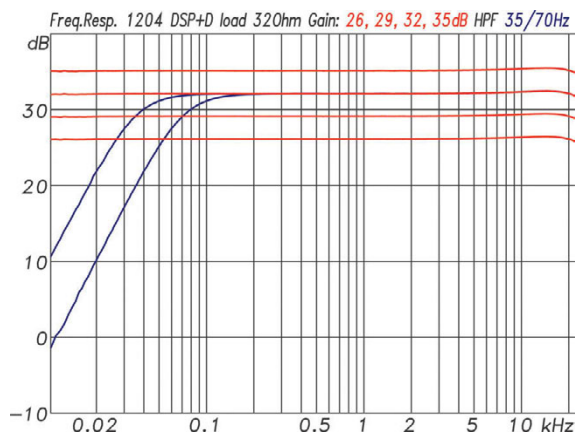
Übertrager in den Lautsprechern durch tieffrequente Signalanteile verhindert werden kann. Die Einstellungen sind unabhängig von der Armonia-Software und vom optionalen DSP-System in der Endstufe. Weitere DIP-Switches dienen zur globalen Einstellung der Verstärkung auf 26, 29, 32 oder 35 dB sowie für die Funktionen Energy Save und Breaker Save. Energy Save schaltet bei ausbleibendem Eingangssignal nach fünf Minuten zunächst die Ausgangsstufen der einzelnen Kanäle ab und nach 30 Minuten die gesamte Endstufe in den Standby-Modus. Breaker Save halbiert den maximal aufgenommenen Strom aus dem Netz und kann in

Notfällen eingesetzt werden, wenn zu viele Endstufen die Stromzuleitung überlasten könnten. Die mögliche Ausgangsleistung reduziert sich dann auch entsprechend. Über den Schalter mit der Beschriftung 2 Ohm kann für den Einsatz an niederohmigen Lasten die maximale Ausgangsspannung des Verstärkers auf 85 V_{pk} begrenzt werden. Für das hier vorgestellte Modell 1204 ist die Funktion nicht relevant, da die maximale Ausgangsspannung im Low-Z Modus ohnehin nur bei 80 V_{pk} liegt.

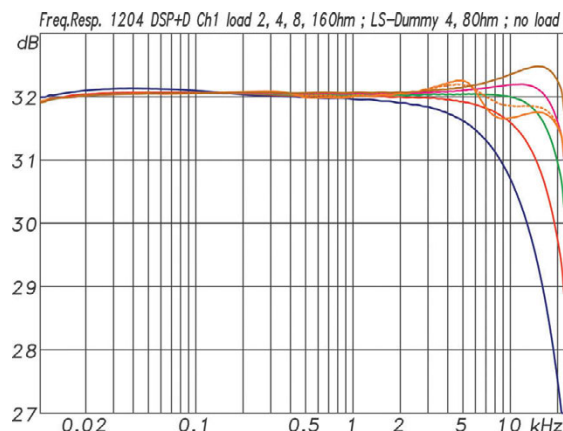


Innenaufbau der 1204 mit DSP-System und A/D-Wandler (links), Endstufen (Mitte) und Netzteil (rechts)

Für die eigentliche Funktion nicht relevant, aber dennoch interessant, ist ein kurzer Blick ins Innere der Endstufe. Die Aufnahme bei geöffnetem Deckel zeigt das zum Test gestellte Modell 1204 DSP+D. Alles sieht sehr geordnet und aufgeräumt aus. Die Kabelverbindungen sind auf ein Minimum beschränkt, so dass schon rein optisch das Gefühl von Zuverlässigkeit vermittelt wird. Mittig befindet sich der Kühlkanal mit einem großen flach liegenden Radiallüfter, der relativ geräuscharm seiner Aufgabe nachkommt. Rechts von Kühlkanal liegt das Schaltnetzteil, das hier in der 1204 als kleinstes Modell der Baureihe offensichtlich nicht komplett bestückt ist. Rechts oben an der Rückseite neben dem Lüfter erkennt man das Netzfilter und zwei Schmelzsicherungen für absolute Notfälle, wenn es einmal zu einem internen Defekt im Netzteil kommen sollte. Gut zu erkennen befinden sich auf der linken Seite des Kühlkanals die vier Endstufen mit ihren Ausgangsfiltern. Direkt daneben erkennt man die DSP-Platine mit vier Codecs vom Typ AKM AK4621. Pro Endstufe wird der Stereo DAC des Codecs im Parallelbetrieb eingesetzt, womit sich der Störabstand noch um weitere 3 dB verbessern lässt. Gleiches gilt für die ADCs der Codecs an den analogen Eingängen. Am oberen Ende der optionalen DSP-Platine sind noch das Dante Ultimo Interface zusammen mit



Frequenzgang der 1204 mit Hochpassfiltern bei 35 und 70 Hz sowie für die Gain-Einstellungen von 26, 29, 32 und 35 dB (Abb. 1)



Frequenzgang mit 2 (blau), 4 (rot), 8 (grün) und 16 Ohm (rosa) Lastwiderständen und mit 4 (orange) bzw. 8 Ohm (orange gestrichelt) Lautsprecher Dummy Loads (Abb. 2)

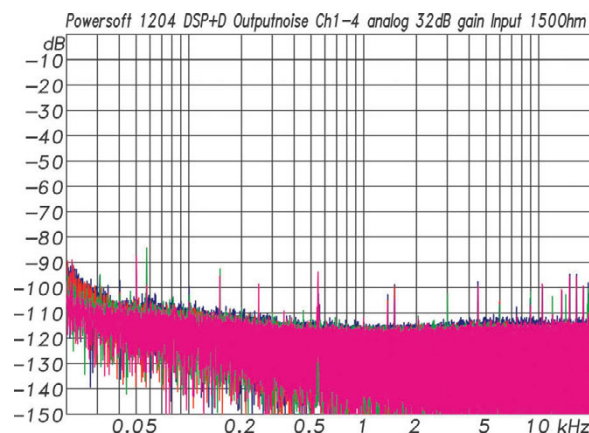
einem achtfachen Sample Rate Converter vom Typ AKM AK4128 und der Netzwerkanschluss untergebracht.

Messwerte Quattrocanali 1204

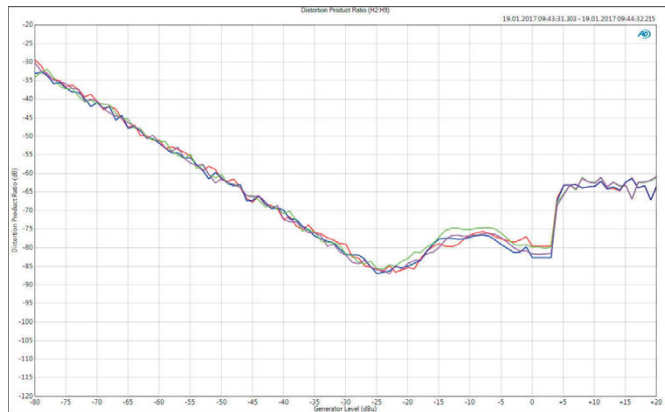
Zum Test gestellt wurde von Powersoft aus der Quattrocanali-Serie das Modell 1204 mit einer Nennleistung von 4×300 W an 4 Ohm und 8 Ohm sowie im High-Z-Modus. Beginnen wir bei den Messungen zunächst mit den Frequenzgängen. Abb. 1 zeigt dazu Messungen für 26, 29, 32 und 35 dB Gain und für 32 dB Gain mit aktiviertem 35 Hz oder 70 Hz Hochpassfilter. Beide Hochpassfilter sind Filter 2. Ordnung mit der Eckfrequenz am -3 dB-Punkt.

Bedingt durch das Schaltungskonzept einer Class-D-Endstufe mit passiven Tiefpassfiltern in den Ausgängen kommt es abhängig von der Last zu mehr oder weniger starken Schwankungen im Frequenzgang am oberen Ende des Übertragungsbereiches. Abb. 2 zeigt dazu die Messungen für rein ohmsche Lasten von 2, 4, 8 und 16 Ohm sowie mit Lautsprecher-Dummies für 4 und 8 Ohm Nennimpedanz. Sieht man vom Extremfall 2 Ohm einmal ab, dann halten sich die Schwankungen bis 10 kHz in einem Bereich von bis zu $\pm 0,4$ dB. An einer 4-Ohm-Last ist der Pegel bei 20 kHz um 2 dB abgefallen. Auch dieser Wert ist noch gut tolerabel. Sieht man sich dazu die zum Vergleich mit den Lautsprecher-Dummies gemessenen Verläufe an, dann kompensiert sich der Höhenabfall ohnehin nahezu vollständig, durch die bei Lautsprechern typisch zu hohen Frequenzen hin stark ansteigende Impedanz.

Anders dargestellt könnte man den Pegelverlust bei hohen Frequenzen auch über den frequenzabhängigen Innenwiderstand der Endstufe definieren. Bezieht man den Wert des Innenwiderstandes der Quelle dann noch auf die Lastimpedanz, dann wird daraus der bekannte Dämpfungsfaktor. Auf 4 Ohm bezogen ergibt das für die 1204 bei 100 Hz einen Wert von 870, bei 1 kHz von 110 und bei 10 kHz von 10. Wichtig ist ein hoher Dämpfungsfaktor vor allem bei tiefen Frequenzen, wo der Lautsprecher eine gute Kontrolle durch

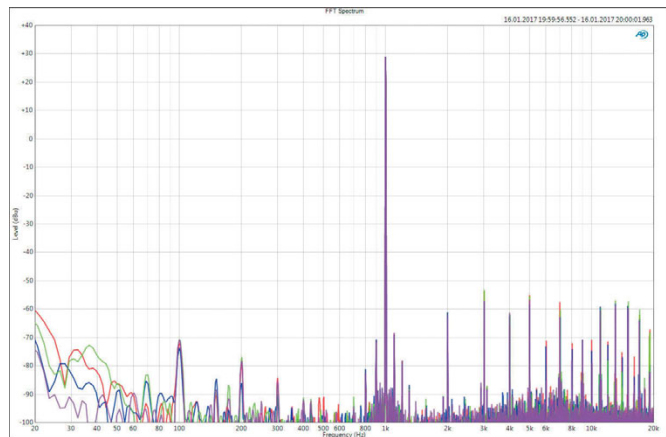


Störpektrum am Ausgang der 1024 (CH1 rot, CH2 blau, CH3 grün, CH4 rosa) bei Nutzung der analogen Eingänge und 32 dB Gain. Gesamtpegel -67 dBu und -69 dBu(A). Über die digitalen Eingänge gemessen, verbessern sich die Werte um ca. 3 dB. (Abb.3)



Klirrfaktor (THD) bei 1 kHz und 4 × 4 Ohm Last (CH1 rot, CH2 blau, CH3 grün, CH4 rosa) in Abhängigkeit vom Eingangspegel (x-Achse, Abb. 4)

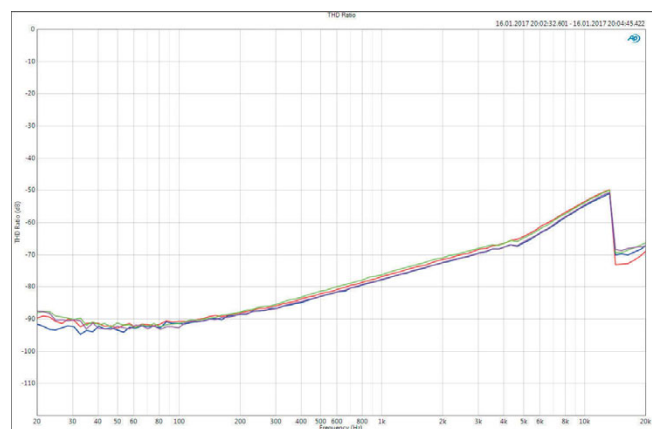
den Verstärker benötigt, um nicht zu lange auszuschwingen. Werte von 100 für die Endstufe sind in der Praxis schon mehr als hinreichend, da meist durch Kabel- und Kontaktwiderstände ohnehin noch größere Widerstände auf dem Signalweg entstehen. Möchte man den hohen Dämpfungsfaktor einer Endstufe bis zum Lautsprecher „transportieren“, dann gibt es die Möglichkeiten einer mitgeführten Sense-Leitung oder einer Art vorausseilenden Kabelkompensation, wie sie in der 1204 und auch bei anderen Powersoft-Endstufen schon eingebaut ist. Um Instabilitäten zu vermeiden, kann



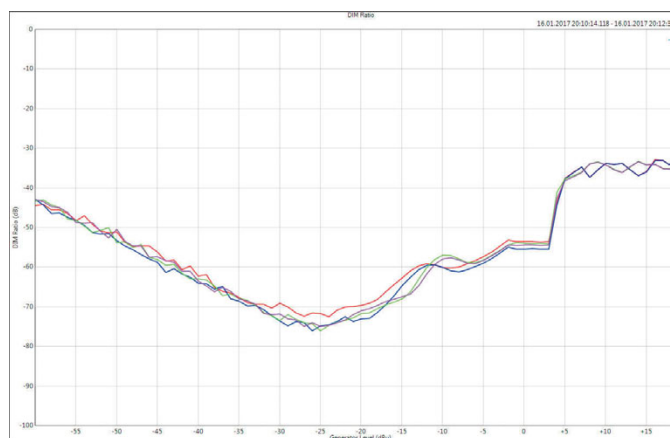
Klirrspektrum (THD+N) bei 1 kHz und 4 × 4 Ohm Last (CH1 rot, CH2 blau, CH3 grün, CH4 lila) bei einer Leistung von 4 × 150 W an 4 Ohm (Abb. 5)

das Verfahren aber nur bis maximal 400 Hz eingesetzt werden.

Betrachten wir als nächsten wichtigen Messwert den Dynamikumfang, dann wäre zunächst die maximale Ausgangsspannung zu bestimmen. Diese liegt für eine 1204 bei 80 V_{pk} und somit bei ca. 37,2 dBu. Dem gegenüber steht der an den Ausgängen zu messende Störpegel, der einmal bei Nutzung der analogen Eingänge und einmal mit Dante gemessen wurde. Die analogen Eingänge wurden dazu mit einem



Klirrfaktor (THD) bei 4 × 4 Ohm Last (CH1 rot, CH2 blau, CH3 grün, CH4 rosa) in Abhängigkeit von der Frequenz bei einer Leistung von 4 × 75 W an 4 Ohm (Abb. 6)



Intermodulationsverzerrungen DIM100 an 4 × 4 Ohm Last (CH1 rot, CH2 blau, CH3 grün, CH4 rosa, Abb. 7)

200 Ohm Widerstand abgeschlossen. Der so gemessene Störpegel lag bei -67 dBu unbewertet und bei -69 dBu A-bewertet. Nach der Umschaltung auf die digitale Signalzuspielung verbesserten sich die Werte noch um weitere 3 dB. Legt man den A-bewerteten Störpegel zu Grunde, dann erreicht die 1204 einen Störabstand von etwas mehr als 106 dB analog bzw. 109 dB bei einer Signalzuspielung über das Dante-Netzwerk. Die zugehörigen Störspektren aus Abb. 3 zeigen einige wenige und kleine monofrequente Komponenten und insgesamt einen leichten Anstieg des Spektrums zu den tiefen Frequenzen hin. Die Ursache dafür liegt laut Powersoft bei den verwendeten Codecs im DSP-System. Der Pegel der tieffrequenten Störanteile ist jedoch so gering, dass er nur im Labor erfassbar ist und in der Praxis keine Bedeutung hat.

Verzerrungswerte

Für die Verzerrungen gibt das Datenblatt Werte von 0,1 % und typisch kleiner 0,05 % an. Das entspricht in dB ausgedrückt -60 dB bzw. -66 dB. Abbildung 4 zeigt dazu den gemessenen Verlauf der THD-Werte, die bis zum Einsatz des Limiters für alle Kanäle an 4 Ohm unterhalb von -75 dB liegen. Auch mit Einsatz des Limiters ab $+3$ dBu Eingangspegel bleiben die Werte weiterhin noch knapp unter der -60 dB-Linie. Die Angaben aus dem Datenblatt werden damit voll erfüllt und auch der Limiter kommt seiner Aufgabe bestens nach.

Die spektrale Zusammensetzung der harmonischen Verzerrungen in Abb. 5 zeigt eine leichte Dominanz der ungeraden Anteile mit recht vielen Komponenten höherer Ordnung, die zwar nicht ganz so schön sind, sich jedoch allesamt auf geringem Niveau unterhalb von -80 dB befinden.

In Abhängigkeit von der Frequenz (Abb. 6) betrachtet, steigen die Verzerrungswerte beginnend von -90 dB bei 100 Hz mit ca. 6 dB/Oct. an, so dass bei 10 kHz noch -53 dB erreicht werden. Ein solches Verhalten ist bei vielen Geräten zu beobachten und entsteht durch die zu hohen Frequenzen hin in ihrer Wirkung nachlassende Gegenkopplung.

Bei den transienten Intermodulationen (Abb. 7) spiegelt sich das schon aus der THD-Messung bekannte Verhalten wider. Bei geringen Leistungen werden sehr gute Werte von -70 dB und weniger erreicht, die dann zu höheren Pegeln hin zunächst auf -60 dB und ca. 6 dB vor der Clipgrenze auf -55 dB ansteigen. Der Limitereinsatz oberhalb von $+3$ dBu Eingangspegel macht sich entsprechend bemerkbar, wo die Werte dann bei -35 dB liegen. Letzteres ist dem für Limiter schwierigen Signal geschuldet.

DSP, Netzwerk und Dante

Bei den Quattrocanali-Endstufen hat der Anwender die Wahl zwischen den Modellen mit oder ohne DSP-System. In der Version mit DSP ist auch ein Dante-Interface fester Bestand-

Processing: Besser im Amp oder extern?

DSP-Systeme zur Signalbearbeitung sind heute in der Audiotechnik zu einem festen Standard geworden, ebenso wie die Übertragung der Signale via Netzwerk. Aktuelle DSPs sind dabei so leistungsfähig, dass alle Funktionen in reichlicher Menge zur Verfügung stehen. Für Planer und Anwender stellt sich daher kaum noch die Frage, wie man die gewünschten Funktionen implementiert, sondern eher: Wo? Zentral innerhalb eines Audioservers im Netzwerk oder partiell dezentral, z. B. innerhalb der Endstufen? Welcher Weg hier der beste ist, ist natürlich von Fall zu Fall unterschiedlich. Verwendet man in großen Installationen auf Flughäfen, Bahnhöfen etc. sehr viele Lautsprecher und Endstufen des gleichen Typs, dann bietet es sich an, das Controller Processing für die Lautsprecher zentral zu bearbeiten und erst dann das Signal an die Endstufen zu verteilen. Hat man es jedoch mit komplexeren Lautsprecheranordnungen mit Mehrwegesystemen oder mit niederohmigen und 100 V-Systemen im gemischten Einsatz zu tun, dann ist das Controller Processing meist in der Endstufe besser aufgehoben. Häufig sind die Funktionen eines DSP-Systems innerhalb einer Endstufe auch spezifischer für Lautsprecher und daher besser geeignet für diese Aufgabe. Für manche Anwendungen reichen daher Endstufen, die einfach „nur“ Endstufen sind. In anderen Fällen hätte man gerne den Controller mit an Bord, was nicht zuletzt auch noch den großen Vorteil mit sich bringt, dass Controller und Endstufe gut aufeinander abgestimmt sind und der Controller aus erster Hand mitbekommt, was die Endstufe macht.

teil der Ausstattung. Zum Einsatz kommt das Ultimo-Modul von Audinate, das mit maximal vier Kanälen zur Ein- und Auspielung der Signale aus dem Netzwerk genau passend für die Quattrocanali-Endstufen ist. Zudem ist auch der Preis für das Ultimo-Modul vergleichsweise günstig. Als einziger Nachteil ist dabei in Kauf zu nehmen, dass der Ultimo-Chip keine redundante Vernetzung und auch keine Daisy-Chain-Verkabelung ermöglicht.

Das eigentliche DSP-System in den Quattrocanali-Endstufen ist in dieser Form schon aus der X-Serie von Powersoft bekannt. Gleiches gilt auch für die Bedienoberfläche in der Armonia-Software, die jetzt in der aktuellen Version 2.9.0 zur Bedienung der Quattrocanali-Modelle erweitert wurde.

Einen guten Überblick über das generelle Signalrouting und die Funktionen im Controller gibt das Blockschaltbild aus der Armonia-Software in Abbildung 8. Von links nach rechts gibt es die Wahl des Hardware-Inputs für die vier Eingänge, die anschließend in einer 4×4 Matrix zusammenkommen. Danach folgt das Input-Processing mit den Advanced-EQs und den Speaker-EQs. Der Advanced-EQ ist, wie es der Name schon sagt, mit dem speziellen Filtertyp „Raised Cosine“ ausgerüstet. Der nachfolgende Speaker-EQ ist hier als eine Art Cluster- oder Array-EQ zu verstehen. Das eigentliche Speaker-Processing mit X-Over, Limitern und EQs für die einzelnen Wege folgt dann im mit „Ways“ bezeichneten Block. Das vorgelagerte Speaker-Routing erlaubt es für aktive Mehrwegesysteme, mehrere Ausgänge aus einem Eingangskanal versorgen zu lassen.

Für die Signalzuspielung stehen die vier analogen Eingänge oder das Dante-Netzwerk zur Auswahl. Welche der vielen in einem Dante-Netzwerk gegebenenfalls vorhandenen Kanäle mit den vier Eingängen der Endstufe verknüpft werden, wird über die Dante-Controller-Software von Audinate eingestellt. Für jeden der vier Eingangswege besteht die Möglichkeit, unabhängig eine Priorität für das Dante-Netzwerk oder die analogen Eingänge zu definieren. Fällt der bevorzugte Signalweg aus, wird auf den alternativen Pfad umgeschaltet. In dieser Einstellung können auch Pegel und Delays angepasst werden, so dass eine mögliche Umschaltung (fall back) ohne Pegel- oder Delaysprung geschehen kann.

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 auch ein Custom-FIR-Filter. Eine typische Anwendung für dieses Filter mit maximal 384 Taps bei 48 kHz Samplerate wäre z. B. eine Beam-Forming-Funk-

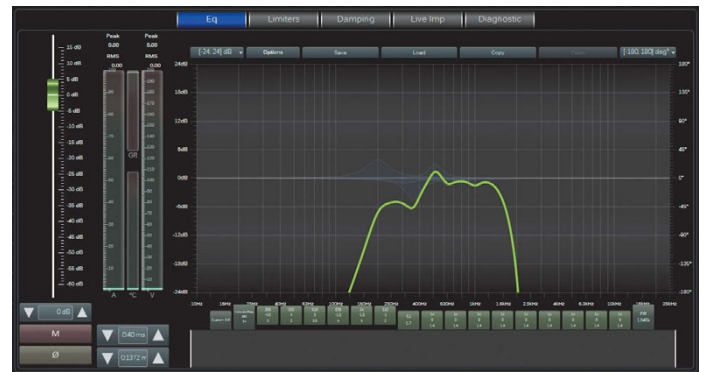
Advanced-EQ: Raised Cosine

Die Filter im Advanced-EQ des DSPs sind als sogenannte Raised-Cosine-Filter implementiert. Nach außen hin 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 daraus 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-Filterbank steht in den Quattrocanali-Amps ebenso wie in den X-Serie-Modellen für jeden Kanal zur Verfügung. In der Software gibt es dazu drei Layer, die alle den kompletten Funktionsumfang enthalten und je nach Anwendung aufgeteilt werden können. Ist ein Layer schon im Hersteller-Setup genutzt und gesperrt, dann können die beiden anderen trotzdem noch voll verwendet werden. Intern werden alle Layer dann unsichtbar zu einem Filter zusammengefasst und bearbeitet.

tion für Line-Arrays. Ebenfalls 384 Taps bietet ein Custom-FIR-Filter im Block „Output Processing“. Ebenfalls dort finden sich noch 16 IIR-Filter mit den bekannten Funktionen und je ein Hoch- und Tiefpassfilter pro Weg. Neben den üblichen Charakteristika wie Butterworth, Linkwitz-Riley und Bessel sind ab 400 Hz aufwärts auch linearphasige Hoch- und Tiefpässe möglich. Mit Hilfe dieses Filterblocks kann das typische Controller-Processing für die einzelnen Wege eines aktiven Lautsprechers einschließlich kombinierte Amplituden- und Phasenzerrung durch das FIR-Filter eingestellt werden.



Blockschaltbild der 1204-DSP+D Endstufe in der Armonia-Software (Abb. 8)



Filterkonfiguration in der Armonia-Software. Pro Ausgang stehen je 16 Bi-Quad IIR-Filter, Hoch- und Tiefpassfilter und customized FIR-Filter zur Verfügung (Abb. 9)

Limitier

Ein Blick in die Limiter-Einstellungen der Armonia-Software zeigt eine opulente Auswahl von fünf Limitern, die zum Schutz der Lautsprecher eingestellt werden können. Die Endstufe selber verfügt zusätzlich noch über eigene Limiter, die ein Clipping oder eine Überlastung der Endstufe oder des Netztes verhindern. Auf diese Limiter hat der Anwender verständlicherweise keinen Zugriff. Zum Schutz der Lautsprecher ist zu unterscheiden zwischen Spannungs-, Strom- und Leistungslimitern. Die Spannungslimiter agieren unabhängig von der Last. Der Stromlimiter misst den tatsächlichen

Ausgangsstrom und der Leistungslimiter berechnet aus Strom und Spannung die Ausgangsleistung.

Für den Stromlimiter wird der Effektivwert (RMS) des Stromes zu Grunde gelegt und für Leistungslimiter ein gemittelter Leistungswert. Neben dem Schwellwert können die Attack- und Release-Zeiten eingestellt 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 Signal-



Limiterstruktur der 1204 mit fünf Instanzen (Abb. 10)



Diagnosestruktur der 1204 mit Pilotton und Last-Überwachung (Abb. 11)

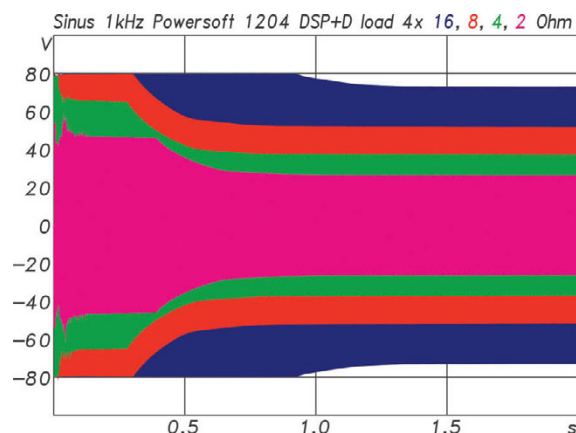
spitzen bis zu einer gewissen Dauer passieren lässt. Trotzdem gibt es auch immer wieder Fälle, wo eine bestimmte Spannung, auch nicht für kurze Zeit, überschritten werden darf. Um das zu erreichen, gibt es dann noch den Cliplimiter, der ohne Zeitkonstante alles oberhalb des Grenzwertes hart abfängt. Eingestellt wird für den Cliplimiter der Grenzwert ebenfalls als Spitzenwert. Abb. 10 zeigt dazu die Limiter-Einstellungen in der Armonia-Software. In der oberen Reihe werden die Spannungslimiter für den RMS-Wert, den Peak-Wert und den harten Clip-Wert eingestellt. Darunter befinden sich die Einstellungen für den Strom- und Leistungslimiter. Für diese beiden ist bei der Anwendung zu beachten, dass bei einer Parallelschaltung von mehreren Lautsprechern die Werte entsprechend anzupassen sind.

Weitere wichtige Funktionen der Armonia-Software finden sich im Diagnostic Modul. Dazu gehören ein Pilottongenerator und eine Pilottondetektion sowie zwei Module zur Lastüberwachung. Diese können die Impedanz der angeschlossenen Last entweder breitbandig mit dem Nutzsignal bestimmen oder bei einer bestimmten einstellbaren Frequenz gezielt messen. In beiden Fällen können obere und untere Grenzwerte angegeben werden, bei deren Über- oder Unterschreiten eine Fehlermeldung ausgelöst wird.

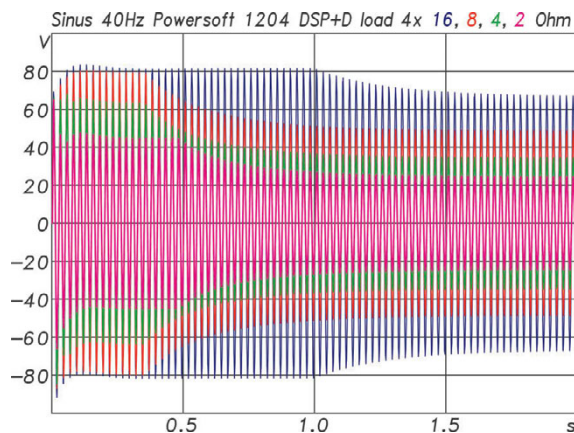
Leistungsmessung

Es gibt daher mehrere Faktoren, die die maximale Ausgangsleistung einer Endstufe bestimmen. Das beginnt mit der maximalen Ausgangsspannung, die durch die Netzteilspannung in der Endstufe und durch die höchst zulässige Spannung für die Halbleiter in der Endstufe definiert wird. Für die Quattrocanali liegt dieser Wert im 100 V Modus bei ca. $150 V_{pk}$. Ebenfalls durch die Halbleiter definiert ist der maximale Ausgangsstrom, der für die 1204 mit $33 A_{pk}$ angegeben wird. Beide Werte sind im Datenblatt aufgeführt und konnten bei unseren Messungen mit Burst-Signalen erreicht oder übertroffen werden.

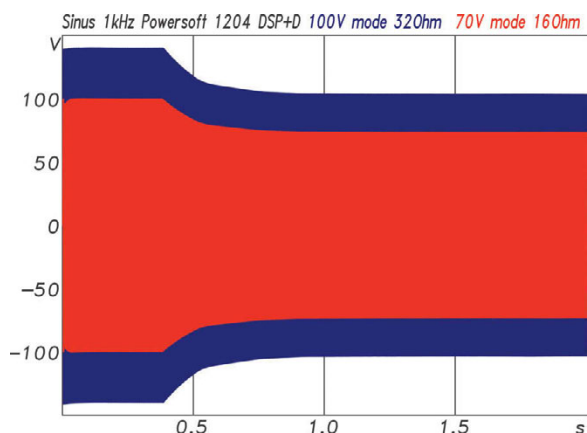
Die nächste Frage ist nun, welche Spannung und welchen Strom kann die Endstufe an bestimmten Lasten über welche Zeitspanne liefern? Ein Extrem ist die Belastung mit einem konstant anliegenden Sinussignal parallel auf allen Kanälen. Je nach Last greift dann über kurz oder lang die Strombegrenzung in den Endstufen und/oder im Netzteil und reduziert die Ausgangsspannung. Auch wenn ein konstantes Sinussignal kein typisches Signal für eine Endstufe außerhalb des Labors darstellt, lässt sich doch mit solchen Messungen gut nachvollziehen, welche mittlere Leistung P_{avg} eine



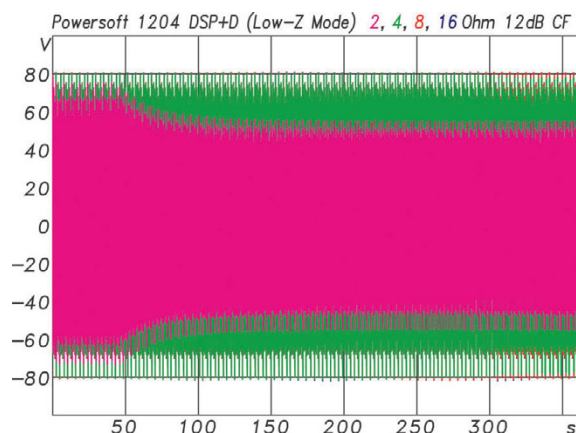
Ausgangssignal für ein 1 kHz Sinussignal bei voller Aussteuerung und einer Last von $4 \times 2, 4, 8, 16 \text{ Ohm}$ (Abb. 12)



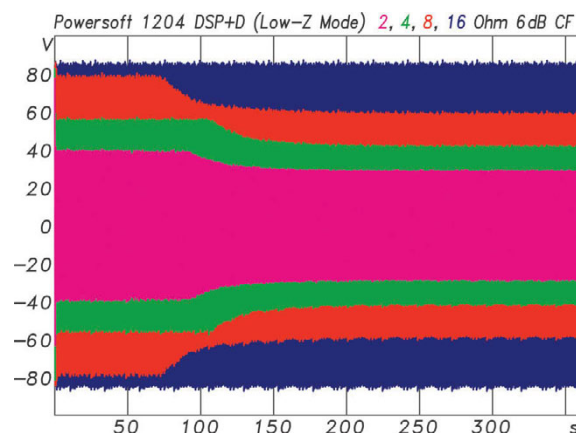
Ausgangssignal für ein 40 Hz Sinussignal bei voller Aussteuerung und einer Last von $4 \times 2, 4, 8, 16 \text{ Ohm}$ (Abb. 13)



Ausgangssignal für ein 1 kHz Sinussignal bei voller Aussteuerung im 70 V-Modus mit 16 Ohm Last und im 100 V-Modus mit 32 Ohm Last (Abb. 14)



Ausgangssignal für ein EIA426B Noise mit 12 dB Crestfaktor bei voller Aussteuerung und einer Last von $4 \times 2, 4, 8, 16$ Ohm (Abb. 15)



Ausgangssignal für ein EIA426B Noise mit 6 dB Crestfaktor bei voller Aussteuerung und einer Last von $4 \times 2, 4, 8, 16$ Ohm (Abb. 16)

Endstufe im zeitlichen Verlauf zu liefern in der Lage ist. Die mittlere Leistung oder auch Average Power wird gerne auch nicht ganz korrekt als RMS Power bezeichnet, was vermutlich in der Berechnung als Produkt aus dem RMS Spannungs- und RMS Stromwert begründet ist.

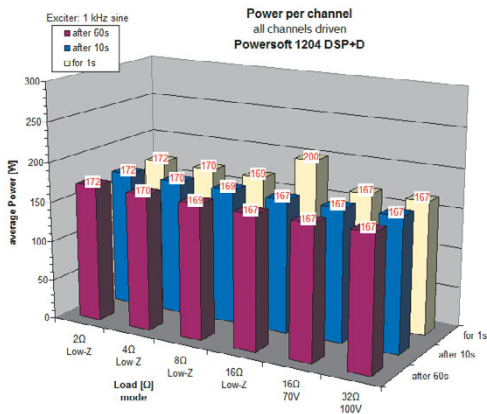
$$P_{avg} = \frac{1}{T} \int_0^T i(t) \cdot u(t) dt = U_{rms} \cdot I_{rms}$$

Abb. 12 zeigt eine solche Messung mit einem konstant anliegenden Sinussignal von 1 kHz bei gleichzeitiger Aussteuerung aller Kanäle an Lasten von 2, 4, 8 und 16 Ohm. An 4, 8 und 16 Ohm setzt das Signal zu Beginn mit der maximalen Ausgangsspannung von $80 V_{pk}$ ein. Abhängig von der Last bleibt dieser Zustand dann an 4 Ohm für wenige ms bis zu einer 1 s an 16 Ohm erhalten. Danach wird unabhängig von der Last auf eine Leistung von 170 W pro Kanal limitiert. Eine zweite identische Messreihe wurde anstatt des 1 kHz Sinus mit einem 40 Hz Sinus (Abb. 13) durchgeführt, was zu identischen Ergebnissen führte. Speziell unter dem Aspekt des Einsatzes in der Festinstallation wurde auch noch das Verhalten im 70 V- und im 100 V-Modus geprüft. 300 W an 70 V bedingt eine 16 Ohm Last und 300 W an 100 V eine 32 Ohm Last. Die Ergebnisse aus Abb. 14 zeigen, dass die Nennspannungen von 70 oder 100 V exakt erreicht werden und entsprechend auch die Leistung von 300 W in beiden Fällen. Nach ca. 0,4 s greift dann auch hier der Limiter, der auf die schon bekannten 170 W pro Kanal reduziert. Grundsätzlich

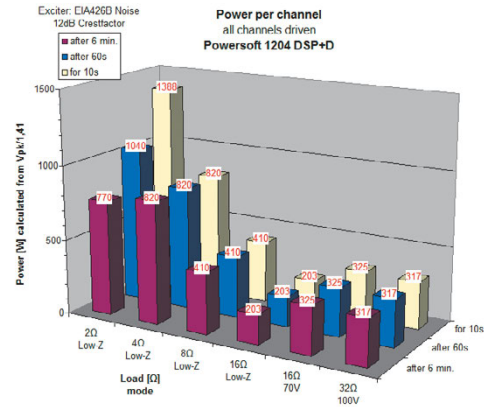
ist eine solche Limitierung kein Problem, da Sprach- und Musiksignale wesentlich höhere Crestfaktoren haben und daher der Limiter für die 170 W average Power niemals eingreifen wird. In der EN54-16 zum Thema Sprachalarmzentralen in Brandmeldeanlagen wird jedoch für eine Zeitspanne von einer Minute die Nennleistung mit einem Sinussignal gefordert. Eine Zertifizierung innerhalb einer EN54 Sprachalarmzentrale wäre daher nicht möglich.

Eine weitere Messreihe unter den gegebenen Bedingungen mit Lasten von 2 Ohm bis 16 Ohm und im 70- bzw. 100 V-Modus wurde mit Rauschsignalen nach EIA-426B mit 6 dB und mit 12 dB Crestfaktor durchgeführt. Ein Crestfaktor von 12 dB kann für normale Ansagen und Musik als typisch betrachtet werden. Ein Wert von 6 dB wird dagegen nur bei extremer Kompression des Signals erreicht. Für das Signal mit 12 dB Crestfaktor ist das Verhalten der 1204 über eine Zeitspanne von 360 s in Abb. 15 dargestellt. An 4, 8 und 16 Ohm bleibt die maximale Ausgangsspannung von $80 V_{pk}$ über die gesamte Messdauer erhalten. Der Effektivwert bzw. RMS-Wert der Ausgangsspannung beträgt dabei 20 V. An 4 Ohm bedeutet das eine mittlere Leistung von 100 W pro Kanal. An einer 2-Ohm-Last beträgt die maximale Ausgangsspannung nach 360 s noch $55 V_{pk}$, die an 2 Ohm auch wieder einer mittleren Leistung von ca. 100 W pro Kanal entsprechen.

Etwas anders sieht es dann bei einem Crestfaktor von 6 dB in Abb. 16 aus. Hier bleibt die volle Ausgangsspannung nur



Sinus Leistungswerte bei gleichzeitiger Belastung aller Kanäle und Messung mit einem konstant anliegenden Sinussignal (Abb. 17)

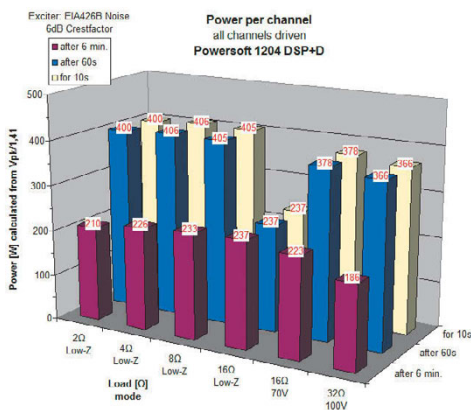


EIA426B Leistungswerte bei gleichzeitiger Belastung aller Kanäle und Messung mit einem Noise mit 12 dB Crestfaktor, Leistungsangaben berechnet aus der Spitzenspannung geteilt durch 1,41 (Abb. 18)

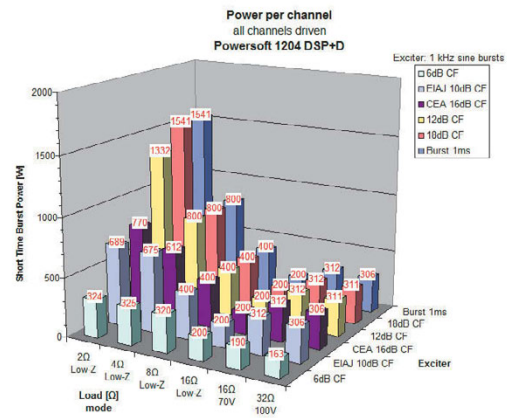
an der 16-Ohm-Last erhalten. An geringeren Lastwiderständen setzt nach 60 s ein Limiter ein, der die mittlere Leistung auf Werte zwischen 105 und 120 W pro Kanal begrenzt. Für beide Signale mit 6 dB und mit 12 dB Crestfaktor wurde die 360 s Messung auch im 100 V-Modus an einer 32-Ohm-Last durchgeführt. Die Endstufe lieferte bei dieser Messung ein dauerhaft stabiles Ausgangssignal für einen Crestfaktor von 12 dB. Wird der Crestfaktor auf 6 dB reduziert, dann greift

nach 50 s der Limiter ein, der die Ausgangsspannung auf einen Wert von 93 V_{pk} reduziert.

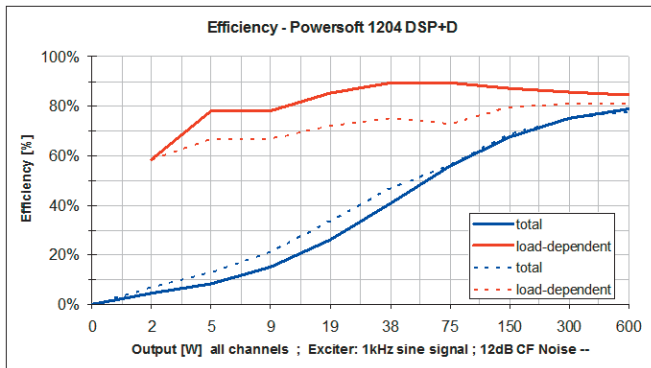
Anhand der bisherigen Messungen mit Sinussignalen und Rauschen mit 6 und 12 dB Crestfaktor ist bereits ein guter Überblick über die Leistungsfähigkeit der Endstufe möglich. Die maximale mittlere Leistung der 1204 liegt pro Kanal nach 60 s bei 170 W. Signale mit 12 dB Crestfaktor werden mit



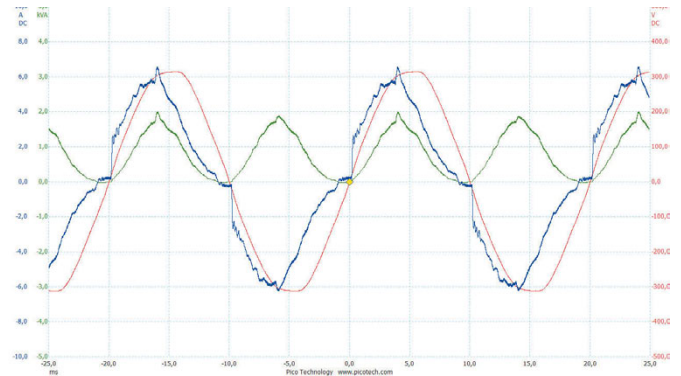
EIA426B Leistungswerte bei gleichzeitiger Belastung aller Kanäle und Messung mit einem Noise mit 6 dB Crestfaktor, Leistungsangaben berechnet aus der Spitzenspannung geteilt durch 1,41 (Abb. 19)



Burst Leistungswerte bei gleichzeitiger Belastung aller Kanäle mit Sinusburst und Burstsignalen mit verschiedenen Crestfaktoren. Leistungsangaben als Kurzzeit RMS-Werte (Abb. 20)



Wirkungsgrad der 1204 in % in Abhängigkeit von der abgegebenen Leistung (x-Achse). In rot die Kurve ohne Grundlast, die einen sehr guten Wirkungsgrad der Endstufen erkennen lässt. (Abb. 21)



Verlauf von Netzspannung (rot), Netzstrom (blau) und der daraus berechneten Leistungsaufnahme (grün) mit einem RMS-Wert von 835 VA (Scheinleistung) (Abb. 22)

Ausnahme einer 2-Ohm-Last dauerhaft mit der maximal möglichen Ausgangsspannung von $80 V_{pk}$ übertragen und Signale mit nur 6 dB Crestfaktor werden nach etwas mehr als 60 s auf eine mittlere Leistung von 115 W limitiert.

Ergebnisse: Leistungswerte

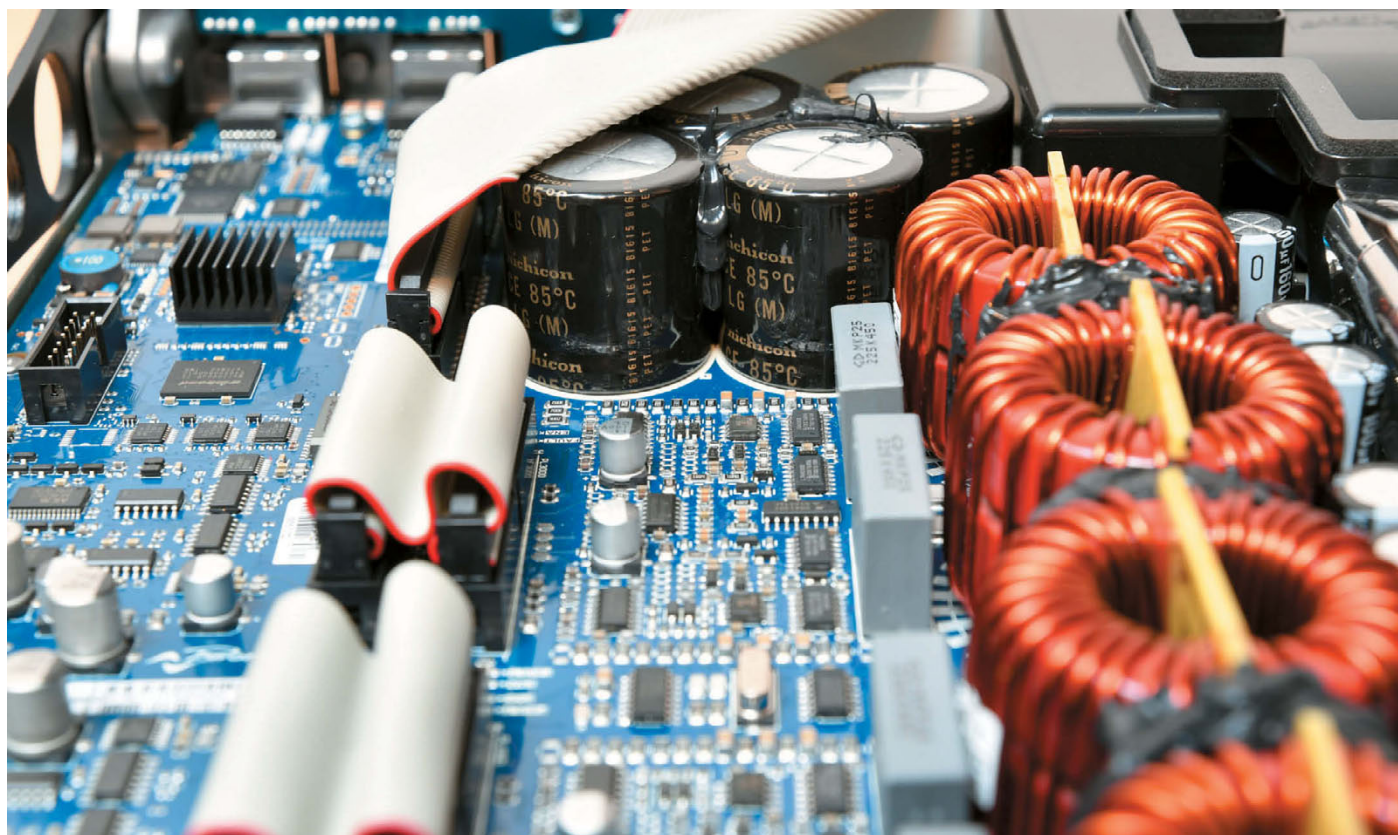
Die nachfolgenden Diagramme geben eine Übersicht über die Leistungsmessungen an allen Lasten und für verschiedene Zeitspannen von 1 s bis zu 360 s. Die Leistungswerte sind aus Gründen der besseren Vergleichbarkeit immer aus dem gemessenen Spitzwert der Spannung geteilt durch 1,414 berechnet und damit so, wie bei einem Sinussignal. Für ein konstantes Sinussignal mit 3 dB Crestfaktor entspricht der Wert dann auch der mittleren Leistung P_{avg} . Bei Signalen mit mehr als 3 dB Crestfaktor gilt dieser Zusammenhang nicht mehr. Der Wert bleibt aber gut vergleichbar mit der Sinusmessung. Alternativ könnte man auch nur den Peakwert der Leistung angeben, was ebenfalls gut untereinander vergleichbar wäre, aber nicht den üblichen Messmethoden entsprechen würde.

Abb. 17 zeigt eine Übersicht aller Messungen mit einem konstanten Sinussignal für Zeitspannen von 1 s bis 60 s. Die so gemessene maximale Leistung liegt durchgängig in einer Größenordnung von 170 W pro Kanal. Die Limitierung erfolgt über die maximale Leistung des Netzteils. Für das 12-dB-Crestfaktor-Signal (Abb. 18) ist dagegen bis auf den 2-Ohm-

Betrieb immer die maximale Ausgangsspannung der limitierende Faktor. Dem entsprechend verdoppelt sich für jede Halbierung der Impedanz auch die Leistung. Erst bei einer 2-Ohm-Last wird eine Verdopplung gegenüber der 4-Ohm-Messung nicht mehr ganz erreicht.

Reduziert sich der Crestfaktor auf 6 dB (Abb. 19), dann ist nur noch an 16 Ohm die maximale Ausgangsspannung der limitierende Faktor. Für alle anderen Lasten ist jetzt wieder die mittlere Leistung der begrenzende Wert. Diese liegt für das 6-dB-Crestfaktor-Signal in den ersten 60 s bis auf die 16-Ohm-Messung unabhängig von der Last bei ca. 200 W und nach 360 s dann bei 115 W.

Neben den hier vorgestellten Verfahren zur Leistungsmessung gibt es auch noch einige andere Methoden. Der Unterschied liegt dabei meist in der Art des Messsignals und hier speziell im Crestfaktor. Ein gewünschter Crestfaktor lässt sich bei Rauschsignalen über ein gezieltes Clipping des Signals erreichen oder bei Burst-Signalen über die Dauer und den Pegelsprung des Bursts. Zwei typische Vertreter der Burst-Messung sind in der CEA Richtlinie und nach EIAJ definiert. Die nach EIAJ Vorgaben definierte Messung arbeitet mit 8 ms langen Sinusbursts, die sich alle 40 ms wiederholen. Daraus resultiert ein Crestfaktor von 10 dB. Orientiert man sich an CEA-2006-B Richtlinie, dann wird mit 20 ms langen Bursts alle 500 ms gemessen. Im Gegensatz zur EIAJ Methode wird das Signal hier zwischen den Bursts aber



Vier Endstufenkanäle in der 1204 mit Ausgangsfilter (rechts)

nicht komplett abgeschaltet, sondern nur um 20 dB reduziert. Der Crestfaktor beträgt 16 dB. Der Leistungswert einer solchen Messung wird für den Zeitraum des Bursts von 8 ms oder 20 ms bestimmt. Burst-Messungen mit einer hinreichenden Anzahl von Perioden im Burst bieten zudem noch den Vorteil neben der Leistung, auch noch die harmonischen Verzerrungsanteile im Signal bewerten zu können. Abb. 20 zeigt dazu die Messergebnisse der 1204 für diese beiden Messmethoden. Zusätzlich gibt es auch noch die Werte für einen einzelnen 1 ms Burst und für weitere Burst-Signale mit 6, 12 und 18 dB Crestfaktor. Diese bestehen aus einem 1 kHz Sinus mit sich im 100 ms Abstand wiederholenden 2 ms langen Bursts, über deren Höhe der Crestfaktor eingestellt wird.

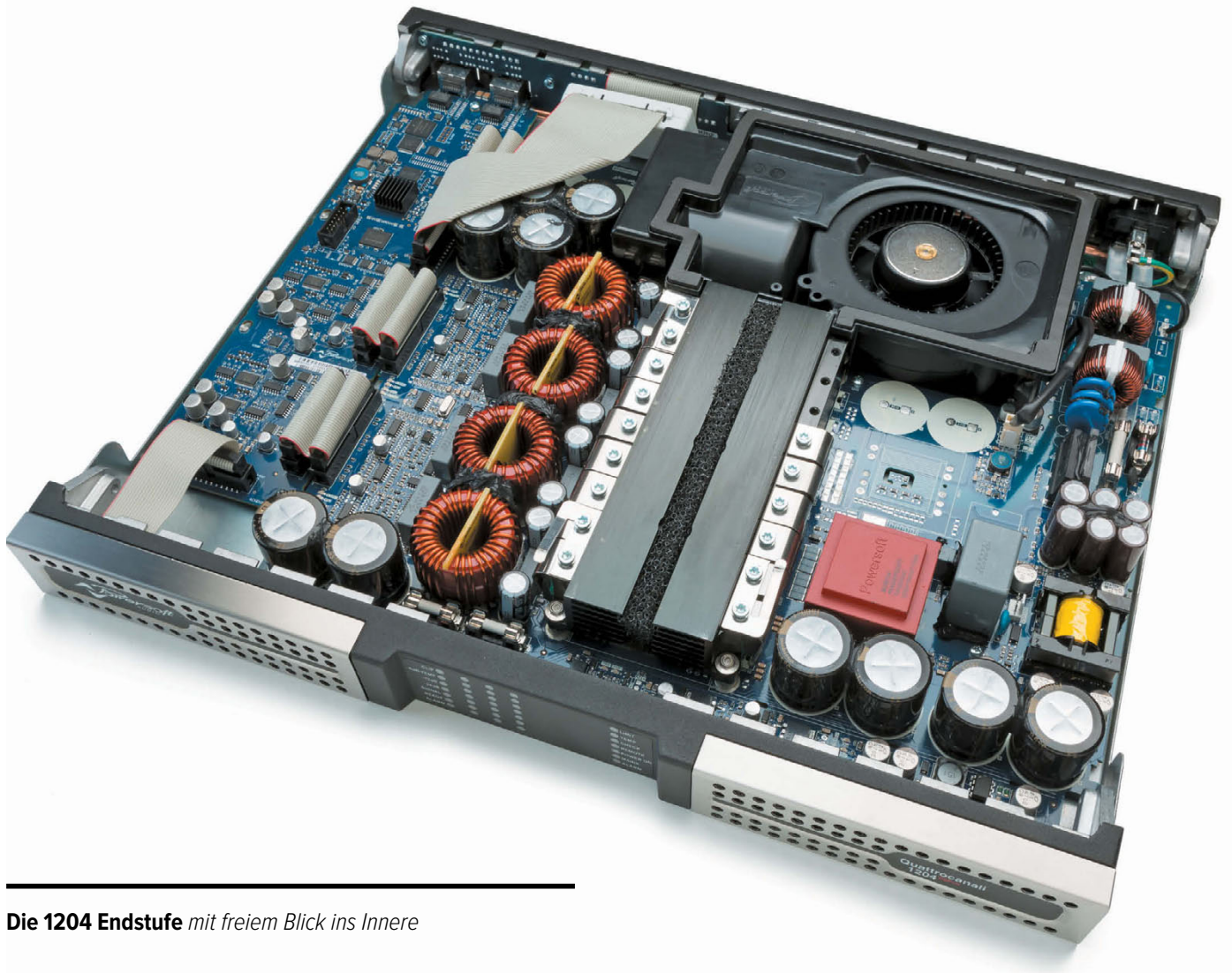
Netzlast

Eine letzte messtechnische Betrachtung gilt der aus dem Stromnetz aufgenommenen Leistung. Die Werte im Standby- und Idle-Modus sind dabei speziell für Geräte in Festinstallationen besonders wichtig, da es hier häufig um Dauer-

betrieb geht und auch kleine Leistungsunterschiede übers Jahr gerechnet zu großen Kosten führen können. Für die Quattrocanalis lässt sich ein Energiesparmodus aktivieren, der zunächst einzelne Kanäle und dann auch die komplette Endstufe automatisch in den Standby-Modus schaltet. In den Endstufen sind dafür zwei Netzteile verbaut. Ein großes für den normalen Betrieb und ein Hilfsnetzteil, das auch im Standby-Modus noch die Kontrolle und Fernsteuerung der Endstufe ermöglicht. Beide Netzteile sind als Weitbereichschaltung ausgelegt und können an Stromnetzen von 85 bis 275 V betrieben werden. Die nachfolgende Liste zeigt einige Werte der Leistungsaufnahme aus dem Stromnetz für verschiedene Betriebszustände:

Standby:	17 W
No Signal (Idle):	30–50 W
Max.Power 12 dB CF und 4 × 4 Ohm:	770 W
Max. Power Sinus:	761 W

Im Idle-Modus ist die Leistungsaufnahme nicht immer konstant. Ein typischer Wert liegt bei 32 W, der sich aber zeit-



Die 1204 Endstufe mit freiem Blick ins Innere

weise auf 50 W erhöht. Der vorletzte Wert mit 770 W ist die Leistungsaufnahme, wenn die Endstufe mit einem Signal mit 12 dB Crestfaktor voll ausgelastet wird. Zieht man davon 30 W Grundlast ab und setzt die dann noch verbleibenden 740 W ins Verhältnis zu einer abgegebenen Leistung von 600 W, dann kommt man auf einen Wirkungsgrad von 81 %.

Die Kurven aus Abb. 21 zeigen das Verhältnis der abgegebenen zur aufgenommenen Leistung, respektive des Wirkungsgrades, in Abhängigkeit von der Ausgangsleistung. Die blaue Kurve setzt die gesamte aufgenommene Leistung ins Verhältnis zur abgegebenen Leistung, die rote nur den lastabhängigen Anteil ohne Grundlast. Die Messungen erfolgten mit Sinussignalen (durchgezogene Kurven) und mit einem 12 dB Crestfaktor Noise (gestrichelte Kurven). Ohne Grundlast liegt der Wirkungsgrad in einer Größenordnung von 75 %

bis zu 90 % je nach Signaltyp und Lastzustand. In jedem Fall sind die Werte als sehr gut einzustufen.

Die Netzteile der Quattrocanali-Endstufen sind mit einer PFC (Power Factor Correction) ausgestattet, die bei hohen Leistungen eine verzerrungsarme Stromaufnahme aus dem Stromnetz sicherstellen soll. Das Ziel ist, die Endstufe möglichst vergleichbar einem rein ohmschen Verbraucher im Netz erscheinen zu lassen. Wie gut das gelingt, wird über den Leistungsfaktor (PF) abgebildet. Abb. 22 zeigt dazu exemplarisch den Verlauf der Netzspannung (rot), den Stromverlauf (blau) und die daraus berechnete Momentanleistung (grün). Gemessen wurden die Verläufe bei einer Ausgangsleistung von 4×150 W. Der Leistungsfaktor lag bei dieser Messung bei sehr guten 0,91. Dieser Wert wird jedoch nur bei voller Auslastung der Endstufe erreicht. Greift nach 60 s

Übersicht: Powersoft Quattrocanali 1204 DSP+D

Leistung 4 Ohm/4 Ch in W pro Ch	Sinus 10 s	12 dB CF 60 s	Peak 1 ms
	170	800	800

Noise	dBu	dBu(A)
	-67	-69

Dynamik	dB	dB(A)
	104	106

f[Hz]	20	1 k	20 k
Gain dB	32,1	32	29,7
Phase °	+10	0	-100
HP-Filter	<5 Hz (35/70 opt)		
TP-Filter	21,5 kHz		

f[Hz]	100	1 k	10 k
CTC dB	90	85	45
CMRR dB	65	65	60
DF rel. 4 Ohm	800	110	10

THD(f) 25 % Power [dB]	-91	-77	-54
	Min.	vor Clip	

THD 1 kHz	-86	-80
DIM100	-75	-55

Netzteil	HF-Schaltnetzteil mit PFC 85–275 V AC
Sleep	-
Standby	17 W
No signal	30–50 W
Full power	770 W @ 4 × 4 Ohm bei 12 dB CF

Gewicht in kg	6,8
UVP incl. MwSt.	1.760,00 €
S.Nr.	003 000 45
Schaltung	Class-D
DSP System	Powersoft Armonia
Remote	Armonia Software ab 2.9.0

der Limiter und reduziert die Leistungsaufnahme ein wenig, dann fällt der Leistungsfaktor auf 0,75. Eine Rückfrage bei Powersoft dazu ergab, dass die PFC erst ab einer Ausgangsleistung der Endstufe von 500 W voll arbeitet. Speziell für die 1204 als kleinstes Modell wird dieser Wert jedoch nur im Labor mit Sinussignalen erreicht.

Fazit

Mit der Quattrocanali-Endstufenserie stellt der renommierte italienische Endstufenhersteller Powersoft eine neue Baureihe mit dem Schwerpunkt Festinstallation vor. Mit Leistungen von 4 × 300 W bis 4 × 1.200 W und der Möglichkeit, 100 V-Systeme im direct drive ohne Übertrager zu speisen, decken die Quattrocanali-Modelle die meisten Aufgaben für Endstufen in Festinstallationen ab. Zusammen mit dem optionalen DSP-System und dem Dante-Interface ergeben sich noch sehr viel mehr potenzielle Anwendungen in der Signalverarbeitung, Fernsteuerung und Überwachung. Das DSP-System bietet den kompletten Funktionsumfang aus Powersofts Spitzenmodellen der X-Serie und das für einen sehr verträglichen Aufpreis von gerade einmal 440 € inklusive Dante-Interface. Im Labor zeigte die 1204 DSP+D durchgängig gute und sehr gute Werte. Geringe Verzerrungen, ein guter Störabstand und Leistungswerte, die stabil eingehalten werden, können überzeugen. Die Werte für die kurzzeitig verfügbare Spitzenleistung liegen zudem weit über der Nennleistung, womit die Quattrocanali 1204 einen großen Headroom bietet. Einer besonderen Erwähnung bedarf auch noch die zum DSP-System gehörige Armonia-Software, mit deren Hilfe die Konfiguration der Endstufe trotz des riesigen Funktionsumfangs leicht von der Hand geht. Hoch erfreulich dürfte für potenzielle Anwender in Anbetracht der gebotenen Fähigkeiten und Funktionen auch die Preisgestaltung der Quattrocanali-Serie sein.

Die hier nicht getestete Standardversion der Quattrocanali ohne DSP-Option lässt sich per Ethernet mit der Armonia-Software verbinden und bietet Level-/Mute-Kontrolle sowie Statusüberwachung der Endstufe.