



## CAMCO VORTEX 6

*Camcos erster Touring-Amp mit Schaltnetzteilen und Class-H-Technik liefert 6 kW*

Mit den Vortex-Modellen bringt der renommierte deutsche Endstufenhersteller Camco eine neu entwickelte Endstufenreihe heraus, die auf Schaltnetztechnologie und bipolaren Endstufen in Class-H-Technik basiert. Als herausragende Features bieten diese Endstufe neben einem sehr günstigen Leistungs/Gewichts-Verhältnis auch noch einige schaltungstechnische Kniffe, die eine nähere Betrachtung wert sind.

Schon seit vielen Jahren hat sich die im südlichen Sauerland ansässige Firma Camco neben ihren diversen Vertriebstätigkeiten mit hochwertigen eigenen Produkten einen exzellenten Ruf verschafft. Hierzu gehören Dimmerpacks in allen Größenordnung und die Camco-Endstufen, die aktuell in den Serien DL und DX gefertigt werden. Beide Modellreihen haben den Ruf qualitativ hochwertiger und unverwundlicher Arbeitsgeräte, was sich allerdings zwangsläufig auch im nicht unerheblichen Gewicht dieser Endstufen mit herkömmlicher Netzteiltechnik niederschlägt. Gemäß den aktuellen Trends entwickelte man nun mit der Vortex 6 das erste Modell der völlig neuen Vortex-Serie. Entwickler Carsten Wegner setzte dabei erstmals auf Schaltnetzteiltechnologie, ohne die moderne Endstufen in dieser Lei-

stungsklasse wohl kaum noch eine Zukunft haben dürften. Zielsetzung war es, in die Kategorie mit 6000 Watt Gesamtleistung vorzustoßen, was dann bereits verschärfte Ansprüche an die peripheren Schaltungen und Sicherheitstechniken stellt, da eine „normale Steckdose“ letztendlich nur 3600 Watt Leistung längerfristig zu liefern vermag.

### GERÄTEBESCHREIBUNG

Äußerlich sieht man der Vortex kaum ihre Leistungsfähigkeit an, da sie geradezu leichtgewichtig mit 12,4 kg in einem 2 HE Gehäuse daherkommt. Die Frontseite wird von einem als Designelement ausgebildeten Lüftungsgitter mit Schaumstoffabdeckung dominiert, das es auch auf größere Entfernung erlaubt, die Vortex sicher zu erkennen, ohne dass das Design dabei aufdringlich wirkt. Neben einem kleinen Netzschalter, der natürlich kein Netzauptschalter ist, finden sich auf der Frontplatte noch zwei Pegelsteller und pro Kanal eine Betriebsanzeige, eine Signal-Present- und eine Clip-LED. Drei weitere LEDs dienen als Statusanzeigen und informieren über Fernsteueraktivitäten sowie die Betriebsart.

Sämtliche Bedienelemente auf der Frontplatte sind in der unteren linken Ecke leider so eng zusammengedrängt worden, dass ein genaues Einstellen oder Erkennen schon eine gute Beleuchtung und Nähe zum Gerät verlangen. Beides ist im natürlichen Lebensraum von Endstufen eher weniger gut möglich, wo sich diese bevorzugt in dunklen Ecken hinter Lautsprechertürmen oder unter der Bühne aufhalten. Das war, so viel sei voregreifend schon einmal gesagt, auch schon der einzige Kritikpunkt an dieser Endstufe.

Wendet man sich nun der Rückseite zu, so dominieren auch hier zwangsläufig wieder auf ca. 2/3 der Fläche Lüftungsschlitze. Links davon liegen die RJ45- (Western Telecom Buchse) Anschlüsse für das Fernsteuer- und Fernabfrage-Netzwerk sowie die Lautsprecherausgänge auf zwei Speakonbuchsen. Andere Anschlussmöglichkeiten gibt es aus Sicherheitsgründen nicht, da hier Spannungen in Größenordnungen der Netzspannung anliegen können und Berührungssicherheit somit an erster Stelle steht. Beide Kanäle liegen kreuzverschaltet auf beiden Buchsen an, so dass aktive Systeme direkt über eine vieradrige Speakonleitung an der Endstufe angeschlossen werden können.

Auf der rechten Seite in der Rückansicht liegt der Montageschacht für das E.U.I. (Extended User Interface), das in der Standardausführung mit zwei symmetrischen XLR-Eingängen und zwei XLR-Linkbuchsen versehen ist. Darüber liegt eine Reihe von vier Schiebeschaltern, mit denen sich ein Groundlift, der Betriebsmodus, die Limiterfunktion und das Gain der Endstufe schalten lassen. Als Betriebsarten gibt es hier den normalen Stereo-2-Kanal-Betrieb, den Mono-Brückenbetrieb und den Mono-Parallelbetrieb. Anzumerken wäre dabei, dass es sich hier um einen echten Parallelmodus der beiden Endstufen handelt, bei dem auch die Ausgänge parallel verbunden werden und die Endstufe dann den doppelten Strom zu liefern vermag. Der Gain-Schalter erlaubt die heute unter professionellen Endstufen gängigen Werte mit 26 dB und 32 dB Gain sowie einer Eingangsempfindlichkeit von  $1,4 V_{eff}$  für Nennleistung, was einem Gain-Wert von 37,7 dB entspricht.

### SCHALTUNGSKONZEPT

Das Grundkonzept der Vortex baut auf herkömmlicher bipolarer Schaltungstechnik in Class-H-Schaltung mit dreifach gestufter Versorgungsspannung auf. Nur so ist es überhaupt möglich (ohne unüberschaubare Menge von Leistungshalbleitern parallel schalten zu müssen), dass so hohe Leistungswerte erzielt werden können. Die Betriebsspannung der Endstufe wird in drei Stufen dem jeweiligen Bedarf angepasst und reduziert so die Verlustleistungen an den Halbleitern drastisch. Ohne Class-H-Technik würde die Verlustleistung einer solchen Endstufen in ungünstigen Fällen die Leistung eines kräftigen Heizlüfters erreichen, wo dann auch kräftige Kühlkörper und Lüfter keine Abhilfe mehr schaffen könnten. Das Netzteil in der Vortex ist ein unreguliertes Schaltnetzteil, bei dem vereinfacht dargestellt die Netzspannung zunächst gleichgerichtet wird, um dann mit einer deutlich höheren Frequenz wieder zerhackt zu werden. Anschließend folgt der Netztrafo, der für die höhere Wechselspannungsfrequenz sehr viel kleiner und leichter ausfallen kann als es bei der Netzfrequenz von 50 Hz der Fall wäre. Über sechs Sekundärspannungen wird dann die dreifach gestufte symmetrische Versorgungsspannung der Endstufe erzeugt.

Die eigentliche Siebung und Energiespeicherung erfolgt nach dem Netzgleichrichter

bei hoher Spannung, da die gespeicherte Energie in den Elkos gleich  $1/2 CU^2$  ist. Die Kondensatorgröße ist aber nur proportional CU. Durch das Quadrat und da der Trafo Kapazitäten quadratisch transformiert, kommt man mit verhältnismäßig kleinen Siebkapazitäten gegenüber herkömmlichen Netzteilen aus.

Auf der Sekundärseite folgen dann noch einige Glättungskondensatoren, die dank der nun wesentlich kürzeren Nachladezyklen deutlich kleiner dimensioniert werden können. Gegenüber einem herkömmlichen Netzteil hat das Schaltnetzteil der Vortex ne-

ben der Gewichtersparnis noch den Vorzug, dass der Innenwiderstand des HF-Netztrafos deutlich kleiner ausfällt, so dass bei entsprechend stabiler Netzspannung sehr große Reserven zur Verfügung stehen. Seitens der Endstufe können ohne Überlastung der Schaltung Ströme von bis zu 57 A aus dem Netz gezogen werden, was dann natürlich zu einer Überlastung der Sicherungsautomaten führen würde. Näheres zu diesem Thema im Absatz unter Sicherungssimulation.

In der eigentlichen Endstufenschaltung wachen schnelle Analogrechner über die Aus-

### EN61000-3-2

In diesem Zusammenhang dürfte es noch von Interesse sein, dass aktuell die Europäische Norm EN61000-3-2 ratifiziert wurde und Anfang 2001 rechtskräftig wird, die sich mit der Leistungs- und Stromaufnahme elektrischer Verbraucher am Stromnetz befasst. Verbraucher für den professionellen Einsatz mit über 1 kW Leistungsaufnahme unter Nennbedingungen, d.h. für Endstufen bei Belastung mit bandbegrenztem Pinknoise bei einer gemittelten Ausgangsleistung von  $1/8$  der Sinusleistung, schreibt diese Norm keine Begrenzung des Oberwellenanteils im Netzstrom vor. Wenn ein Verbraucher am Netz nur pulsierend Strom zieht, dann entstehen Oberwellen, die das Netz verschmutzen. Ein normales Netzteil z. B. lädt immer nur kurz im 100-Hz-Takt die Siebelkos nach und zieht daher überhaupt keinen sinusförmigen Strom aus dem Netz, sondern eigentlich nur Peaks im 100-Hz-Takt – und das führt natürlich zu Störungen für andere Geräte. Für kleinere Audiogeräte bleiben die bisherigen Grenzwerte bestehen. Für Schaltnetzteile dürfte das in der Regel den Einsatz einer PFC (Power Factor Correction) bedeuten, was allerdings nicht zwingend von der Norm vorgeschrieben wird, wenn die Werte anderwärtig eingehalten werden. Für die Vortex gilt das nicht, da sie bei den gegebenen Bedingungen bereits über 1 kW Nennleistung aus dem Stromnetz aufnimmt. Für diese Geräteklasse befindet sich eine Norm zurzeit noch in der Beratungsphase.



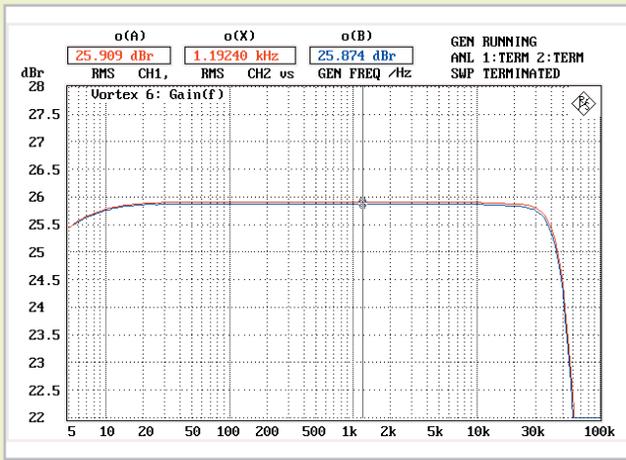


Abb. 1: Verstärkung über der Frequenz (CH1, CH2)

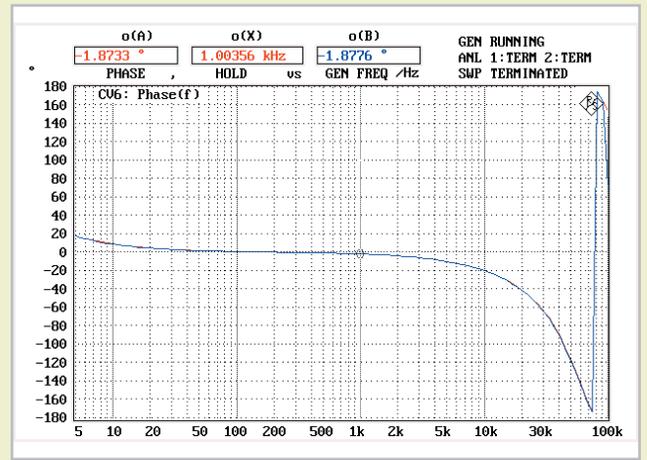


Abb. 2: Phasengang über der Frequenz (CH1, CH2)

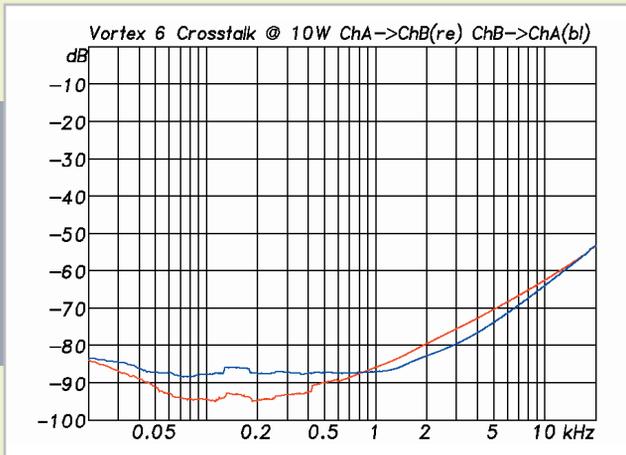


Abb. 3: Übersprechdämpfung (CH1→CH2, CH2→CH1)

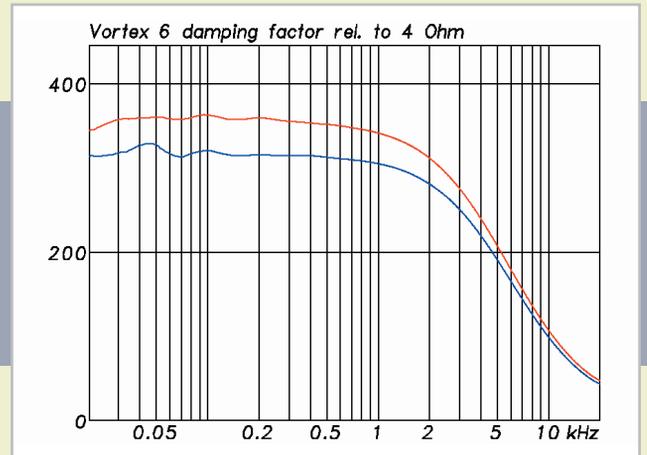


Abb. 4: Dämpfungsfaktor an 4 Ohm Last über der Frequenz (CH1, CH2)

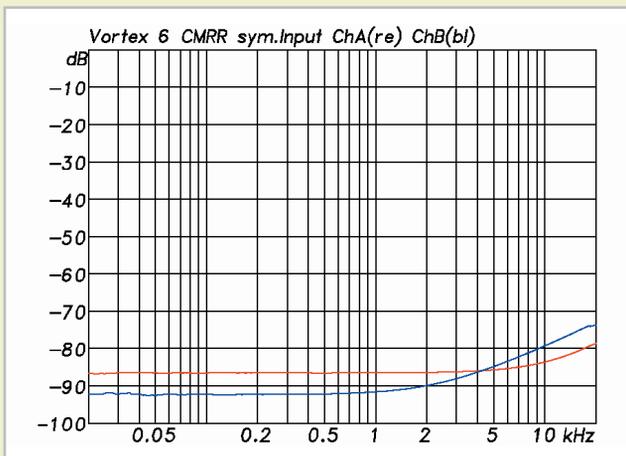


Abb. 5: Gleichtaktunterdrückung (CH1, CH2)

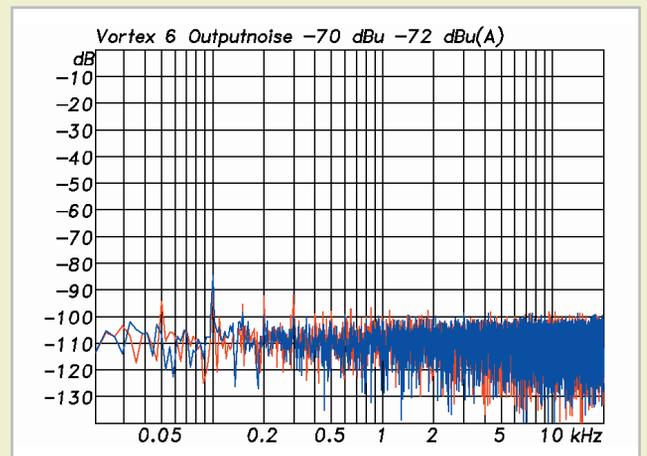


Abb. 6: Störspektrum am Ausgang (CH1, CH2)

gangsspannung und Ströme sowie den sicheren Arbeitsbereich (SOA) der Endstufen-transistoren, die bei kritischen Werten das Hochschalten der Versorgungsspannung sperren bzw. diese zwangsweise herunter-schalten. Im Extremfall, z. B. bei einem Kurzschluss im Ausgang oder extremer Überhitzung, wird die Versorgungsspannung und damit der betroffene Kanal sogar gänzlich abgeschaltet. Der maximale Ausgangsstrom darf bei der Vortex 6 ca. 66 A betragen.

### LIMITER

Der Limiterschalter gibt drei Auswahlmöglichkeiten vor: Off, SpP und Clip SpP. Der Clip-Limiter arbeitet in bekannter Weise und reduziert bei dauerhaftem Clipping der Endstufe den Eingangspegel so weit, dass maximal noch die Signalspitzen leicht angeschnitten werden. Eine Besonderheit stellt der SpP-Limiter (Speaker Protect Limiter) dar, der zum Schutz der Lautsprecher bei starker Überlast der Endstufe dient. Endstufen mit gestuften Versorgungsspannung (Class-H) schützen sich intern bei niederohmigen Lasten vor zu hohen Strömen und/oder Verlustleistungen durch ein Herunterschalten der Versorgungsspannung. Im Ausgangssignal können somit rechteckige Sprungstellen auftreten, die als hochfrequente Verzerrungsanteile die Lautsprecher und hier insbesondere die Hochtöner gefährden. Diese Problematik bringt die Class-H-Technologie der Vortex zwangsläufig mit sich und ist umso kritischer, je weiter die Schaltstufen auseinander liegen, d. h. je weniger Stufen es gibt. Der SpP-Limiter detektiert genau diesen Zustand und reduziert entsprechend den Signalpegel, wenn die Endstufe gehäuft in eine steigenden Signalflanke hinein herunterschaltet, um sich selber vor Überlast zu schützen.

### WEITERE SCHUTZSCHALTUNGEN

Kern aller Schutzschaltung in der Vortex ist ein Mikroprozessor, der sämtliche Parameter von der Netzspannungsanpassung über die Einstellung der Gainpotis bis zum Limiter steuert. Nach dem Einschalten der Endstufe wird zunächst die gesamte Peripherieschaltung über ein Kleinspannungsnetzteil aktiviert. Der Mikroprozessor prüft in einem ersten Schritt die Netzspannung, um den Arbeitsbereich für 115 oder 230 Volt zu wählen und fährt danach das Leistungsnetzteil und

die Endstufe kontrolliert hoch. Sobald alle Teile der Endstufe ihren ordnungsgemäßen Betriebszustand erreicht haben und weder externe noch interne Fehler detektiert wurden, wird die Lautstärke über den Mikroprozessor auf den eingestellten Wert eingeblendet.

Die Gainpotis befinden sich bei der Vortex nicht direkt im Signalweg, sondern liefern nur die Steuerspannung, die dann ausgewertet und in Form einer 12-Bit-Steuergröße einem DCA (Digital Controlled Attenuator) übergeben wird. Auf diesem Weg kann auch die Einschaltverzögerung, der Limiter und die Fernsteuerung auf das Eingangssignal zugreifen.

Weitere Steuergrößen erhält der Mikroprozessor von Temperaturfühlern auf den Kühlkörpern und dem Trafo, von einer DC-Detektion am Ausgang und von einem schnellen Analogrechner zur Überwachung des

wirken, die z. B. ausgelöst wird, wenn die Netzspannung ca. 260 Volt dauerhaft überschreitet oder ein interner Defekt vorliegt.

### LIVETEST

Als Härtetest konnten sich bei der diesjährigen Mayday-Veranstaltung in den Dortmunder Westfalenhallen bereits zwei Vortex 6 im 16-Stunden-Dauereinsatz bewähren. In Halle 1 wurden in einem der Tower mit diesen beiden Endstufen insgesamt acht Subwoofer EAW SB750 angesteuert, so dass alle Kanäle im harten 2-Ohm-Betrieb das stark basslastige Musikmaterial mit geringem Crestfaktor zu verarbeiten hatten. Trotz hoher Umgebungstemperaturen blieben beide Amps erwartungsgemäß völlig stabil und zeigten keinerlei Anzeichen von Schwäche (der Gerechtigkeit halber muss aber auch gesagt werden, dass von den vielen anderen



sicheren Arbeitsbereiches (SOA) der Leistungstransistoren. Im Falle einer Überlast kann der Mikroprozessor dann über die Limiterfunktion, falls diese aktiviert ist, die Ausgangsleistung reduzieren. Sind die Limiter abgeschaltet, so erfolgt eine Leistungsbegrenzung nur durch die Endstufenschaltung selber, wenn zum Selbstschutz die Versorgungsspannung heruntergeschaltet wird. Eine Ausnahme stellt die Netzstrombegrenzung dar, die immer aktiv ist und ebenfalls über den Limiter eingreift. Näheres hierzu an späterer Stelle. In Extremfällen kann der Mikroprozessor auch die generelle Abschaltung des Leistungsnetzteiles be-

Endstufen bei dieser Veranstaltung auch keine eine Schwächen zeigte, ebenso wie kein einziger Lautsprecher zu Schaden kam).

### SICHERUNGSSIMULATION

Wie bereits erwähnt, ist die Vortex 6 intern so dimensioniert, dass bei 2-Ohm-Belastung auf beiden Kanälen und einem maximalen Ausgangsstrom von ca. 66 A Spitzenwert pro Kanal (das entspricht einer Ausgangsleistung von 4,3 kW) eine Netzstromaufnahme von 57 A erfolgt. Ein solcher Strom würde natürlich alsbald zum Auslösen eines 16-A-Sicherungsautomaten und auch

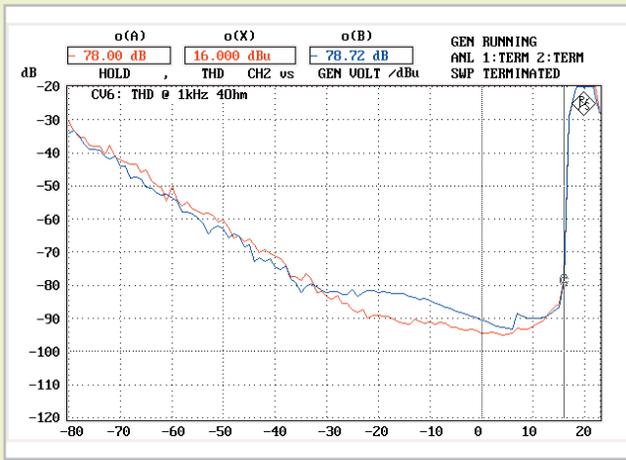


Abb. 7: Klirrfaktor (THD) bei 1 kHz und 2 x 4 Ohm Last (CH1, CH2)

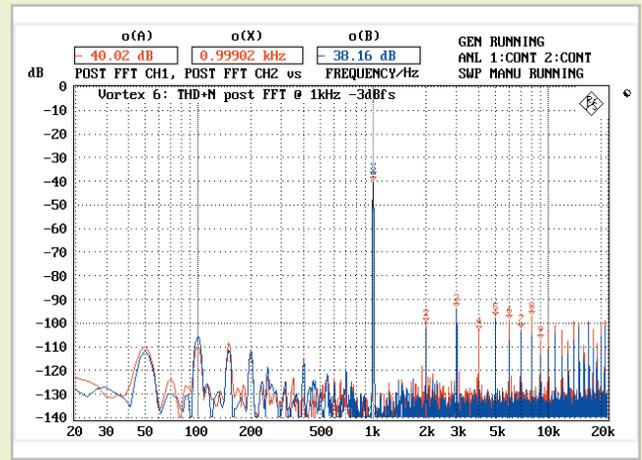


Abb. 8: Klirrspektrum bei 1 kHz und 2 x 4 Ohm Last (CH1, CH2) 3 dB unter Vollaussteuerung (Grundwelle bei 1 kHz um 40 dB gedämpft)

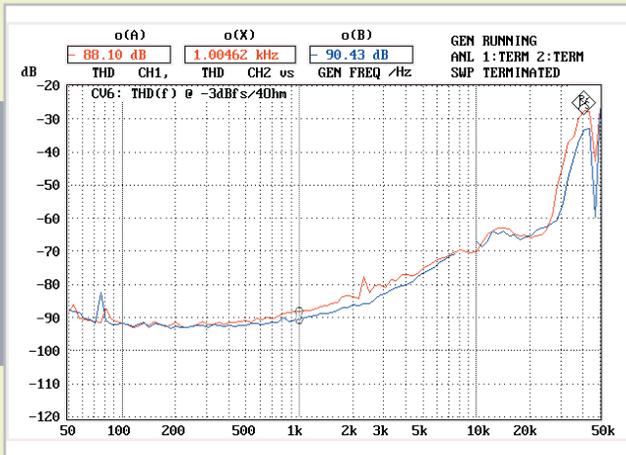


Abb. 9: Klirrfaktor (THD) über der Frequenz 3 dB unter Vollaussteuerung und 2 x 4 Ohm Last (CH1, CH2)

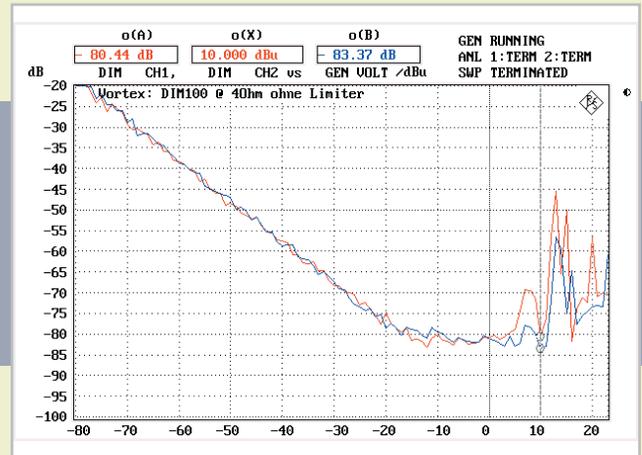


Abb. 10: Intermodulationsverzerrungen DIM100 (3,15 kHz und 15 kHz) und 2 x 4 Ohm Last (CH1, CH2)

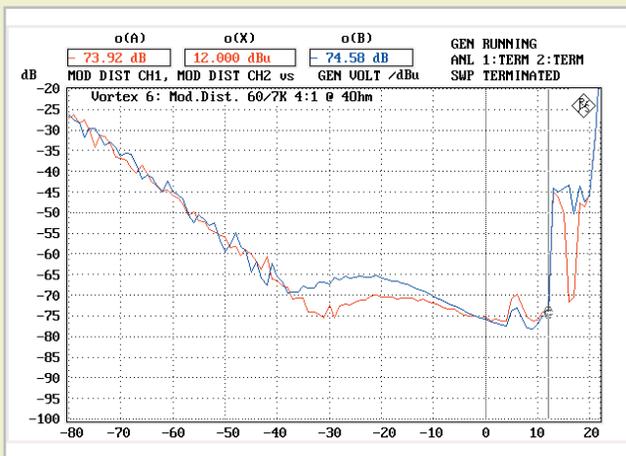


Abb. 11: Modulationsverzerrungen nach SMPTE (60 Hz und 7 kHz) und 2 x 4 Ohm Last (CH1, CH2)

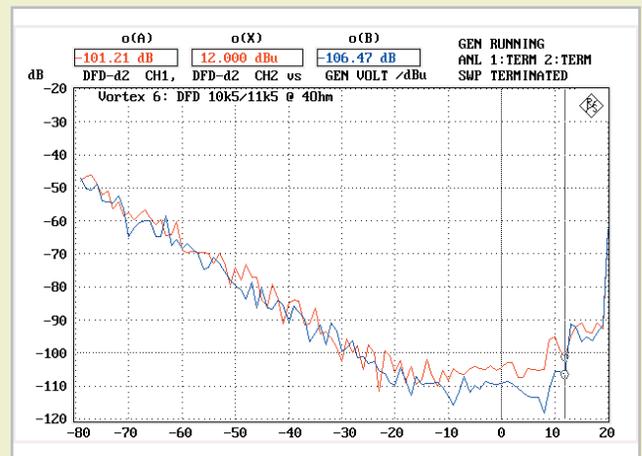
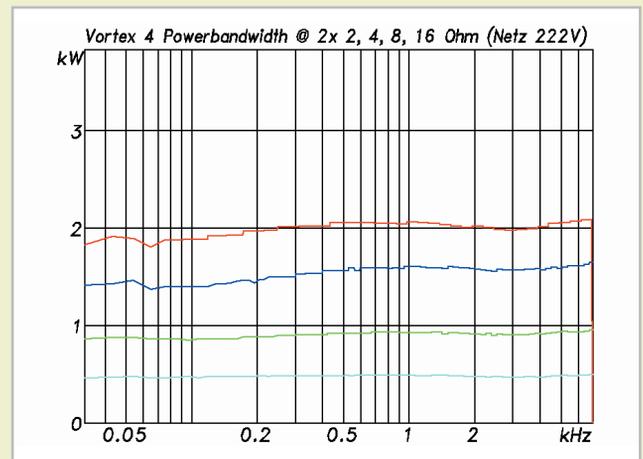
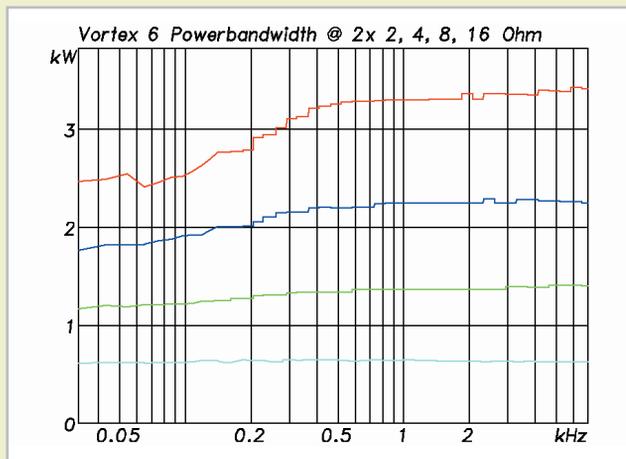


Abb. 12: Differenztonverzerrungen (10,5 kHz und 11,5 kHz) und 2 x 4 Ohm Last (CH1, CH2)



**Abb. 13: Zweikanalige Dauerleistung bei 1 % THD an 2 (rt), 4 (bl), 8 (gr) und 16 (hbl) Ohm Last (links Vortex 6; rechts Vortex 4)**

zum Durchbrennen der internen 25-A-Schmelzsicherung führen. Kurzzeitig wird dieser extreme Strom jedoch verkraftet. Die thermische Zeitkonstante eines Sicherungsautomaten ist so groß, dass ein Strom von 24 A auch für einen Zeitraum von 1 bis 1 1/2 Stunden erlaubt wird. In der Vortex gibt es daher einen weiteren kleinen Analogrechner, der den Netzstrom auswertet und über entsprechende Zeitkonstanten das Verhalten der Sicherung und des Automaten simuliert. Wird ein kritischer Zustand kurz vor dem Auslösen festgestellt, so teilt der Analogrechner über eine Steuergröße dem Mikroprozessor mit, dass per Limiter die Leistung begrenzt werden muss. Diese Limiterfunktion ist als Einzige nicht abschaltbar, was natürlich äußerst sinnvoll ist, da die Endstufe sonst auf jeden Fall den Automaten auslösen oder die interne Schmelzsicherungen durchbrennen lassen würde.

#### MESSWERTE

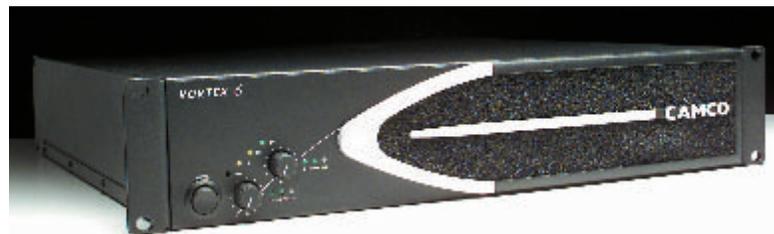
In der Messung des linearen Übertragungsverhaltens (Abb. 1 und 2) gibt sich die Vortex im gesamten hörbaren Frequenzbereich völlig neutral. Der Frequenzgang weicht bei 20 Hz und 20 kHz lediglich um 0,1 dB vom Wert bei 1 kHz ab. Die Phasendrehung bei 20 kHz beträgt ca. 40° und wird durch das recht steile Tiefpassfilter 3. Ordnung bei 60 kHz im Eingang der Endstufe verursacht. Das TP-Filter ist bei Endstufen nach dem Class-H-Prinzip besonders wichtig, da hochfrequente bzw. sehr steilflankige Signalanteile evtl. die Umschaltung der Versorgungsspannung überfordern könnten und somit zu Verzerrungen führen wür-

den. Auf das eigentliche Audiosignal hat ein TP-Filter bei 60 kHz keinerlei hörbare Auswirkungen mehr.

Exzellente Ergebnisse konnte die Vortex bei der Übersprechdämpfung (Abb. 3), bei der Gleichtaktunterdrückung der symmetrischen Eingänge (Abb. 5) und beim Störabstand (Abb. 6) verbuchen. Die unbewertete Dynamik erreicht stolze 113 dB, die keine Probleme mit Störgeräuschen befürchten lassen. Hinzu kommt die Möglichkeit der Einstellung des Endstufen-Gains auf maximal 26 dB, womit auch die Anpassung an die Ausgangsspannung der meisten Controller und Mischpulte ohne größere Dynamikverluste gelingt. Der Dämpfungsfaktor (Abb. 4) über die Speakonbuchsen gemessen liegt für 1 kHz in Bezug auf 4 Ohm bei sehr guten Werten von 300–350. Zu höheren Frequenzen fällt dieser Wert zwar kräftig ab auf eine Größenordnung von ca. 100 bei 10 kHz, was aber immer noch mehr als ausreichend ist.

Kommt man nun zu den Verzerrungsmessungen in Abb. 7 bis 12, so ergibt sich auch hier ein adäquates Bild mit sehr guten Werten, die auf ein durchgehend schlüssiges Konzept der Vortex schließen lassen. Die THD-Werte fallen bis auf –95 dB, wenngleich das Klirrspektrum zeigt, dass sich dahinter bevorzugt ungeradzahlige und hochfrequente Klirrantteile verbergen. Über der Frequenz aufgetragen verläuft die THD-Kurve in Abb. 9 bis ca. 1 kHz auf einem Niveau

von ca. –90 dB und beginnt dann, in den üblichen Anstieg mit 6 dB/Oct. bzw. 20 dB/Dec. überzugehen. Der starke Verzerrungsanstieg oberhalb von 25 kHz könnte bei dieser Messreihe 3 dB unter der Clipgrenze durch die geschaltete Versorgungsspannung kommen, die hier versucht, dauerhaft auf der höchsten Stufe zu verbleiben, aber von der Strombegrenzung hin und wieder zwangsweise zurückgeschaltet wird. Ein ähnlicher Effekt ist in der Messkurve der Intermodulationsverzerrungen in Abbildung 10 zu erkennen, wo im Bereich der Clipgrenze kein steiler Sprung der Kurve auftritt, sondern sporadisch schwankende Werte durch die zeitweise einsetzende Strombegrenzung entstehen.



#### LEISTUNGSPROFIL

Für die Messung des Leistungsprofils stellte sich bei der Vortex 6, wie bei allen Endstufen dieser Leistungsklasse, die Frage nach einer hinreichend stabilen Netzversorgung. Obwohl ohne jegliche Regelung auskommend, ist das Schaltnetzteil der Vortex extrem hart und stellt dem Stromfluss zwischen der Steckdose und der Endstufenschaltung kaum einen hinderlichen Innenwiderstand in den Weg. Der einzige Un-

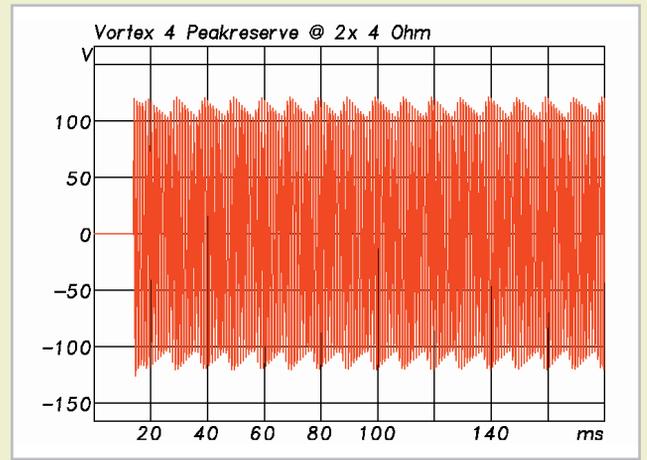
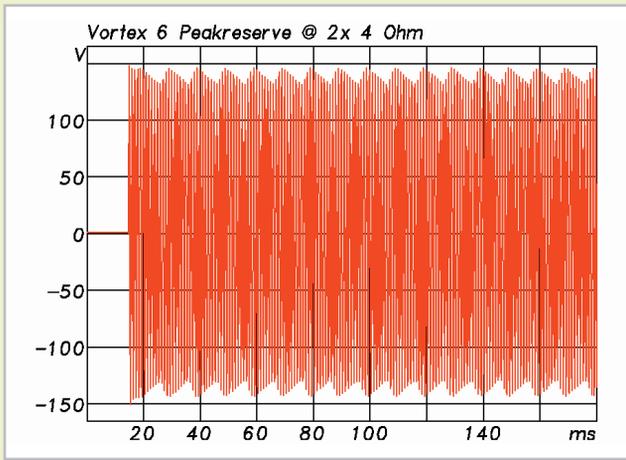


Abb. 14: Peakreserve 2-kanalig an 4 Ohm Last  
(links Vortex 6; rechts Vortex 4)

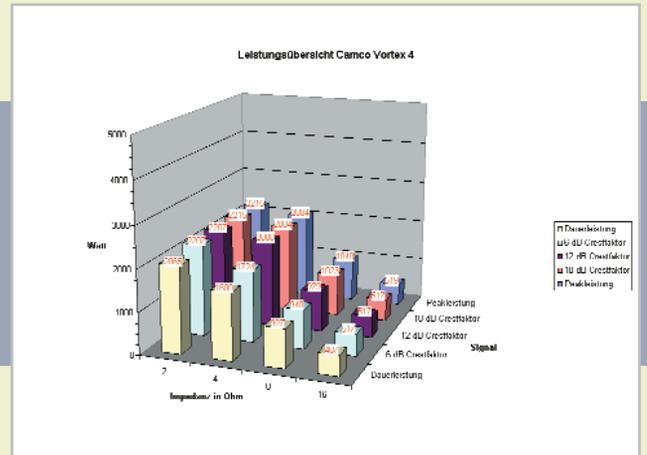
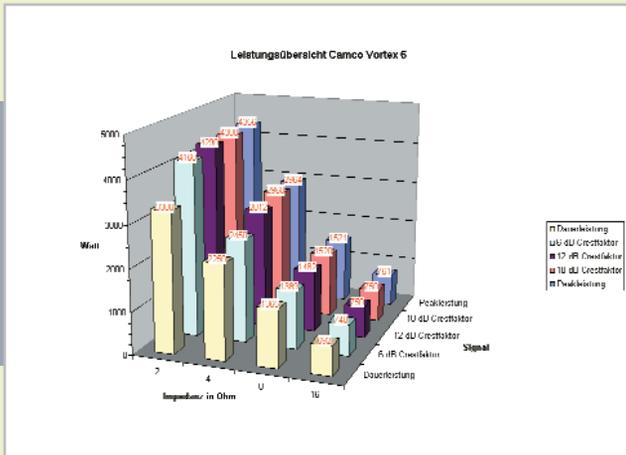


Abb. 15: Leistungsdiagramm für einen Kanal bei gleichzeitiger Belastung  
aller Kanäle  
(links Vortex 6; rechts Vortex 4)

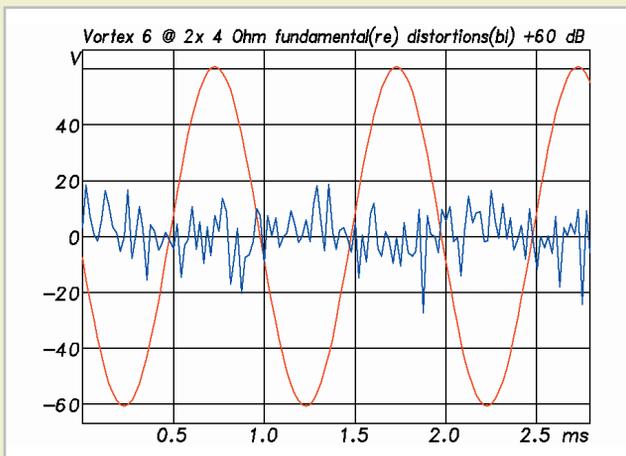


Abb. 16: 1 kHz Grundwelle und Verzerrungsanteile (50 dB vergrößert)

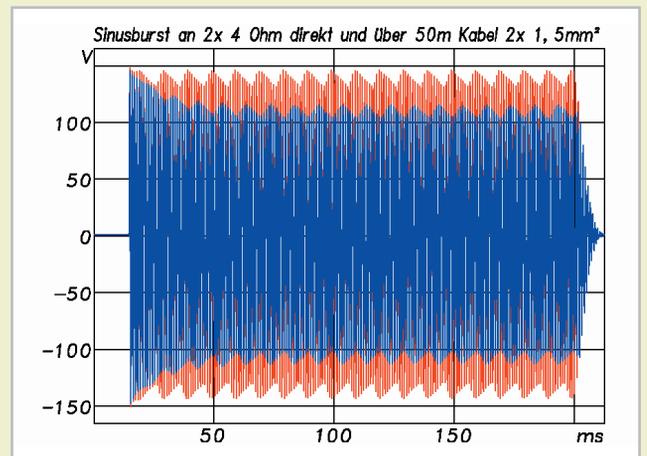


Abb. 17: Verhalten der Vortex 6 an einer stabilen Stromversorgung  
(re) und über 50 m Kabel (bl)

terschied zu einem geregelten Schaltnetzteil liegt darin, dass die Vortex ein Absinken der Netzspannung nicht durch eine Erhöhung der Stromaufnahme kompensiert, um die aufgenommene Leistung konstant zu halten. Ein solches Verhalten ist bei labilen Stromnetzen durchaus von Vorteil, wenn die Endstufe das Nachgeben der Netzspannung nicht durch eine noch größere Stromaufnahme quittiert und damit womöglich zu einer Eskalation beiträgt, die dann durch das Auslösen einer Sicherung irgendwann zwangsläufig beendet wird.

Eine erste Messung an der Vortex mit einem Sinusburst an einer normalen Steckdose lieferte einen Verlauf der Ausgangsspannung, der dem einer Endstufe mit herkömmlichem Netzteil sehr ähnlich war (blaue Kurve in Abb. 17). Bei voll aufgeladenen Siebkondensatoren lieferte der Amp zunächst eine Spitzenspannung von 150 Volt am Ausgang, um dann auf einen mittleren Wert von ca. 110 Volt abzufallen. Bei einer herkömmlichen Endstufe entsteht dieser Effekt unabhängig von der Leistungsklasse primär durch den Innenwiderstand des Netztrafos. Genau dieses sollte jedoch bei der Vortex nicht zu beobachten sein. In einer zweiten Messung wurde parallel die Netzspannung erfasst, die eben diesen Verlauf zeigte. Damit stand fest, dass die Messkurve für die Reaktion der Endstufe auf einen Sinusburst speziell in diesem Fall nicht etwa das Verhalten der Endstufe widerspiegelte, sondern das der Netzstromversorgung. Eine zweite Messung, bei der die Vortex direkt an einer 63-A-Unterverteilung angeklemt wurde, bestätigt diesen Sachverhalt wie die rote Kurve in Abb. 17 zeigt. Das Schaltnetzteil und die Endstufenschaltung selber verhalten sich demnach absolut hart und fallen nach dem anfänglichen Peak lediglich um 2–3 Volt in der Ausgangsspannung ab.

Praktisch dürfte das aber eher von untergeordneter Bedeutung sein, da es sich hier um eine echte Sinus-Dauerleistung handelt, die einer Endstufe selbst bei stark komprimiertem Musiksignal, wo der Crestfaktor dann bei ca. 9 dB liegt, nicht annähernd abverlangt wird.

Die Leistungsübersicht der Vortex 6 (Abb. 15), an einer stabilen Netzversorgung gemessen, zeigt ein weitgehend von der Signalform bzw. vom Crestfaktor unabhängiges Verhalten, das an 2- und 4-Ohm-Belastungen bei Dauerleistung und für 6 dB Crestfaktor zweikanalig gemessen durch

den Netzstromlimiter begrenzt wird. Für die 2-Ohm-Last greift dann auch schon die Strombegrenzung der Endstufe selber, die die Dauerleistung auf ca. 3300 Watt pro Kanal limitiert.

In den Kurven der Leistungsbandbreite in Abbildung 13 ist für geringer werdende Lastimpedanzen ein zunehmender Leistungsabfall zu tiefen Frequenzen hin zu beobachten. Die mögliche Ursache könnte in der starken Überlagerung des Ausgangssignals durch Netzoberwellen zu finden sein, die bei zunehmender Messfrequenz immer weniger ins Gewicht fallen.

### ERSTE INFOS ZUR KLEINEREN VORTEX 4

Kurz vor Redaktionsschluss wurde der Redaktion noch die endgültige Fertigstellung der kleineren Vortex 4 mitgeteilt, so dass dieser Testbericht noch in letzter Sekunde um einige Eckdaten dieses brandneuen Modells erweitert werden konnte: Technisch entspricht die Vortex 4 exakt der größeren Vortex 6, nur dass hier das Netzteil mit einer geringeren Spannung (131 V an Stelle von 155 V) arbeitet und die Leistungshalbleiter entsprechend für nicht ganz so hohe Ströme dimensioniert sind. Für die Messwerte lässt sich daraus ableiten, dass bei Frequenzgang, Phasengang, Störpegel, Dämpfungsfaktor etc. keine signifikanten Unterschiede zu erwarten sind. In den Klirrfaktorkurven wird sich ein ähnlicher Verlauf lediglich mit einer geringfügig niedrigeren Clipgrenze einstellen. Um die Fülle der Messergebnisse nicht ins Uferlose steigen zu lassen, haben wir von der Vortex 4 für diesen Testbericht daher aus den Messungen nur die Leistungsdiagramme ausgewählt, die die entscheidenden Unterschiede der beiden Modelle aufzeigen. Für die Vortex 4 errechnet sich bei einem Gewicht von 12,4 kg ein Leistungs/Gewichts-Verhältnis von 337 W/kg und bei einem Preis von ca. 6.020,- DM ein Preis-Leistungs-Verhältnis von 1,44 DM/Watt.

### FAZIT

Die neue Vortex-Serie von Camco bietet höchste Leistungen auf kleinstem Raum bei geringem Gewicht, was sich letztendlich in einem Leistungs/Gewichts-Verhältnis von beeindruckenden 453 W/kg niederschlägt. Wirklich herausragend wird dieses Ergebnis aber erst durch die exzellenten Verzer-

## ^ ÜBERSICHT MESSUNGEN VORTEX 6

**MAXIMALE DAUERLEISTUNG AN 4 OHM ZWEIKANALIG BEI 1 % THD:** 2259 W  
**PEAKRESERVE AN 4 OHM:** 2964 W  
**VERSTÄRKUNG:** 26/32/37,7 dB  
**DYNAMIK (UNBEWERTET):** 113 dB  
**DYNAMIK (A-BEWERTET):** 115 dB  
 (Dynamikwerte bezogen auf die Impulsausgangsleistung bei 18 dB Crestfaktor)  
**FERNSTEUERMÖGLICHKEITEN:** CA1  
**GEWICHT/HE:** 12,4 kg / 2 HE  
**LEISTUNG/GEWICHT:** 453 Watt/kg  
 (an 4 Ohm für beide Kanäle summiert bei 12 dB Crestfaktor)  
**PREIS/LEISTUNG:** 1,40 DM/Watt  
 (an 4 Ohm für beide Kanäle summiert bei 12 dB Crestfaktor)  
**PREIS:** ca. 7.880,- DM  
**S.Nr.:** 15092 (Vortex 6)

Last	2	4	8	16
Dauer	3300	2250	1365	692
6 dB	4160	2450	1389	740
12 dB	4290	2812	1482	750
18 dB	4300	2960	1520	750
Peak	4356	2964	1521	761

**Ausgangsleistung in Watt mit zweikanaliger Last bei 1% THD und Signalen mit unterschiedlichem Crestfaktor. Netzspannung 228 V bei der Messung mit 3 dB Crestfaktor.**

rungswerte, den sehr guten Störabstand und die Vielzahl ausgefeilter Schutzschaltungen. Eigentlich gibt es über diese Endstufe nur wirklich Gutes zu berichten, was sich wohl binnen kürzester Zeit auch schon in recht beeindruckenden Verkaufszahlen ausgedrückt hat. Das Geheimnis dürfte die gelungene Symbiose aus klassischer Schaltungstechnik mit einem modernen Schaltnetzteil und einer sehr durchdachten Steuerung durch den Mikroprozessor sein, die es erlaubt, alles aus dieser Schaltung herauszukitzeln und dabei trotzdem niemals die Grenzen des Erlaubten zu überschreiten. Es dürfte daher nicht schwer fallen, der Vortex-Serie eine erfolgreiche Zukunft vorauszusagen.

◆ **TEXT UND MESSUNGEN:**  
**ANSELM GOERTZ**  
**FOTOS: DIETER STORK**