

Visaton Monitor 890

Impulsoptimierung mit Digitaltechnik

VON ROLF HÄHLE

Die Monitor 890 ist seit Jahren Visatons Statement zu maximaler Dynamik und trockenstem Bass. Nach mittlerweile drei Modifikationen sind die Möglichkeiten für weitere Detailverbesserungen in der Frequenzweiche ausgeschöpft, die Konstruktion kann als ausgereizt betrachtet werden. Wenn man allerdings mit einer digitalen Frequenzweiche und Vollaktiver Ansteuerung anrückt, ergeben sich ganz neue Möglichkeiten.

Die Entwicklung eines Hornlautsprechers, der im Mittel- und Hochtonbereich mit separaten Hörnern bestückt sind, stellt für den Konstrukteur immer eine besondere Herausforderung dar. Die

Anpassung der beiden Hörner an einen konventionellen Bassteil macht die Frequenzweichenentwicklung nicht eben einfacher. Im Fall der Monitor 890 liegt die Schwierigkeit in der korrekten Polung des Mitteltonhorns zum Bass und zum Hochtoner. Das relativ lange Mitteltonhorn steht üblicherweise so auf dem Bassgehäuse, das es dessen Schallwand nur knapp überragt. Das finden zwar die meisten Hörer optisch ansprechend, akustisch betrachtet ist diese Lösung allerdings keineswegs optimal. Das akustische Zentrum des Mitteltonchassis liegt so nämlich deutlich zu weit hinter dem des Basschassis. Damit handelt man sich eine ziemlich große Phasenverschiebung im Übergangsbereich zwischen Tief- und Mitteltonbereich ein, die entsprechend große Pegelauflösungen oder -überhöhungen im Übernahmebereich mit sich bringt. Klar, der Purist stellt das Mitteltonhorn einfach deutlich weiter nach vorne und baut eine passende Halterung, damit es auch da bleibt.

Das sieht zwar eher bescheiden aus, löst aber das Problem. Jedenfalls das Erste der Probleme.

Die Problematik der Phasenverschiebung zeigt sich nämlich leider auch im Übergang zwischen Mittel- und Hochtonteil. In Bild 1 ist die von Visaton bei der Weichenentwicklung zu Grunde gelegte Anordnung der Hörner gut zu erkennen. Der Mitteltontreiber sitzt schon fast hinter der Box, der Hochtontreiber wieder deutlich weiter vorne in Richtung Schallwand beziehungsweise Basstreiber. Die durch diese Anordnung bedingten Phasenverschiebungen lassen sich grundsätzlich mit so genannten Allpass-Filtern in der Frequenzweiche kompensieren. Die Kompensation von Phasenverschiebungen in der hier auftretenden Größenordnung verlangt aber nach hohem Bauteilaufwand, der nicht nur mit entsprechenden Kosten zu Buche schlägt, sondern auch wieder andere Probleme mit sich bringt. Schließlich will man ja im Signalweg so wenige Bauteile haben, wie nur irgend möglich. Jedenfalls dann, wenn man von passiven Systemen spricht. Aber es geht ja auch aktiv.

■ Der digitale Ansatz

Bei vielen DSP-Basierten digitalen Frequenzweiche lassen sich nicht nur die Übergangsfrequenzen oder Flankensteilheiten der Filter komfortabel einstellen, sondern auch unterschiedliche feste Verzögerungszeiten zwischen den einzelnen Filterzügen vorgeben. Für die Monitor 890 – so die zugrunde liegende Idee – sollten sich mit Hilfe der passenden Messtechnik exakt die Zeiten finden lassen, mit denen die Abstände zwischen den akustischen Zentren zwischen den einzelnen Treibern optimal ausgeglichen werden können. Passende Räumlichkeiten gehören bei Visaton ja glücklicherweise zur Grundausstattung. Bild 2 zeigt Dipl.-Ing. Friedemann Hausdorf, den technischen Leiter der Lautsprecherentwicklung bei Visaton im firmeneigenen reflexi-



Bild 1: Die von Visaton vorgeschlagene Anordnung der Hörner sieht gut aus, ist akustisch aber nicht optimal.

onsarmen Messraum neben der schon aufgebauten Monitor 890.

Für die Optimierung stand uns glücklicherweise die extrem aufwendig gebaute 3-Weg-Elektronik des dänischen Herstellers Ground Sound (www.groundsound.com) zur Verfügung (Bild 3). Neben drei identischen Endstufen mit je 600 Watt (Sinus-) Dauerleistung steckt in dem 36 kg schweren Gehäuse eine Digitalweiche mit 24 Bit Auflösung, ein 1500-VA-Netzteil-Kombination aus Einschaltautomatik, Softstart- und Schutzschaltung. Wesentliche Aufgabe des Netzteils ist der Softstart des gigantischen 1500-VA-Netztrafo, der für jeden Sicherungsautomaten eine echte Herausforderung darstellt. Es begrenzt beim ersten Einschalten den Ladestrom für die Kondensatorbatterie auf ungefährliche 7 Ampere. Das Netzteil enthält auch die Einschaltautomatik, die ein Musiksignal am Eingang erkennt und die einzelnen Verstärker knackfrei und geräuschlos aktivieren und deaktivieren kann. Diese Konfiguration ist unter der Bezeichnung Chassis 1503 als Bausatz zu erwerben und enthält das Alu-Gehäuse und ein **Kit 1500** genanntes Paket, das aus den elektronischen Baugruppen besteht. Letztere sind fertig bestückt und getestet, der Zusammenbau reduziert sich dadurch mehr oder weniger auf die Verdrahtung. Für jede der mit den Abmessungen (B/H/T) 25*41*41 cm³ unübersehbaren Verstärkerkombinationen sind etwa 3000 Euro fällig. Das ist ganz sicher kein Schnäpp-



Bild 2: Visatons Entwicklungschef Friedemann Hausdorf im firmeneigenen Messraum.

Bild 3: Gleiche Gewichtsklasse: Die Aktivelektronik von Ground Sound sieht auch neben der Monitor 890 beeindruckend aus.

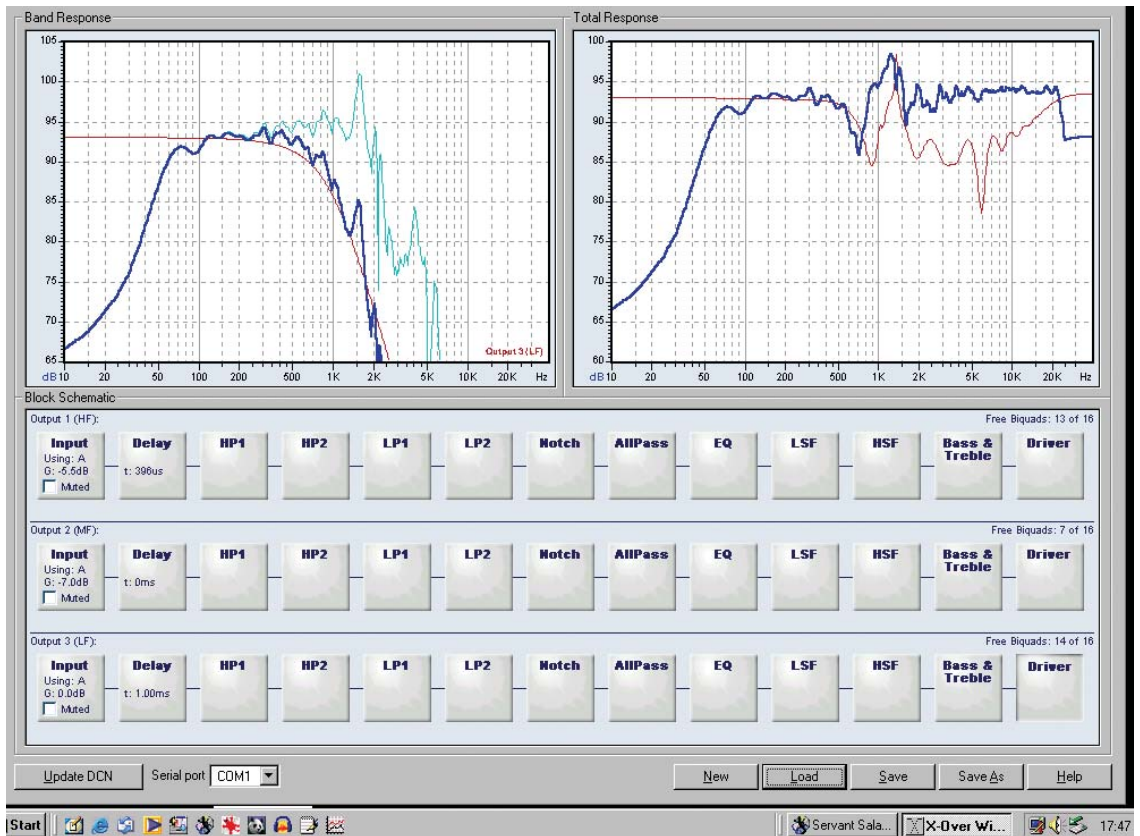


Bild 4: Die Software kann gemessene Frequenzgangdaten der Chassis importieren und bei der Simulation der Filterwerte berücksichtigen.

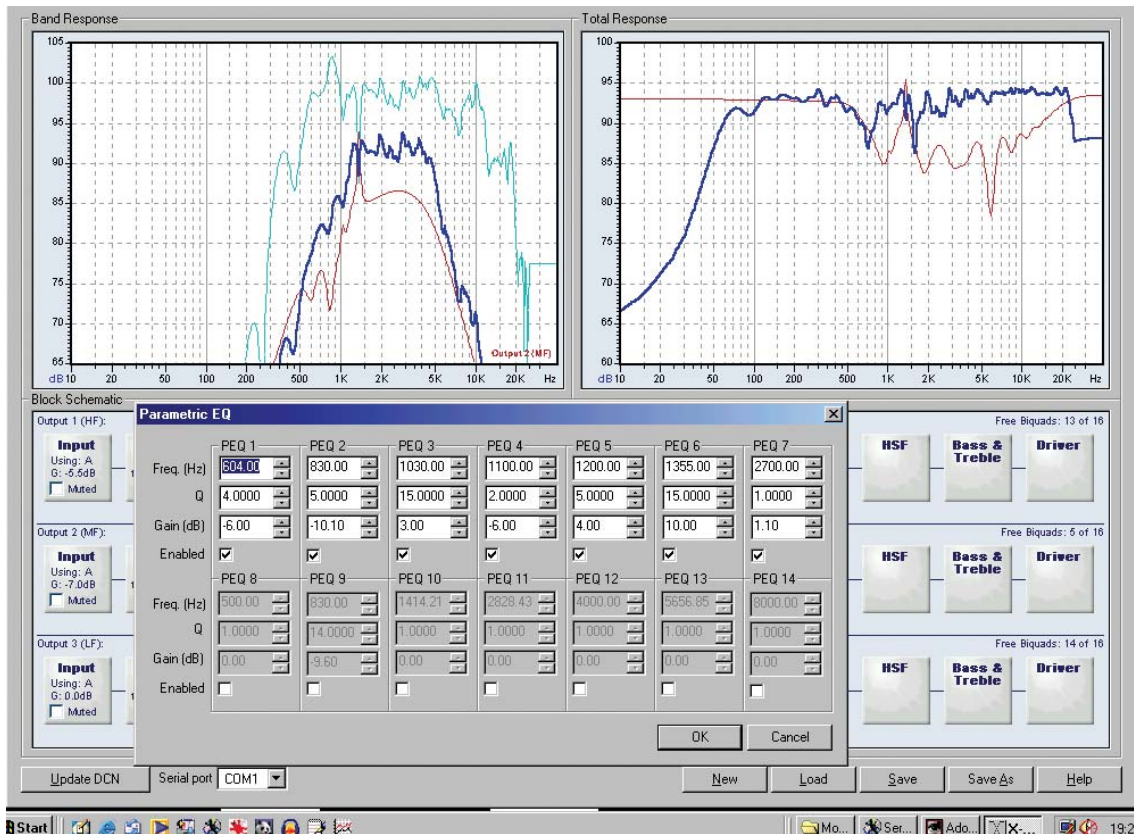


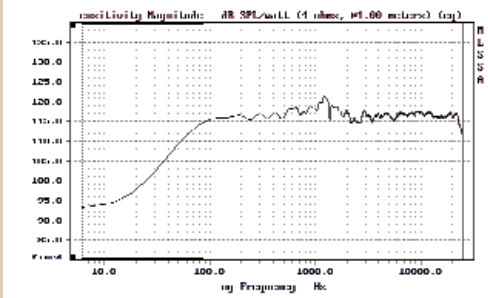
Bild 5: Das EQ-Menü bietet Zugriff auf maximal 14 hintereinander geschaltete parametrische Equalizer.

chen, angesichts der schier Materialfülle die hier verarbeitet wurde, aber auch nicht überteuert.

■ DSP Steuerung

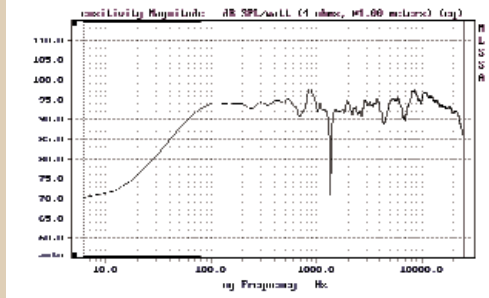
Von den Leistungsanforderungen her stellt auch eine Monitor 890 die Verstärkerelektronik nicht vor Probleme. Wesentlich mehr Aufmerksamkeit erfordert die mitgelieferte Frequenzweiche vom Typ

DCN23. Intern übernehmen hier mit 96 kHz getaktete ICs von Burr Brown die Analog-/Digital-Wandlung mit einer Auflösung von 24 Bit. Der Kontakt zur Signalquelle läuft über einen symmetrischen Eingang. Um den eingebauten DSP zu irgendwelchen sinnvollen Dingen zu bewegen, müssen sämtliche für die gewünschte Signalverarbeitung erforderlichen Parameter und die Initialisierung über eine serielle



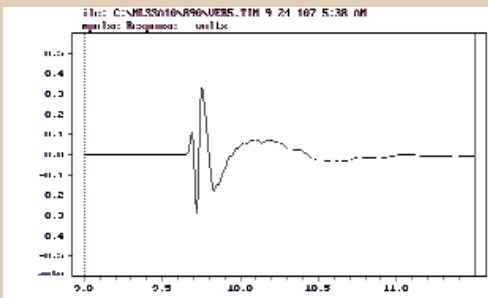
IRSNR: $y = 112.009 x - 25066.1035$ (10997)

FREQUENCY DOMAIN MENU: Go Vivos Reference Acquisition Setup Transfer Matrix DC
 Overlay Calculate Printer RMS Units Library Info Exit
 F for Help LSS: Frequency Domain



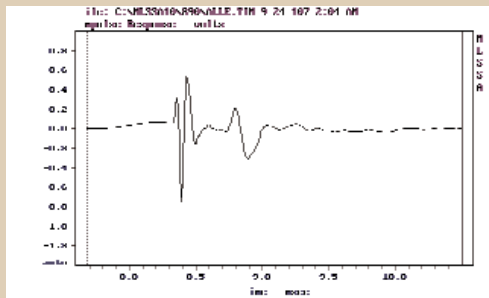
IRSNR: $y = 85.6203 x - 25066.1035$ (10997)

FREQUENCY DOMAIN MENU: Go Vivos Reference Acquisition Setup Transfer Matrix DC
 Overlay Calculate Printer RMS Units Library Info Exit
 F for Help LSS: Frequency Domain



IRSNR: $y = 0.0095795 x - 11.5000$ (1150)

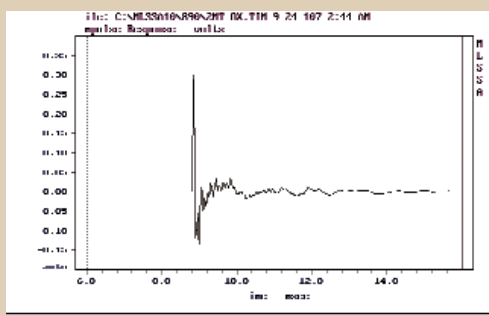
TIME DOMAIN MENU: Go Vivos FFT Waterfall Acquisition Setup Transfer Matrix
 Overlay Calculate Printer RMS Units Library Info Quit
 F for Help LSS: Time Domain



IRSNR: $y = 0.00181514 x - 10.5000$ (1050)

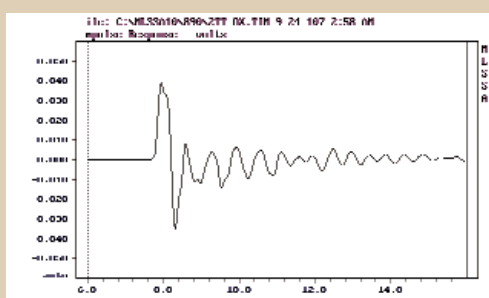
TIME DOMAIN MENU: Go Vivos FFT Waterfall Acquisition Setup Transfer Matrix
 Overlay Calculate Printer RMS Units Library Info Quit
 F for Help LSS: Time Domain

Bild 6: Vorher und Nachher. Die ohne jede Glättung der Kurve gemessenen Daten der Monitor zeigen den unruhigen Amplitudenverlauf im Mitteltonbereich (a). Die Impulsantwort (b) macht den zeitlichen Versatz der Chassis deutlich. In den Kurven c...e sind jeweils der Hoch-, Mittel- und Tieftonzweig separat dargestellt. Durch die digitale Signalbearbeitung sind der gesamte Frequenzgang ausgeglichener (6f) und die Impulsantwort (6g) entsprechend knackig.



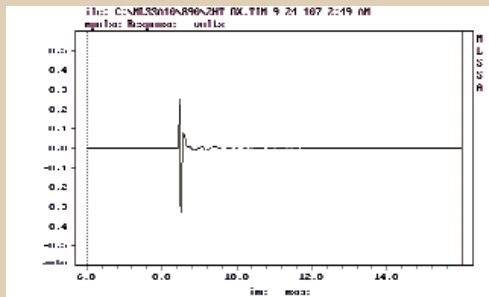
IRSNR: $y = 0.00020417 x - 16.0000$ (1600)

TIME DOMAIN MENU: Go Vivos FFT Waterfall Acquisition Setup Transfer Matrix
 Overlay Calculate Printer RMS Units Library Info Quit
 F for Help LSS: Time Domain



IRSNR: $y = 0.0012126 x - 16.0000$ (1600)

TIME DOMAIN MENU: Go Vivos FFT Waterfall Acquisition Setup Transfer Matrix
 Overlay Calculate Printer RMS Units Library Info Quit
 F for Help LSS: Time Domain



IRSNR: $y = 0.000191232 x - 16.0000$ (1600)

TIME DOMAIN MENU: Go Vivos FFT Waterfall Acquisition Setup Transfer Matrix
 Overlay Calculate Printer RMS Units Library Info Quit
 F for Help LSS: Time Domain

Schnittstelle von einem PC geladen werden. Auf dem muss die zur Weiche gehörende Betriebssoftware **XOverWizard** installiert sein. Deren Umfang ist mit gerade mal 640 KByte für Programm, Installations-/Deinstallationsroutine, Hilfetexte und Beispieldaten angenehm gering. Für den Test haben wir einen älteren Laptop mit Windows ME verwendet. Obwohl der Wizard eher für XP ausgelegt ist, gab es keinerlei Probleme.

Den Hauptbildschirm des XOverWizard sieht man in Bild 4. Oben links ist Frequenzgang des jeweils angewählten Treibers zu sehen, oben rechts der Summenfrequenzgang aller bis jetzt eingegebenen Treiber. In der unteren Bildschirmhälfte sind drei Reihen mit jeweils 13 Blöcken zu sehen. Hier kann man für die drei möglichen Übertragungswege jede Menge Einstellungen vornehmen und testen, die Resultate werden sofort in den oberen Fenstern angezeigt. Die Software bietet nicht nur verschiedene Filtereinstellungen, die ein theoretisch ideales Chassis voraus setzen, sondern kann die an einem realen Gehäuse gemessenen Schalldruckdaten eines Lautsprechers für die Frequenzgangoptimie-

Bild 7: Die preislich ungeschlagene Alternative: Die Digitalweiche DCX 2496 von Behringer.

Bild 8: Optimal passendes Kleinkraftwerk: Sechs mal 160 W in der PA-Endstufe STA-1506 aus Monacors im Stage Line-Reihe.



Bild 9: Klassische Gegentaktendstufe mit viel Aufwand für Schutzschaltungen.



Bild 10: Völlig ohne PC bedienbar. Von links nach rechts: Delay-, EQ- und Filter-Menü der DCX2496.



rung importieren (Funktionsblock DRIVER).

Für die Optimierung der Monitor 890 sind die ersten beiden Blöcke im Kanalzug wichtig: Im Block INPUT lässt sich mit einem passenden Wert für GAIN der Pegelunterschied zwischen den Chassis anpassen. Der mit DELAY bezeichnete Block erlaubt die Eingabe von Verzögerungswerten zwischen den einzelnen Signalpfaden. Auf dem Weg bis zum letzten Block DRIVER sind alle möglichen Kombinationen von Hoch-, Tief-, Band- und Allpässen, Notchfiltern und satten 14 parametrischen Equalizern einstellbar. Im unteren Teil von Bild 5 ist das EQ-Menü aufgeklappt zu sehen. Hier lässt sich fast jede Überhöhung und jeder Einbruch im Amplitudenverlauf irgendwie glatt bügeln. Aus der Summe aller Einstellungen errechnet die Software den passenden Datensatz für den DSP in der Weiche und überträgt ihn in knapp 2 Sekunden über die Schnittstelle.

■ Die Messung

Um die Frequenzweichensoftware mit möglichst präzisen Daten über die verwendeten Chassis versorgen zu können, haben wir alle Chassis der Monitor mit der gleichen Messmethode aus der gleichen Position gemessen und die Daten im Rohzustand gespeichert. Im reflexionsarmen Messraum hat sich ein Abstand von 2,5 m zur Schallwand der Basslautsprecher als optimal heraus gestellt. Die mit MLSSA gemessenen Daten lassen sich im Text-Format als so genannter **Bode Plot** mit Frequenz, Pegel und Phase exportieren und vom XOverWizard einlesen. Die einzelnen Messergebnisse sind in Bild 6 zu sehen. Die obere Grafik (6a) stellt den Amplituden-

verlauf dar, in dem der noch zu optimierende Verlauf im Mitteltonbereich zu sehen ist. Nicht das man unbedingt darüber klagen müsste. Wenn man – wie in anderen Publikationen durchaus üblich – die Messkurve glättet (Smoothing), würde der schmalbandige Einbruch verschwinden, die Spitzen abgeflacht werden und das Resultat einer Highend-Box alle Ehre machen. Aber hier geht es ja weniger um Begrifflichkeiten als um den allerletzten Feinschliff.

Die Grafik 6b zeigt die Impulsantwort aller Lautsprecher in der Monitor. Hier in der Summe zeigt sich der Zeitversatz deutlich, der in den drei Grafiken darunter jeweils für Hoch-, Mittel- und Tieftöner separat abgebildet ist. Aus den Einzelmessungen c)...e) kann man im Messsystem die Zeitdifferenz gut ablesen: Auf die beiden Tieftöner bezogen muss der Hochtöner um 0,33 ms später starten, der Mitteltöner 0,24 ms früher.

■ Frequenzweichensimulation

Mit diesem Ergebnis und den bekannten Eckdaten der passiven Frequenzweiche haben wir versucht, in der Software einen möglichst linearen Frequenzgang zu erreichen. Die importierten Messwerte ermöglichen dem XOverWizard die relativ präzise Berechnung und Anzeige des zu erwartenden Frequenzgangs. Wie sich welche Dateneingabe bei einem Filter auswirkt, ist im Summenfrequenzgang immer direkt zu sehen. Dabei wird allerdings auch schnell klar, das sich fast alle aus der Konstruktion passiver Filter bekannten Tricks gar nicht anwenden lassen.

Nimmt man beispielsweise die Spule vor dem

Tieftöner eine Nummer größer oder kleiner als den Normwert, den das Lehrbuch vorgeschlagen hat, dann ist die erzielte Filtercharakteristik zwar möglicherweise kein Bessel- oder Butterworth-Filter mehr, aber was soll's, wenn das Resultat stimmt. Das funktioniert in einem Frequenzweichensimulationsprogramm nicht. Hier ist zuerst die Filtercharakteristik festzulegen, dann die Ordnung des Filters und schließlich die Grenzfrequenz. Bessel 2,3. Ordnung geht nun mal nicht. Es muss schon 2. oder 3. Ordnung sein. Die Software erfordert eine ungewohnte Vorgehensweise, die allerdings außerordentlich komfortabel ist. Die grundlegenden Einstellungen werden mit den Hoch-/ Tiefpass- oder Shelvingfiltern erledigt, und alles was dann an Feintuning noch fehlt, wird mit den parametrischen Equalizern geregelt. Wie das in der Praxis aussieht, wird im EQ-Fenster in Bild 5 offensichtlich: Hier sind schon acht Equalizer wirksam.

Die Kompensation der mechanischen Eigenheiten der Monitor 890 gelang auf Anhieb, wie die Messung der Impulsantwort aller Chassis in Bild 6g deutlich macht. Um den dazugehörigen optimierten Frequenzgang in Bild 6f zu erreichen, mussten allerdings ziemlich viele Datensätze zum DSP übertragen und immer wieder durch akustische Messungen verifiziert werden. Alles in Allem ist die Digitalisierung vom Zeit- und Messaufwand her als nahezu komplette Neuentwicklung der Monitor anzusetzen.

■ Alternativen

Die Edel-Elektronik von Ground Sound ist vom Preis her nicht gerade als Schnäppchen zu betrachten. Um in die Möglichkeiten der digitalen Weichenentwicklung einzusteigen, haben wir allerdings eine deutlich preiswerte Lösung gesucht und gefunden, die auch nicht viel schlechter ist. Die Produkte von zwei Firmen, die eher im Bereich professionelle Beschallung unterwegs sind, konkret Behringer mit der digitalen Frequenzweiche DCX2496 und Monacor mit der 6-Kanal-Endstufe STA-1506, bieten in Kombination erfreulich viele Möglichkeiten zur Aktivierung und Digitalisierung von Mehrweg-Lautsprechern.

Die 6-kanalige Weiche um den 32-Bit SHARC-DSP (www.behringer.com) ist laut Hersteller als digitales Lautsprecher-Management-System zur Abstimmung komplexer Lautsprechersysteme und -anordnungen für Veranstaltungstechniker und Toningenieur entworfen worden. Zwischen den drei analogen Ein- und sechs analogen Ausgängen sitzen 24-Bit/96 kHz A/D- und D/A-Wandler von AKM. Einer der Eingänge ist als AES/EBU-Digitaleingang schaltbar, ein integrierter Abtastratenwandler sorgt dafür, dass digitale Signale mit einem Takt zwischen 32 und 96 kHz verarbeitet werden können. Dem vorgesehenen Einsatz im PA-Bereich ist die lautstärkeabhängige Klangregelung zu Verdanken, außerdem jede Menge parametrische EQs für alle Ein- und Ausgänge sowie schnelle Limiter für alle Ausgänge, die den optimalen Lautsprecherschutz bieten sollen. Für unsere Anwendungen interessanter sind die frei wählbaren Mono- und Stereobetriebsmodi, jeweils

mit individuellen Filtertypen (Butterworth, Bessel und Linkwitz-Riley) und einstellbarer Flankensteilheit (6...48 dB/Oktave). Die Signalverzögerung lässt sich für jeden Ein- und Ausgang manuell definieren. Über die Taster, den Drehknopf und das kleine Display auf der Frontplatte ist die komplette Bedienung und Einstellung aller Parameter möglich.

Die unter der Monacor-Marke (www.monacor.com) **img Stage Line** vertriebene STA-Reihe umfasst drei Endstufen mit gleichem internen Aufbau, aber unterschiedlich starkem Netzteil und unterschiedlicher Kanalzahl. In der **STA-1506** (Rückseite, Innenansicht in Bild 8) arbeiten sechs identische Verstärkerzüge, von denen jeder 160 W an 4 Ohm leisten kann. Je zwei benachbarte Endstufen lassen sich in Brücke betreiben und erreichen dann 320 W. Als PA-Endstufe natürlich im 19-Zoll-Format aufgebaut, ist neben symmetrischen Eingängen, Kanalgetrennt zuschaltbaren Hochpass- und Tiefpass-Filtern und einem Pegelsteller auf der Rückseite, auf der Front je ein LED-VU-Meter und eine Übersteuerungsanzeige pro Kanal zu finden. Außerdem sind Soft Start, Grundlift-Schalter und eine Lautsprecher-Einschaltverzögerung Standard für alle drei Modelle. Als einziger Nachteil ist der ständig arbeitende Lüfter zu nennen, der für den PA-Bereich sicher zwingend erforderlich ist, beim HiFi-Einsatz aber genauso sicher mit einer Temperatur abhängigen Regelung beruhigt werden könnte. Die integrierten Schutzschaltungen gegen Kurzschluss, Überhitzung und Gleichspannungsüberlagerung an den Ausgängen sind in allen Anwendungsfällen gerne gesehen.

■ Und was kommt dabei raus?

Es funktioniert ziemlich gut, mit beiden Varianten. Die optimale Filtereinstellung wird sich aber mit Sicherheit nicht nur durch den einfachen Ausgleich der – näherungsweise ja sogar nur mit Hilfe von Maßband und Taschenrechner zu bestimmenden – Laufzeitunterschiede zwischen einzelnen Lautsprecherchassis finden lassen. Die reine Laufzeitkorrektur bringt neue Fehler im Amplitudenverlauf mit sich, die wiederum korrigiert werden sollten. Das ist zwar dank der ausgefeilten Software (bei Ground Sound) beziehungsweise des einfachen Bedienungskonzepts (bei Behringer) kein Problem, erfordert aber immer wieder den gezielten Einsatz von Messtechnik. Die Messung des Amplitudenverlaufs genügt dabei in der Regel. Da die zu bearbeitenden Pegelfehler eher oberhalb von 200...300 Hz liegen, kann man auch ohne speziellen Messraum mit einem preiswerten Messsystem wie etwa ATB PC von Kirchner gute Resultate erzielen.