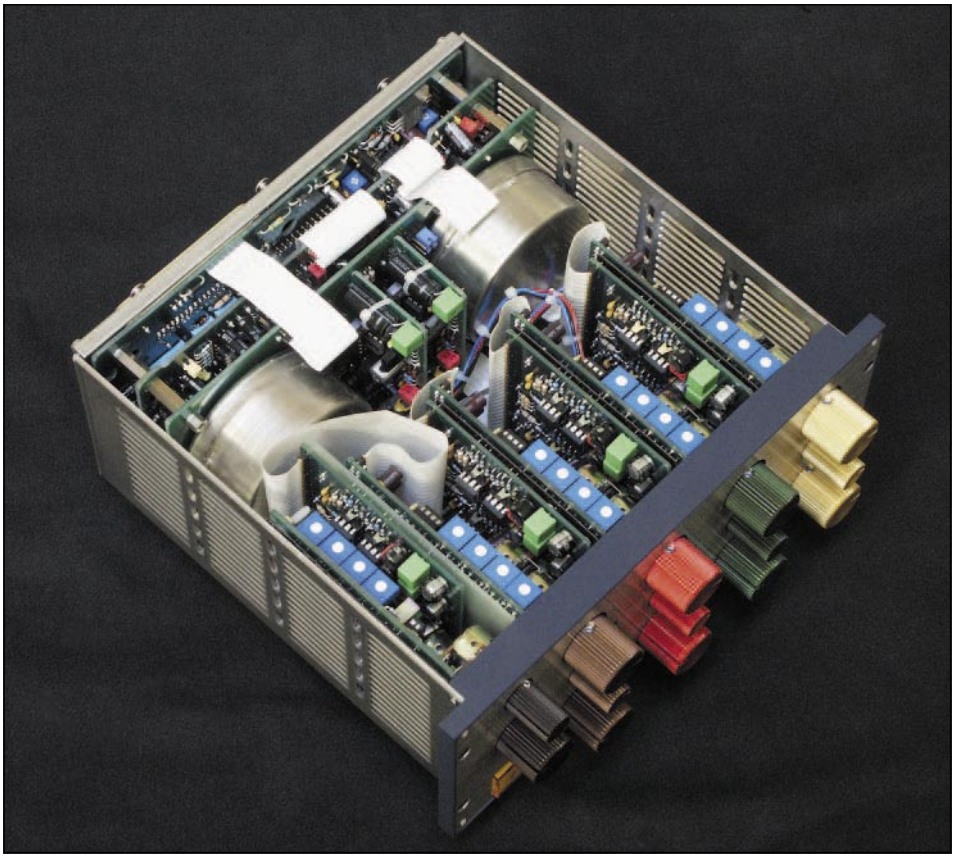
Hemmungslos

Dieter Kahlen
Fotos: Dieter Kahlen

Analoges Modulsystem ADT V700

Betrachtet man rückschauend die Entwicklungsgeschichte professioneller analoger Studiomischpulte, so kann man die im Rundfunkbereich entstandene Kassettentechnik sicher aus technischer Sicht als die Ideallösung betrachten - das Verfahren also, jeden Funktionsbereich jedes Mischpultkanals als standardisiertes, mechanisch und elektrisch unabhängiges Modul auszuführen. Nicht ganz ohne Grund gelten bestimmte Modultypen aus der Blütezeit dieser Technologie noch heute als begehrte Schnäppchen für Vintage-Liebhaber, und nicht ohne Grund haben einzelne Hersteller wie etwa Focusrite auch im Zeitalter der Stangen-Pulte noch versucht, Großkonsolen der obersten Preisklasse mit diesem Konzept im Markt zu etablieren. Der Gladbecker Mischpulthersteller ADT, dessen Firmengeschichte inzwischen auch schon 26 Jahre zurück reicht, hat die Zeit der Kassettenpulte aus eigener Anschauung miterlebt und bis 1984 selbst immerhin rund 70 solcher Konsolen gebaut. Angesichts der heute geforderten Funktionsausstattung eines Mischpult-Eingangskanals und der gebräuchlichen Kanalzahlen ist diese Technologie allerdings, von wenigen Sonderfällen abgesehen, inzwischen nicht mehr praktikabel, da schon allein der mechanische Aufwand für ein solches vollmodulares Mischpult unbezahlbar wäre. Aber es muss ja nicht unbedingt gleich eine komplette Produktionskonsole in dieser Technik sein. Analoge Peripherie für digitale Workstations rückt gerade wieder in den Mittelpunkt des Interesses und steht in einem gewissen Wettstreit mit den Bestrebungen verschiedener Workstation-Anbieter, auch die gesamte Studio-Peripherie so weit wie möglich in ihr Digitalsystem zu integrieren. Ein kompaktes Modulsystem mit hochwertiger Analogtechnik für den gezielten und gleichzeitig flexiblen Einsatz beispielsweise als Frontend, beim Mastering oder zum Abhören ist eigentlich genau das, was heute in vielen Studios gesucht wird. ADT-Mastermind Gerd Jüngling, zwischenzeitlich vorwiegend mit dem Bau großer Produktionskonsolen beschäftigt, hat deshalb den Modul-Gedanken wieder aufgegriffen und einen Teil seines einstmaligen Kassettensystems neu aufgelegt - natürlich in aktualisierter Form und zudem mit dem Vorsatz einer gewissen Hemmungslosigkeit, was die Herstellungskosten der so entstandenen Baureihe V700 angeht...



Aufgeräumt, aber randvoll: Der Mastering-EQ W796; hinten zwei der Übertrager

Es ist eine Binsenweisheit, dass ein Hersteller ein neues Produkt in aller Regel mit Blick auf seine Marktchancen entwickelt - also um es später verkaufen und damit Geld verdienen zu können. Glücklicherweise gibt es allerdings gerade in unserer Branche immer wieder den einen oder anderen 'Wahnsinnigen', der ohne Rücksicht auf den Preis versucht, ein Produkt einfach so gut wie irgend möglich zu machen - sei es, um dabei Grenzen auszuloten, dem Markt die eigene Leistungsfähigkeit zu demonstrieren oder daraus spätere, kostengünstigere Folgeprodukte ableiten zu können. Dass es sich bei diesem Vorsatz im Falle des V700 keineswegs um eine substanzlose 'Drohung' handelt, wird schnell klar, wenn man sich mit den inneren Werten des ADT-Modulsystems befasst: Für praktisch alle Ein- und Ausgänge kommen überdimensionierte Ringkern-Übertrager zum Einsatz; die Schaltungen sind durchgehend symmetrisch aufgebaut und die Module verarbeiten auch intern einen Maximalpegel von +30 dBu. Auf diese Weise wird in allen Modulen ein Dynamikbereich von rund 120 dB erzielt. Wie bei seinen Mischpultentwicklungen setzt Jüngling übrigens auch hier im Zweifelsfall eher auf einen ausgeprägten technischen Realitätssinn und greifbare praktische Vorteile als auf esoterische 'Etiketten' und Voodoo. So kann beispielsweise ein Mikrofonvorverstärker in Class A-Technologie für sich betrachtet durchaus seinen Sinn haben, wenn er gut gemacht ist und keine nachfolgende Signalbearbeitung mehr erforderlich ist. Ist allerdings wie hier eine hohe Funktionsvielfalt bei begrenztem Platzangebot gefordert, so hat es aus Sicht des Herstellers wenig Zweck, nur einzelne Module in dieser extrem aufwändigen Technik auszuführen, die spätestens bei einem vollparametrischen Vierband-EQ allein aus Gründen des Platz- und Strombedarfs innerhalb eines Modulsystems nicht mehr in technisch solider Qualität realisierbar wäre.

Zusammen mit dem im obersten Marktsegment positionierten Modulsystem V700 hat ADT in jüngster Zeit noch zwei weitere Baureihen vorgestellt, die dem Anwender Technologie aus den Mischpulten des Herstellers nun auch in Form von Einzelgeräten zur Verfügung stellt. Angesichts der Tatsache, dass bestimmte Komponenten dieser Mischpulte wie beispielsweise der parametrische Kanal-Equalizer oder der Summenkompressor aufgrund ihrer klanglichen Qualitäten in der Branche einen exzellenten Ruf genießen, ist dies sicherlich eine gute Nachricht - bislang war man gezwungen, gleich ein ganzes Pult zu kaufen, wenn man in den Genuss eines ADT-EQs kommen wollte. Die ebenfalls als Baukastensystem mit zahlreichen Modulvarianten angelegte Integrator-Baureihe ist dabei eine deutlich preisgünstigere Alternative zum V700-System, bei der beispielsweise auf die kostspieligen Ein- und Ausgangsübertrager verzichtet wurde. Zudem bietet ADT unter der Bezeichnung 'Toolkit' nun auch vorkonfigurierte Eingangskanäle im 19"-Format an, die sich autark oder mit Hilfe einer Summiereinheit auch in Mischpult-Konfigurationen betreiben lassen.

Konzept

Das analoge 'Plug-In-System' von ADT umfasst zur Zeit allein innerhalb der V700-Baureihe insgesamt rund 80 verschiedene Modultypen. Möglich wird diese Bandbreite in Verbindung mit den eher geringen zu erwartenden Stückzahlen vermutlich erst durch die ausgeprägte Neigung des Herstellers, möglichst viele der benötigten Fertigungsschritte im eigenen Hause durchzuführen, anstatt sie an Fremdfirmen zu vergeben. Nur ganz wenige Arbeiten wie etwa das Eloxieren bestimmter Gehäuseteile werden außer Haus erledigt. Abgesehen von solchen Ausnahmen werden die V700-Module ebenso wie die ADT-Konsolen vollständig im eigenen Hause entwickelt und gefertigt, angefangen vom Platinen-Layout über die Prints und deren Bestückung bis hin zu einer kompletten hauseigenen Metallverarbeitung für den Gehäusebau. Auf diese Weise sind für ADT auch Kleinstserien und Speziallösungen für einzelne Kunden praktikabel.

Zur Aufnahme der V700-Module bietet der Hersteller verschiedene Rahmentypen an, die je nach Anzahl der zu versorgenden Module mit drei unterschiedlich leistungsfähigen Netzteilen kombiniert werden. Der Standard-Rahmen im 19"-Format beansprucht 5 Höheneinheiten im Rack und besitzt neun Modulplätze. Die meisten der Module im V700-Programm beanspruchen einen oder zwei Modulplätze, so dass sich in ein 19"-Rack bis zu neun Module einbauen lassen. Alternativ zum großen Rahmen werden die kleineren Modulträger der 'Cube'-Reihe mit zwei bis sechs Modulplätzen angeboten. Im Normalfall besitzen die Frames kein internes Signal-Routing; die beiden Ein- und Ausgänge aller Modulplätze sind einzeln als XLR-Steckverbinder auf der Rückseite des

Rahmens zugänglich. Grundsätzlich sind allerdings auch Rahmen mit interner Vorverdrahtung realisierbar, beispielsweise zum Aufbau mehrkanaliger Kompakt-Mischpulte. Der 19"-Rahmen ist zusätzlich mit D-Sub-Steckern bestückt, um die Festverdrahtung innerhalb einer Studio-Installation zu vereinfachen und beispielsweise auch den Einbau mehrkanaliger Surround-Module zu ermöglichen. Der Anschluss der Netzteile an den Modulträger erfolgt je nach Frame über stabile Siemens-Messerleisten oder über einen mehrpoligen XLR-Spezialstecker; drei unabhängige Ground-Lifts für Chassis, Relais und Steuerung erlauben die gezielte Bekämpfung von Brummstörungen in komplexeren Installationen.

Das umfangreiche Modulprogramm der V700-Baureihe enthält zunächst einmal Eingangsmodule, Dynamikprozessoren und Entzerrer in unterschiedlichsten Varianten, die zumeist in Mono- und Stereoversionen verfügbar sind. Aus diesen Modultypen lassen sich beispielsweise Frontends für den Aufnahmebetrieb oder auch Bearbeitungssysteme für Mastering-Anwendungen aufbauen. Darüber hinaus gibt es etliche Spezialgeräte wie M/S-Richtungsmischer und -Entzerrer, dynamische Entzerrer, Niveaufilter, Denoiser oder auch Spezialgeräte etwa zum Hinzufügen harmonischer Oberwellen. Allerdings umfasst das Programm zusätzlich auch alle für den Aufbau ganzer Mischpulte benötigten Zusatzmodule, beispielsweise Summierstufen, Verteilverstärker, Fadermodule, Panpots, Joysticks, Abhör- und Quellenwahleinheiten sowie Pegelanzeigen und sogar Testton-Oszillatoren und Talkback-Module. Bei der Modulauswahl unseres Testsystems wurde der Schwerpunkt einerseits auf eine typische Frontend-Konfiguration und andererseits auf die Anwendung im Mastering gelegt. An Bord unseres 19"-Modulträgers waren eine Eingangsstufe, eine Kombination aus Kompressor, Limiter und Gate sowie zwei parametrische Fünfband-EQs; der Mastering-Bereich wurde durch einen kombinierten M/S-Richtungsmischer und -Entzerrer, einen Stereo-EQ und einen Stereo-Dynamikprozessor abgedeckt.

Will ein Entwickler anspruchsvoller Audio-Schaltungstechnik die in aller Regel gültigen Grenzen hinsichtlich Übersteuerungsfestigkeit und nutzbarem Dynamikbereich überwinden, so hat er wahlweise die Möglichkeit, mit sehr hohen Betriebsspannungen zu arbeiten oder die gesamte interne Signalführung symmetrisch auszulegen. Entscheidend für den realisierbaren Dynamikumfang ist dabei natürlich nicht allein die Fähigkeit, ein- und ausgangsseitig hohe Pegel verarbeiten zu können - wichtig ist vielmehr, diese hohen Pegel auch innerhalb der gesamten Schaltung zu erhalten. Wird der Eingangspegel stattdessen intern am Eingang der Schaltung abgesenkt und vor der Ausgangsstufe wieder erhöht, so ergibt sich für den Rauschabstand natürlich unter dem Strich kein Vorteil. ADT hat sich bei der Entwicklung seiner Modulserie für den zweiten Weg der internen Symmetrierung entschieden, da sich die Auswahl geeigneter Bauteile bei der Nutzung extrem hoher Versorgungsspannungen so stark reduziert, dass viele Komponenten einer Modulserie in dieser Technik kaum realisierbar wären. Stattdessen sind innerhalb der V700-Serie im 'Dual Balanced'-Verfahren aufgebaut, wobei naturgemäß alle internen Schaltungen doppelt ausgeführt sein müssen. Ein Monogerät in dieser Technik ist also quasi wie ein Stereogerät mit gegenphasig betriebenen Kanälen aufgebaut. Bei dem parametrischen Stereo-EQ der Baureihe gipfelt der dazu benötigte Bauteil-Aufwand beispielsweise in der Verwendung von Potentiometern mit acht Ebenen - so etwas ist also nicht zum Nulltarif zu haben, auch nicht im Hinblick auf den deutlich erhöhten Strombedarf und die Wärmeentwicklung solcher Schaltungen. Abhängig von der Schaltungsart lassen sich auf diese Weise allerdings Dynamikgewinne von bis zu 9 dB er-

Netzteil-Anschluss und Ground Lifts

zielen. Kombiniert wird diese Bauweise in der V700-Serie mit der Verwendung hochwertiger Ringkern-Übertrager des Herstellers Haufe, die zum Teil speziell für ADT entwickelt und angefertigt wurden.

V776

Der V776 ist der Standard-Eingangsverstärker des V700-Systems; er kombiniert einen Mikrofoneingang, einen ebenfalls übertragersymmetrischen Line-Eingang sowie einen hochohmigen DI-Instrumenteneingang mit frontseitig zugänglicher Klinkenbuchse. Die Einstellung der Vorverstärkung erfolgt für alle drei Eingangswege, die über beleuchtete Drucktasten umgeschaltet werden, mit unabhängigen Pegelstellern. Der Mikrofoneingang besitzt einerseits einen großen Drehschalter, der die Verstärkung in Schritten zu 6 dB umschaltet, und zusätzlich einen stufenlosen 'Fine'-Regler, der die Verstärkung nochmals um bis zu 10 dB erhöhen kann. Um eine optimale Rauschanpassung zu erhalten, wird bei den ersten drei Stufen des Gain-Schalters (0, 8 und 16 dB) intern eine Vordämpfung mitgeschaltet. Um die nachfolgende Verstärkerschaltung mit der für das Rauschverhalten optimalen Impedanz von 5-10 Kiloohm arbeiten zu lassen, übernimmt der Eingangsübertrager hier eine Impedanzanpassung auf die eingangsseitigen 200 Ohm des Mikrofons. Dabei wird allerdings das Signal bereits um rund 17 dB verstärkt - zum Erreichen kleinerer Verstärkungen wird deshalb ein Pad verwendet. Das Angenehme an dieser Schaltungsart ist die Tatsache, dass das Pad ohne Zutun des Anwenders automatisch im Signalweg liegt, wenn es benötigt wird.

Eine interessante Besonderheit ist auch das auf die drei Ansatzfrequenzen 30, 40 und 80 Hz schaltbare Subsonic-Filter, das zusätzlich zu einem regelbaren Hochpass vorhanden ist. Im Gegensatz zu diesem ist das als passives Kondensator- und Widerstandsnetzwerk aufgebaute Subsonic-Filter, bekannt beispielsweise aus alten Röhren-Vorverstärkern wie dem V76, bereits in der Primärwicklung des Eingangsübertragers angeordnet und schützt diesen damit vor tieffrequenten Übersteuerungen, ohne andererseits Rauschen hinzuzufügen oder die Eingangssymmetrie zu verschlechtern. Die Steilheit dieses Filters liegt bei rund 7-8 dB pro Oktave.

Die beiden Drehschalter R-Load und C-Load ermöglichen eine zusätzliche ohmsche und/oder kapazitive Belastung des Mikrofoneingangs in mehreren Abstufungen, um die klanglichen Eigenschaften des angeschlossenen Mikrofons und seiner Ausgangsstufe variieren zu können. Dabei wird das Eingangssignal des Verstärkers schrittweise mit einem Widerstand von 700 bis 200 Ohm sowie mit Kapazitäten zwischen 330 Picofarad und 1,5 Nanofarad belastet. Die Belas-

tung mit 1,5 Nanofarad entspricht dabei in etwa dem Anschluss eines Mikrofonkabels von 100 Metern Länge.
Die Verstärkung des Line-Eingangs ist im Bereich zwischen -20 und +20 dB einstellbar. Das Hochpassfilter ist im Gegensatz zur Subsonic-Funktion mit 24 dB pro Oktave sehr steilflankig ausgelegt; die Höhensperre arbeitet mit 12 dB pro Oktave. Der besonders hochohmig ausgelegte Instrumenteneingang eignet sich auch zum Anschluss sehr empfindlicher passiver Tonabnehmer und läßt sich um bis zu 36 dB verstärken. Mit den beiden Tasten 'Ground Lift' und 'Balanced' läßt sich für alle denkbaren Signal- und Erdungskonfigurationen ein brummfreier Betrieb realisieren. Ganz unten befindet sich eine vierstufige LED-Kette, die immer den Ausgangspegel des Moduls anzeigt.

U799 und U796

Der in VCA-Technologie realisierte U799 ist eine einkanalige, umfangreich ausgestattete Kombination aus Kompressor, Limiter und Noise Gate, die in der von uns getesteten Variante für die Bearbeitung von Instrumenten optimiert ist. Für die Bearbeitung von Vocals bietet der Hersteller unter der Bezeichnung U798 eine weitere, leicht modifizierte Variante an, die verschiedene weitere Sonderfunktionen bietet und statt des Gates mit einem Expander bestückt ist. In beiden Modulen findet man so ziemlich alles, was der Hersteller zum Thema Regelverstärkung beizutragen hat, und das ist nicht gerade wenig: Mit 28 Bedienelementen und etlichen LED-Anzeigen ist die Frontplatte des U799 extrem dicht belegt; dennoch ist die Erreichbarkeit der Drehregler und Tasten nach unseren Erfahrungen durchaus akzeptabel. Der ausgangsseitige Limiter wurde als unhörbare und extrem schnelle 'Notbremse' zum Abfangen von Pegelspitzen in der Größenordnung einiger weniger dB konzipiert, die von einem relativ weich eingestellten Kompressor nicht mehr erreicht werden; er besitzt eine Schwellwert-Einstellung im Bereich zwischen +21 und -6 dB und eine Ampel-LED zur Funktionskontrolle. Die stufenlose Regelung von Ansprechzeit und Release ermöglicht es dem Anwender, in Abhängigkeit von der Art und der 'Tiefenlastigkeit' des Programms nach Gehör einen klirrfreien Betrieb sicherzustellen.
Das komfortabel ausgestattete Noise Gate besitzt neben seiner Threshold-Einstellung auch Regler für den Grad der Dämpfung

Links der Eingangskanal V776, rechts daneben das Dynamikmodul U799

(Range), die Zeitkonstanten Attack und Release sowie Hold zur Definition der Wartezeit vor Einsatz des Release-Vorgangs. Die dreifarbige Status-LED des Gates leuchtet orange, solange die eingestellte Hold-Zeit aktiv ist. In den Detektorweg des Gates lassen sich wahlweise stufenlos regelbare Hoch- und Tiefpassfilter oder ein stimmbares Bandpassfilter mit einstellbarer Güte schalten; die Einstellung der Filterung wird durch eine Sidechain-Listen-Funktion erleichtert. Im Regelfall ist das Gate im Signalweg hinter dem Kompressor angeordnet; mit Hilfe eines Zugschalters im Kompressor kann diese Reihenfolge aber vertauscht werden.
Auch bei der Wahl der Zeitkonstanten für den Kompressor setzt der Hersteller auf die Kompetenz des Anwenders; hier läßt sich bei falscher Einstellung also durchaus Klirr produzieren. Bei kürzeren Release-Zeiten lassen sich durch Drehen des von 0,1 Millisekunden bis zum Maximalwert von 30 Millisekunden aufziehbaren Attack-Regler praktisch alle Kompressoren-Klassiker wieder erkennen. Der Drehschalter 'Crest' mit vier Schaltpositionen ermöglicht die Beeinflussung des Gleichrichters von RMS- bis zur Spitzenwert-Charakteristik und bietet dem Anwender damit weitere wichtige Gestaltungsmöglichkeiten. Neben den Standard-Parametern Threshold, Ratio und Gain sowie einer stufenlos einstellbaren Knee-Funktion besitzt der Kompressor noch weitere Extras: Der Envelope-Regler variiert die Art und Weise, wie der Detektor auf tieffrequente Signalanteile reagiert, und ermöglicht dadurch kürzere Release-Einstellungen des Kompressors bei reduzierter Klirrgefahr. Eine weitere Spezialfunktion mit der Bezeichnung 'Fill' sorgt dafür, dass bei stark komprimiertem Material die leiseren Signalanteile, die von der Regeltätigkeit des Kom-

Experimentierkasten für Profis: Mastering-Dynamics U796

pressors in Mitleidenschaft gezogen werden und zu einem auseinander fallenden Klangbild führen, stabilisiert werden. Erreicht wird dies durch moderates Zumischen des unbearbeiteten Eingangssignals zum komprimierten Ausgangssignal, das mit dem Fill-Regler individuell eingestellt wird - die zu leisen Stellen im Signalverlauf werden auf diese Weise einfach wieder aufgefüllt. Der Kompressor arbeitet im Normalfall mit einer ausgesprochen nützlichen, aber auf Wunsch auch abschaltbaren Autogain-Funktion, die einen durch die Regeltätigkeit hervorgerufenen Pegelverlust automatisch kompensiert. Die Signalverdichtung eines Kompressors kann auf diese Weise unabhängig von der eigentlich damit einhergehenden Pegelreduktion beurteilt werden, die sonst manuell ausgeglichen werden müßte.

Der Summenkompressor U796 ist ein aufwändiger Mastering-Kompressor zur Bearbeitung von Stereosignalen, der in doppelter Modulbreite ausgeführt ist und viele der bereits erwähnten Spezialfunktionen ebenfalls enthält. Limiter, Kompressor und Expander sind als eigenständige, unabhängig zuschaltbare Einheiten ausgeführt; dabei verfügt der Kompressor über ein eigenes VCA-Set. Ein ausgangsseitiger Balance-Trimmer dient zur Kompensation etwaiger Unsymmetrien im Stereobild. Alle drei Sektionen verfügen über eigene LED-Ketten zur Anzeige der Verstärkungsreduktion. Mit Hilfe der Taste Sidechain Insert kann man den Kompressor 'virtuell' vor einen im Signalweg befindlichen Entzerrer schalten, indem man das Signal des EQ-Eingangs parallel auf den Steuerspannungs-Eingang des Kompressors führt. Auf diese Weise ist es möglich, das komprimierte Signal zu entzerren und dennoch den Limiter weiterhin hinter dem EQ anzuordnen. Zusätzlich zum U799 ist die Mastering-Variante mit dem Regler 'Int' ausgestattet, der über eine zweite Steuerspannung eine Mittelwertbildung über eine längere Zeitspanne ermöglicht und damit ähnlich wie ein Leveler oder eine Auto-Release-Funktion arbeitet. Mit dem Regler wird dabei die Rücklaufzeit der Mittelwertbildung eingestellt.

Der Fünfband-EQ W785

W785 und W796

Der W785 ist ein vollparametrischer, einkanaliger Vierband-Entzerrer mit zusätzlichem, in der Ansatzfrequenz vierfach umschaltbaren Shelving-Höhenfilter. Das Modul entspricht weitestgehend dem Kanal-Entzerrer aus der Magnum V3-Konsole, dem Topmodell unter den ADT-Mischpulten. Als W786 ist der EQ bei gleicher Modulbreite auch in einer Stereo-Variante lieferbar. Alle Bänder erlauben Anhebungen und Absenkungen um +/-24 dB. Besonders erwähnenswert ist hier die Auslegung der beiden untersten Filterbänder Low und MID1, deren untere Grenzfrequenzen bei nur 20 und 40 Hz liegen. Sie ermöglichen im 'Team' beispielsweise eine steilflankige Bearbeitung von Kickdrum und Bass. Das Höhenband arbeitet in der Position 20 kHz als weicher Kuhschwanz-EQ und sorgt für den oft benötigten 'Glanz'; in den restlichen Schaltpositionen 12, 8 und 4 kHz handelt es sich dagegen um ein weiches Glockenfilter.

Der in doppelter Modulbreite ausgeführte W796 ist das EQ-Flaggschiff der Baureihe V700; er wird nur in der Stereo-Ausführung angeboten und wurde speziell für die Bearbeitung fertiger Mischungen im Mastering ausgelegt. Dabei wurden die Stellbereiche der Einzelparameter sinnvoll reduziert, um die präzise Einstellbarkeit auch marginaler Korrekturen zu ermöglichen. Ein Gain- und ein Balanceregler erlaubt es, die bei der Entzerrung entstehenden Pegel- und Balanceverschiebungen zu kompensieren. Alle vier Filterbänder arbeiten vollparametrisch als Glockenfilter. Die 21 Rastpositionen der Frequenzpotis wurden so ausgelegt, dass jede Stufe in etwa einem Ganztonschritt entspricht. Der maximale Gain-Regelbereich der Bänder wurde gegenüber den Modulen W785/786 auf +/-12 dB halbiert. Alle Bänder wurden klanglich auf die im jeweiligen Frequenzgang beim Mastering in der Regel benötigten Funktionen hin optimiert; so besitzt der Höhenbereich einen besonders weichen Charakter, während die unteren Mitten und die Bässe für Festigkeit und Transparenz ausgelegt wurden.

Mastering-EQ W796

W731

Der W731 ist eine ausgesprochen raffinierte Kombination verschiedener Spezialfunktionen zur Bearbeitung von Stereosignalen, die Anwendern von ADT-Pulten zum Teil bekannt vorkommen werden, ansonsten allerdings nicht an jeder Straßenecke zu haben sind. Das Modul kombiniert eine eingangs- und eine ausgangsseitige M/S-Matrix mit einem Stereo-Richtungsmischer, einem elliptischen EQ sowie einem dreibandigen M/S-Entzerrer. Der W731 ermöglicht damit zunächst den unmittelbaren Anschluss von M/S-Mikrofonkonfigurationen und kann sein Ausgangssignal wahlweise im M/S- oder L/R-Format

ausgeben. Der Base-Regler ermöglicht das stufenlose Einstellen der Stereo-Basisbreite von Mono bis 300 Prozent; in der 12-Uhr-Position bleibt das Eingangssignal unbeeinflusst. Der mit 'Dir' bezeichnete Richtungsregler sendet in seinen Extremstellungen das summierte Monosignal beider Eingangskanäle nach links oder rechts. Im Gegensatz zu einem Balanceregler wird dabei der gegenüberliegende Kanal nicht ausgeblendet, sondern der angesteuerten Signalrichtung zugemischt. Hintergrund dieser Funktion ist der Einsatz zusammen mit einer Erhöhung der Basisbreite durch den Base-Regler: Hier wird es in der Praxis oft vorkommen, dass das eigentlich in der Mitte positionierte Signal bei einer Verbreiterung aus der Mitte herauswandert; dies läßt sich mit dem Dir-Regler auf einfache Weise kompensieren. Als zusätzliche Hilfe ist ein elliptischer Equalizer eingebaut, der Signalanteile unterhalb der am Regler eingestellten Trennfrequenz mit 12 dB pro Oktave zunehmend auf Mono zusammenmischt. Bei der eingestellten Frequenz beträgt die Kanaltrennung zwischen L und R noch 15 dB - also den Wert, von dem an man den Eindruck hat, das Signal nur von einer Seite zu hören. Eine durch die Basisbreiten-Erweiterung verschlechterte Korrelation, die natürlich besonders im Tieftonbereich zutage tritt, läßt sich auf diese Weise ohne nennenswerte Auswirkungen auf das wahrgenommene Stereobild des Signals wieder verbessern, da die Richtungswahrnehmung des menschlichen Ohrs unterhalb von 300 Hz nicht sehr ausgeprägt ist.

Sehr spannend: Der W731

Der im unteren Teil des Moduls angeordnete Dreiband-EQ arbeitet nicht wie ein gewöhnlicher Stereo-Entzerrer, sondern bearbeitet die Mitten- und Seitenkomponenten eines Stereo- oder M/S-Eingangssignals separat: Höhen- und Mittenfilter wirken ausschließlich auf die Seiteninformation, während das Tiefenfilter ausschließlich auf die Mittenkomponente wirkt. Auf diese Weise lassen sich hochinteressante Effekte erzeugen, wie sie anders kaum zu erzeugen sind - beispielsweise die gezielte Entzerrung der Raumanteile einer Live-Aufnahme. Natürlich sollte man bei der Einstellung berücksichtigen, dass die Beeinflussung der Seitenanteile bei einer späteren Monobildung des Signals praktisch nicht mehr hörbar sind. Die beiden unteren Filterbänder sind vollparametrisch mit einem Hub von bis zu +/-15 dB; das Höhenband ist als Sweep-Filter ausgeführt.

Messergebnisse

Angesichts des ungewöhnlich hohen Aufwands, den der Hersteller bei der Entwicklung der V700-Baureihe getrieben hat, waren wir in diesem Fall natürlich besonders gespannt darauf, wie die Module unsere unvermeidlichen messtechnischen 'Torturen' überstehen würden. Um dieses Kapitel allerdings angesichts unseres üppig bestückten Test-Frames nicht ausufern zu lassen, beschränkten wir uns dabei auf das Eingangsmodul V776 und den Mastering-Equalizer W796 - viele grundsätzliche Eigenschaften wie beispielsweise die Ein- und Ausgangsstufen sind bei allen Line-Modulen der Baureihe ohnehin identisch ausgeführt. Den Anfang machte wie üblich der Mikrofonvorverstärker, dessen Pegel- und Phasenfrequenzgang in Diagramm 1 abgebildet ist. Der Abfall in den Tiefen ist mit rund -0,6 dB bei 20 Hz moderat ausgefallen, und auch in den Höhen hat der Hersteller in diesem Fall bewußt keine Rücksichten auf die Forderungen der bekannten Pflichtenhefte genommen. Falls zum besseren Schutz vor hoch- oder tieffrequenten Störungen eine Beschränkung des Übertragungsbereichs erwünscht ist, läßt sich diese mit den stimmbaren Höhen- und Tiefensperren realisieren.

Die real gemessene Maximalverstärkung des Vorverstärkers mit zugedrehtem Fine-Regler beträgt in der 70 dB-Position exakt +70,1 dB; mit voll aufgedrehtem Fine-Regler +80,2 dB. Das Ausgangsrauschen des Moduls lag mit geschlossenem Fine-Poti bei -58,1 dBu RMS effektiv unbewertet (22 Hz bis 22 kHz), woraus sich ein äquivalentes Eingangsrauschen (EIN) von -128,2 dB er-

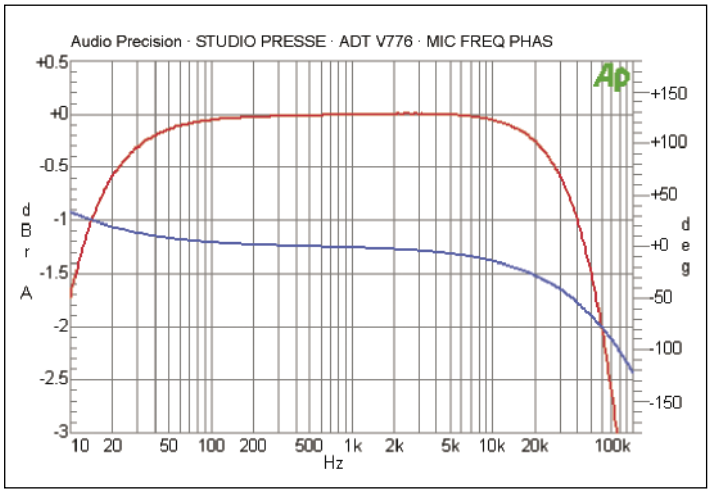


Diagramm 1: V776: Pegel- (rot) und Phasenfrequenzgang des Mikrofoneingangs bei 40 dB Verstärkung

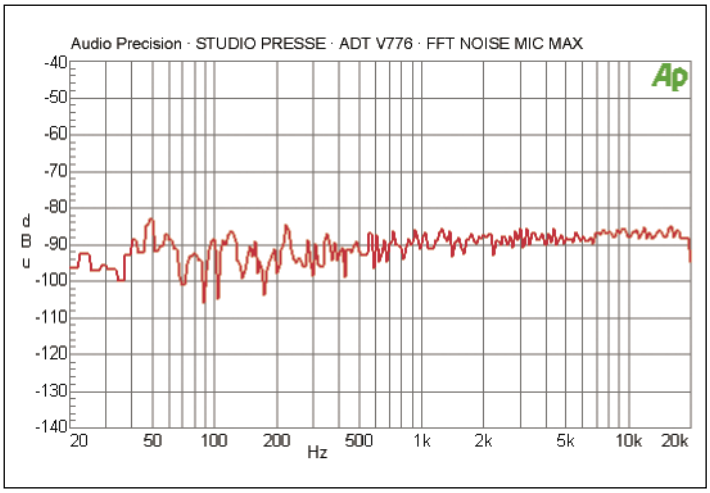


Diagramm 2: V776: FFT-Rauschspektrum Mikrofoneingang bei Maximalverstärkung

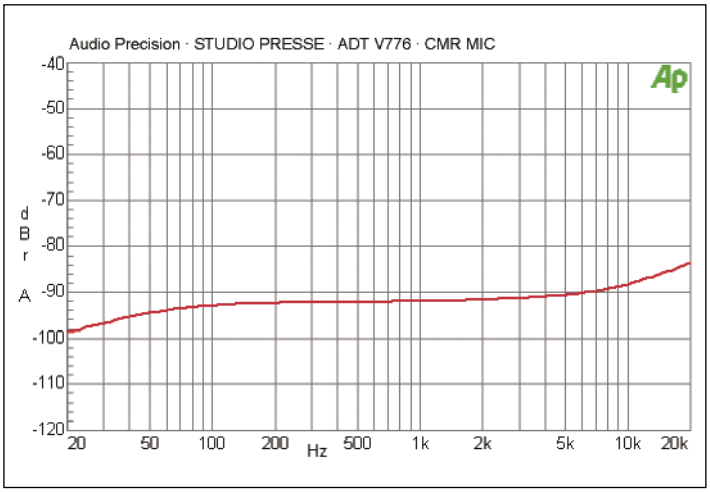


Diagramm 3: V776: Unsymmetriedämpfung Mikrofoneingang bei 40 dB Verstärkung

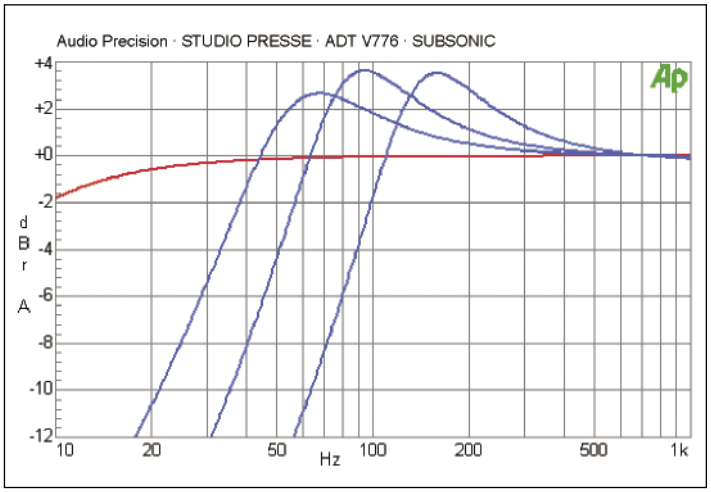


Diagramm 4: V776: Wirkungsweise des Subsonic-Filters bei allen drei Frequenzeinstellungen

gibt. Kenner der Materie wissen, dass damit die Grenze des physikalisch Möglichen praktisch erreicht ist - leiser geht es nun wirklich nicht mehr. Auch der Quasipeak-Wert von -47,2 dBu (mit CCIR-Filter) deutet in diese Richtung; er ergibt einen EIN-Wert von -117,3 dB und damit eine Rauschzahl von 0,7. Das Diagramm 2 zeigt dazu passend das sehr ausgeglichene FFT-Spektrum der voll aufgedrehten Vorstufe. In der Praxis noch wichtiger als ein niedriges Rauschniveau bei Maximalverstärkung ist bekanntlich das Rauschen bei geringeren, im täglichen Einsatz real benutzbaren Verstärkungen, und hier zeigt der V776 seine Qualitäten besonders überzeugend: Bei einer eingestellten Verstärkung von +52 dB (real +51,9 dB) rauschte der Verstärker mit -76,1 dBu RMS, woraus sich immer noch ein EIN-Wert von -128,0 dB ergibt. Auch bei +40 dB Gain ändert sich der EIN nur ganz unerheblich auf -127,8 dB, und erst bei +28 dB Verstärkung wird der Wert mit -126,6 dB geringfügig 'schlechter' - wenn man dieses Wort bei einem Wert, den viele der von uns bisher getesteten Mikrofonvorverstärker selbst unter optimalen Bedingungen (Maximalver-

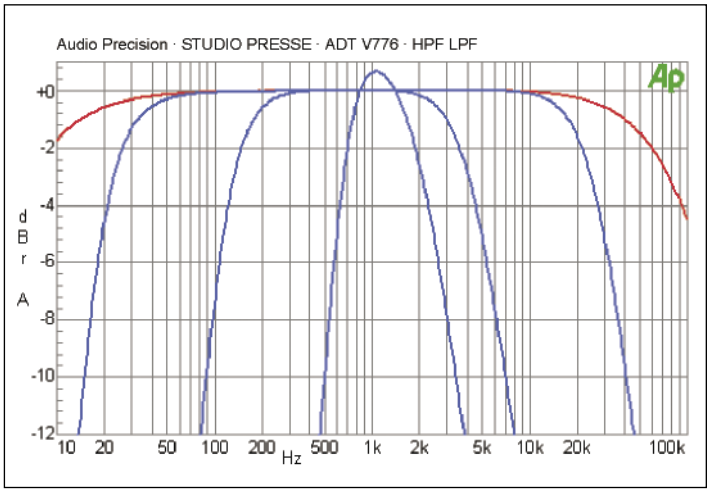


Diagramm 5: V776: Hoch- und Tiefpassfilter abgeschaltet (rot), in Maximal- und Minimalposition sowie in 12-Uhr-Stellung

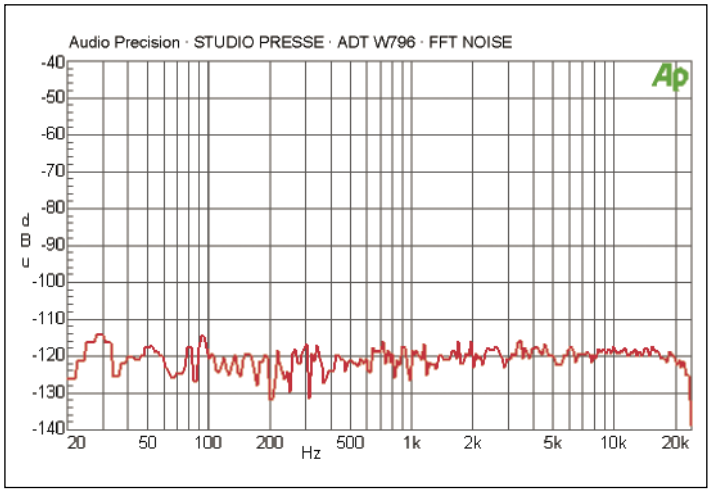


Diagramm 6: W796: FFT-Rauschspektrum

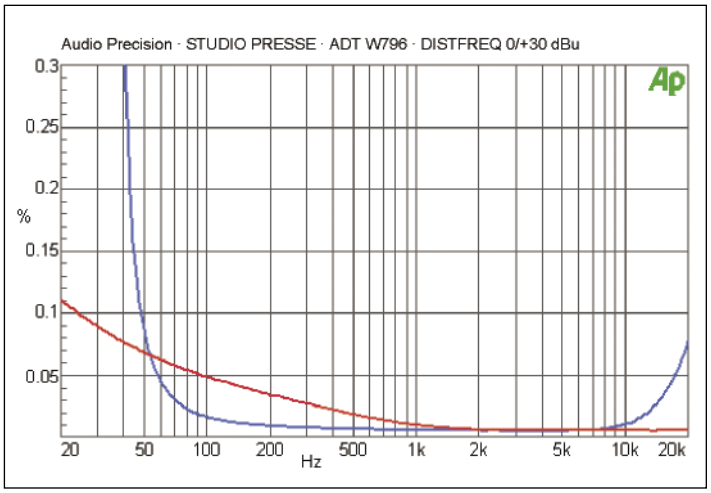


Diagramm 7: W796: Klirr bei 0 (rot) und +30 dBu Eingangspegel

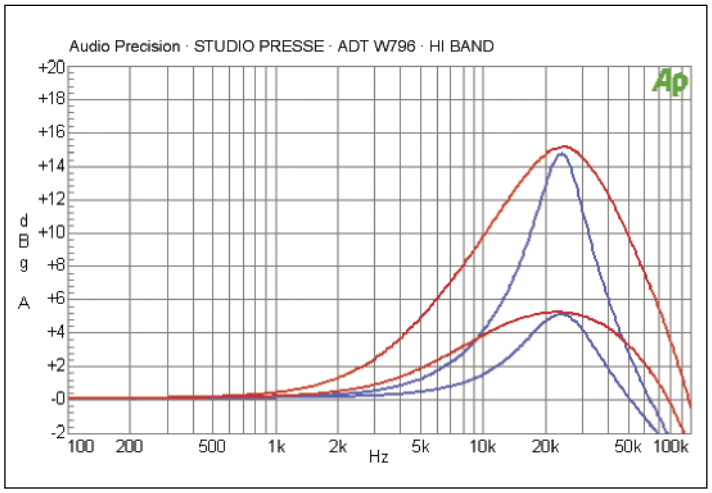


Diagramm 8: W796: Höhenband mit maximaler Ansatzfrequenz, verschiedene Gain- und Güte-Einstellungen

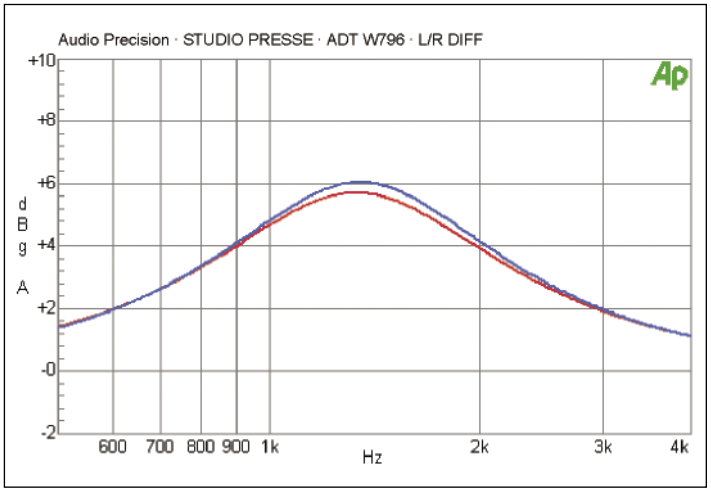


Diagramm 9: W796: Gleichlauf beider Kanäle, obere Mitten mit +6 dB bei etwa 1,5 kHz

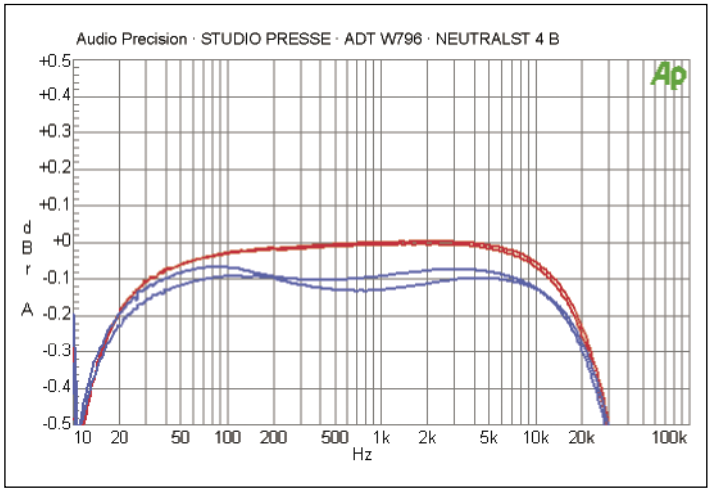


Diagramm 10: W796: Frequenzgang L/R bei abgeschalteten Bändern (rot) und mit aktiven Bändern in Neutralposition

stärkung) nicht schaffen, in diesem Fall tatsächlich verwenden möchte. Immerhin liegt das Ausgangsrauschen des Moduls für diese Verstärkung bei lediglich -98,6 dBu. Viel Konkurrenz hat der ADT-Vorverstärker in dieser Disziplin also ganz sicher nicht zu fürchten; wir können uns jedenfalls nicht erinnern, in den letzten Jahren schon einmal günstigere Rauschwerte für einen Mikrofonvorverstärker gemessen zu haben.

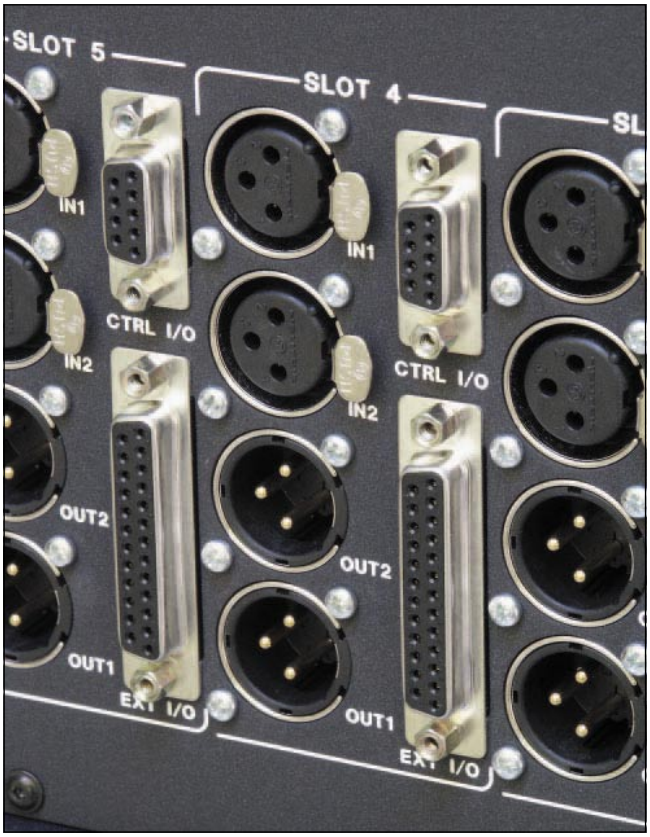
Angesichts des aufwändigen Eingangsübertragers ist es wenig überraschend, dass auch

die in Diagramm 3 gezeigte Unsymmetriedämpfung des Eingangs keinerlei Anlass zur Kritik gibt; für 1 kHz liegt sie bei etwa -92 dBr und für 15 kHz immer noch bei rund -86 dBr. Einen interessanten Verlauf weist das bereits unmittelbar am Übertragereingang zuschaltbare Subsonic-Filter auf, wie das Diagramm 4 zeigt: Oberhalb des abgesenkten Frequenzbereichs produziert das Filter einen recht deutlichen Buckel, der je nach eingestellter Ansatzfrequenz nahezu +4 dB erreicht; viele Toningenieure wissen eine solche Filtereigenschaft gezielt für bestimmte Effekte einzusetzen. Einen ähnlichen Effekt erreicht man beispielsweise auch durch die geschickte Kombination eines Shelving-Filters mit einem Hochpass. Wer den Buckel nicht mag, hat ja immer noch die Möglichkeit, alternativ auf den später im Signalweg folgenden stimmbaren Hochpass auszuweichen. Wie das Diagramm 5 zeigt, eignen sich die Hoch- und Tiefpassfilter des Moduls in ihren Extremeinstellungen auch für eine sehr moderate Beschneidung des Übertragungsbereichs; auf der anderen Seite lassen sich aber auch extrem schmalbandige Frequenzgänge damit realisieren.

Zweiter Testkandidat auf unserem Audio Precision-Messplatz war der Mastering-Equalizer W796. Wie die übrigen Geräte der V700-Serie ist auch dieser EQ eingangs- wie ausgangsseitig mit großformatigen Ringkern-Übertragern bestückt und besitzt eine vollständig symmetrische Signalführung, die nach Aussage des Herstellers durchgängig Pegel bis +30 dBu im Übertragungsbereich verarbeitet. Dies konnten wir am EQ auch problemlos verifizieren; der Eingang verkraftete +30 dBu, die übrigens auch den Maximalpegel des Signalgenerators in unserem System Two Cascade Messsystem darstellen, ohne erkennbare Schwierigkeiten und der Ausgang schaffte bei 1 kHz sogar +31 dBu ohne nennenswerten Klirr. Das Ausgangsrauschen wurde mit den vier in den Signalweg geschalteten Filtern in Neutralposition ermittelt (alle Regler auf 12 Uhr) und lag für diese Einstellung bei ausgezeichneten -89,9 dBu, woraus sich ein Dynamikbereich von recht genau 120 dB errechnen läßt. Mit diesem Rauschverhalten qualifiziert sich der EQ zweifellos auch für anspruchsvollste Mastering-Anwendungen. Das Diagramm 6 zeigt das extrem ausgeglichene FFT-Rauschspektrum des Entzerrers. Wurden alle vier Filter mit dem Güteregler extrem schmalbandig eingestellt, so verschlechterte sich das Ausgangsrauschen geringfügig um etwa 2,5 dB; diese Tatsache ist allerdings angesichts der Abschaltbarkeit nicht benötigter Bänder von eher akademischer Bedeutung. Das Diagramm 7 dokumentiert die hohe Qualität der verwendeten Übertrager; beim Maximalpegel von +30 dBu lassen sich Frequenzen bis hinunter zu 40 Hz noch mit maximal 0,3 Prozent Klirr übertragen. Diagramm 8 zeigt stellvertretend für die übrigen Bänder verschiedene Einstellungen des Höhenfilters, das aufgrund seiner recht hohen Maximalfrequenz im hörbaren Bereich durchaus auch nach Art eines Kuhschwanzfilters wirken kann. Die Diagramme 9 und 10 dokumentieren den besonders beim Mastering relevanten Gleichlauf zwischen den beiden Kanälen sowie die Abweichungen des Frequenzgangs in Neutralposition der Gain-Regler von der 'Ideallinie'.

Hören und Praxis

Das gesamte System vermittelte im Test einen ausgesprochen soliden Qualitätseindruck, der sich auch, aber nicht nur im hohen Gewicht unseres voll bestückten Test-Rahmens äußerte - schon der Transport zwischen Messplatz, Fotosession und Studio innerhalb unserer Verlagsräume erwies sich als echter Kraftakt. Die Konstruktion der einzelnen Module mit Edelstahlgehäuse, massiven gefrästen Frontplatten und darin eingelegten Beschriftungsblenden wirkt ausgesprochen wertig. Es ist angesichts der hohen Dichte an Bedienungselementen für den Hersteller sicher nicht ganz einfach, einen guten Mittelweg zwischen Ablesbarkeit der Skalierungen und optischem Gesamteindruck zu finden - ADT bietet seinen V700-Kunden deshalb die Möglichkeit, aus einer Vielzahl unterschiedlicher Farbgebungen für die eloxierten Frontblenden wählen zu können, die sich auch später noch ohne hohen Aufwand austauschen lassen. Die Qualität der verwendeten Taster, Drehregler und -schalter sowie der Anschlusstechnik ist ebenfalls über jeden Zweifel erhaben, und auch ein Blick ins Innere bestä-



Slot-Anschlussfeld mit XLRs und D-Subs für Steuerung und mehrkanalige I/Os

tigte die schon eingangs erwähnte 'Rücksichtslosigkeit' des Herstellers hinsichtlich der Kosten für die verwendeten Komponenten und den Fertigungsaufwand.

Aus dem breiten Angebot der in unseren V700-Testrahmen eingebauten Kassetten haben wir uns zunächst ausgiebiger mit den drei Stereogeräten beschäftigt, die in erster Linie in die Domäne der Mastering-Studios fallen: dem Stereo-Kompressor/Begrenzer/Expander U796, dem Richtungsmischer/EQ W731 und dem Stereo-Mastering-Equalizer W796. Als Ausgangsmaterial verwendeten wir eine zu diesem Zweck in Nuendo angefertigte Mischung mit bestimmten Eigenschaften, um die Reaktion der einzelnen Geräte besser bewerten zu können. Richten wir unser Augenmerk zunächst auf die Mastering-Dynamics, die durch eine Fülle von Funktionen auch Eingriffe in Bereiche gestatten, die man selten in Geräten dieses Genres vorfinden kann. Allen Kommentaren vorangestellt sei die Bemerkung, dass man genau wissen muss, was man tut, um mit diesem Kompressor zu einem verwertbaren Ergebnis zu kommen, denn von Automatik ist hier weit und breit keine Spur, und das auch noch absichtlich. Umso bestechender sind aber für die ‚Sehenden' unserer Gilde die Chancen, ein außergewöhnliches Ergebnis zu erzielen. Mit dem Kompressor lassen sich erstaunliche Lautheitsgewinne bei gleichzeitiger Konservierung der Transientenstruktur erzielen. Regler wie ‚Crest-Faktor', also die Beeinflussung der Reaktion des Detektors auf Transienten, ‚Envelope', die Reaktion des Detektors auf tiefe Frequenzen und ‚Integration', die Überlagerung des Regelverhaltens mit einer Langzeitkomponente, lassen einen hohen Kompressionshub von leicht 10 dB zu, ohne hörbare Regelstörungen oder Klirrkomponenten. Dabei arbeitet das Gerät auf der Frequenzebene völlig neutral, und selbst der schnelle Limiter, der am Ende der Signalkette sitzt, fängt Signalspitzen ohne erkennbaren Höhenverlust ab. Der große Stellbereich für ‚Knee', die Form der Kennlinie in ihrem Knick, ermöglicht recht harte hörbare Regelvorgänge ebenso wie ein weiches Ausregeln. Eine Besonderheit ist in der Praxis die Funktion ‚Fill', mit der Signalanteile des unbearbeiteten Programms am Ausgang zugemischt werden können. Dies hat in der Praxis den Vorteil, dass eine eingestellte Überkompression mit hörbaren Regelvorgängen durch Zumischung des Originals auf raffinierte Weise kompensiert werden kann. Interessante Ergebnisse erzielt man mit brutalen Kompressoreinstellungen und entsprechend hoher Zumischung des Originals. Man erreicht dadurch eine besondere Dichte und verliert trotzdem keine Transienten. In der Praxis auffällig war auch der gute Abgleich der Autogain-Funktion, die einen hohen Grad an Vergleichbarkeit mit dem Original ermöglicht. Erst wenn man eine Spezialfunktion wie ‚Envelope' einsetzt, muss man eventuell etwas nachregeln. Nicht ganz so praxisgerecht fanden wir die Tatsache, dass der Gain-Regler noch vor dem Limiter angebracht ist. Denn beim manuellen Aufholen von Ausgangspegel fährt man in den Begrenzer-Arbeitspunkt hinein, oder bei zu viel Pegel im Zurückregeln eben auch heraus, und muss anschließend den Begrenzer-Arbeitspunkt neu bestimmen. Da die meisten Mastering-Studios einen Limiter als gestalterisches Mittel betrachten, wäre es besser, den Limiter vor den Gain-Regler zu setzen. Nach Rücksprache mit dem Hersteller ist eine solche abweichende Anordnung auch kein Problem, wenn der Kunde entsprechende Wünsche äußert. Zudem ist als Option ein separates Fader-Modul lieferbar, dessen Schieberegler diese Aufgabe ebenfalls übernehmen kann. Der Regler ‚Integration' ermöglicht eine Überlagerung der Rückstellzeit mit einer Langzeitkomponente in Form eines Kondensators. Auf diese Weise entsteht eine Art ‚Auto-Release'-Funktion, die allerdings auf Veränderungen der Einstellung sehr träge reagiert. Ungeduldige Anwender wie wir drehen diesen Regler einmal kurz nach links, um den Kondensator schnell zu entladen und einen neuen Einstellwert zu finden, der sich dann allmählich stabilisiert. Die Funktion als solche ist bei einem mittleren Einstellwert (12 Uhr) fast immer sinnvoll. Spaß macht der U796 natürlich auch als Bus-Kompressor, etwa für Schlagzeug, Chor oder andere Instrumenten-Audiogruppen. Von brutalem Niedermachen der Dynamik bis zu langsamen Regelvorgängen in Leveler-Manier ist alles möglich. Das Gerät besticht durch seinen neutralen Klang und seine ungeheuere Vielseitigkeit. Eigentlich ein Muss für jedes Mastering-Studio.

Definitiv ein Muss ist der Richtungsmischer/EQ W731, der die Vorteile der Auftrennung eines Stereo-Programms in die Mitten- und Seitenkomponente eröffnet. Die bekannte Funktion einer Verbreiterung der Stereobasis ist hierbei allerdings der eher unspektakuläre Teil. Richtig spannend wird es durch den EQ, der eine unabhängige Filterung des Mitten- und Seitenkanals ermöglicht: In den Tiefen für die M-Komponente und in den Mitten und Höhen für die S-Komponente. In der Praxis lässt sich dadurch der räumliche Anteil des Stereosignals entzerren, ohne dass die monofonen Signalanteile beeinflusst würden. Ebenso kann die Phantom-Mitte in den Tiefen kräftiger gestaltet werden, ohne dass die Rauminformationen dadurch beeinträchtigt würden. In klassischen Pop-Mischungen kann man also zum Beispiel den Druck erhöhen, ohne das gesamte Programm tiefenlastig erscheinen zu lassen. Umgekehrt wird dem Mastering-In-

genieur ermöglicht, Überdruck aus einer Mischung herauszunehmen, ohne die gesamte Mischung dünn zu machen. Signale von Raummikrofonen, die in der Mischung oft für ein etwas ‚hohles' Timbre sorgen, können durch eine Absenkung im Bereich von 300 bis 500 Hz perfekt egalisiert werden. Auch Einsatzmöglichkeiten in der Produktion, zum Beispiel als Bus-EQ für das Schlagzeug, erbringen zum Teil verblüffende Ergebnisse. Ein fantastisches Werkzeug, dass auf einem Prinzip beruht, das fast so alt wie die Studiotechnik ist. Sehr spannend!

Das unspektakulärste Gerät unserer Auswahl ist der Stereo-Mastering-EQ W796. Als vierbandiger parametrischer Entzerrer ermöglicht er sehr gezielte Programmeingriffe, legt also seinen Schwerpunkt auf Reparaturen. Durch den weiten Güte-Einstellbereich und die sehr tiefe untere und sehr hohe obere Grenzfrequenz sind allerdings auch weiche Filterverläufe in den Außenbändern kein Problem. Der EQ klingt ausgesprochen neutral und zeichnet sich durch sehr definierte Tiefen und ‚schöne' Höhen aus. Einfach gut eben, mehr kann man fast nicht dazu sagen. Nützlich in der Praxis ist die Möglichkeit, jedes Filterband einzeln abzuschalten. Zur Anpassung des Ausgangssignals lassen sich Pegel und Kanalbalance einstellen, was bei den erheblichen Regelmöglichkeiten auch wirklich notwendig erscheint.

Beim Hörtest des Mikrofonverstärkers im V776, der wie üblich in Form eines A/B-Vergleichs mit einem Eingangsverstärker aus der im Verlags-Studio installierten ADT-Konsole durchgeführt wurde, ergab sich ein grundsätzlich sehr ähnlicher Klangcharakter der beiden Verstärker - angesichts des Vergleichs 'ADT gegen ADT' keine wirklich überraschende Feststellung. Wie unsere Pult-Referenz klang auch der V776 ausgesprochen neutral, rund und 'natürlich', ohne auf einen prägnanten Eigencharakter festgelegt zu sein - die beste Voraussetzung für einen vielseitigen Einsatz mit unterschiedlichsten Signalquellen. Aber noch etwas besser als der Pult-Preamp gefiel uns der V776 trotzdem: Im Höhenbereich wirkte er geringfügig 'frischer' und griffiger, ohne dabei aufdringlich zu werden. Gleichzeitig erschien der Formantbereich der als Testsignal genutzten Stimme etwas offener und im tonalen Spektrum leicht nach unten verlagert. Steht einem der Sinn eher nach Vintage-Klängen, so bieten sich dem Anwender mit den beiden Reglern 'R-Load' und 'C-Load' reichlich Möglichkeiten, die klanglichen Reaktionen der Ausgangsstufe des angeschlossenen Mikrofons auf die geänderten Eingangsparameter des Verstärkers zu erproben.

Fazit

Wie nicht anders zu erwarten, erweist sich die Preisgestaltung der V700-Baureihe als ähnlich anspruchsvoll wie seine technische Gesamtkonzeption. Einige Beispiele: Eine einkanalige, typische Frontend-Kombination aus dem Eingangsverstärker V776, dem Fünfband-EQ W785 und dem Dynamik-Baustein U799 kostet bei Verwenden der kleinsten Rahmen- und Netzteil-Option rund 6.800 Euro zuzüglich der Mehrwertsteuer; die gleichen Module in dem von uns getesteten großen Rahmen mit neun Modulplätzen und dem entsprechend größeren Netzteil kosten rund 800 Euro mehr. Eine für Mastering-Anwendungen interessante Stereo-Kombination aus dem Richtungsmischer/EQ W731, dem Stereo-Vierband-EQ W796 und der Stereo-Dynamikeinheit U796 liegt im kompakten Rahmen bei 9.600 Euro und im großen Frame mit leistungsfähigerem Netzteil bei etwa 10.300 Euro plus Steuer. Zweifellos ist dieses Preisniveau angesichts des getriebenen Aufwandes durchaus angemessen, und ebenso zweifellos befindet sich das System damit außerhalb der Reichweite vieler Anwender. Aber verglichen mit der Anschaffung separater 19"-Geräte der Edel-Kategorie beispielsweise für Mastering-Zwecke fährt man mit dem Modulsystem preislich nicht einmal schlecht, da Dinge wie Netzteil und Rahmen nur einmal benötigt werden und darüber hinaus noch nicht einmal sonderlich teuer sind. Zudem gibt es durchaus gewisse Möglichkeiten für Einsparungen: Einerseits handelt es sich bei den von uns getesteten Modulen jeweils um die Top-Ausführungen innerhalb der jeweiligen Funktionsgruppe; so beinhaltet die V700-Preisliste beispielsweise allein im Dynamics-Bereich neben dem von uns getesteten U796 noch vier weitere Stereomodule, die durchweg für weniger Geld zu haben sind. Zudem bietet ADT mit der Integrator-Baureihe auch eine deutlich kostengünstigere Modulserie an, die beim Verzicht auf Übertrager in den meisten Ein- und Ausgängen ansonsten technisch ähnlich konzipiert ist, obwohl die Module im Schnitt nur etwa halb so teuer sind. Die Integrator-Reihe bietet sich beispielsweise auch für den Aufbau von Abhörlösungen oder kleineren Mischsystemen an. Wer hinsichtlich seiner Kaufentscheidungen allerdings ähnlich perfektionistisch veranlagt ist wie der Hersteller bei der Entwicklung, der wird um das eine oder andere V700-Modul kaum herum kommen – wenn man analoge Signalverarbeitung liebt und sie bedienen kann, wird man so etwas früher oder später einfach haben wollen. Es macht einfach unglaublichen Spaß, damit zu arbeiten... ■