Heimische Hölzer Teil 10

KS Beschallungstechnik CPD 12

Von Fabian Reimann

Die Serie „Heimische Hölzer“, bei der sich tools 4 music speziell mit deutschen Lautsprecherherstellern beschäftigt, geht mit dieser Ausgabe in ihr drittes Jahr. Recht herzlich begrüßen möchten wir den pfälzischen Traditionshersteller KS Beschallungstechnik, der uns mit der CPD-12 eines seiner neuesten Produkte für einen ausführlichen Test zur Verfügung stellte. Wie in dieser Serie, üblich musste die CPD-12 das bekannte Testprogramm durchlaufen – mechanische Begutachtung, umfangreiche Messungen sowie einen abschließenden Praxistest.

Die neuesten Modelle der CPD-Serie bei KS verfügen über ein gemeinsames Endstufen- bzw. DSP-Modul, welches mit den mittlerweile einschlägigen Stichworten wie Class-D-Endstufen und FIR-Filter beschrieben werden kann. Zum Einsatz kommt es in beinahe allen Boxen von KS – von der kleinen 8-Zoll-Box bis hin zum Horntopteil oder Line-Array-System. Die CDP-12 wäre im Umfeld der Serie sinnvoll mit den Subwoofern CPD W-1 (1 x 15-Zoll-Chassis) oder W-2 (2 x 15-Zoll) zu kombinieren. Will man die Box als Monitor bzw. Drumfill betreiben, sind hierfür optionale Schrägsteller erhältlich, die in die beiden rückseitigen Universalaufnahmen eingeführt werden können. Wie am Anschlussfeld abzulesen, ist die CPD-12 „manufactured in Germany“, was eine Steigerungsform des simplen „made in“ darstellen und die eigene Fertigungstiefe betonen soll.

Gehäuseverarbeitung

Dem professionellen Standard entsprechend fällt das Gehäuse der CDP-12 aus. Als Gehäusematerial kommt Birkenmultiplex in 18 mm Stärke zum Einsatz, welches mit einer abrieb- und stoßfesten Polyurethanbeschichtung versehen wurde **(Abb. 2)**.

Die Front wird von einem 1,5 mm dickem, pulverbeschichtetem Stahlblech mit spezieller Wabenlochstanzung geschützt. Diese Lochform ist, verglichen mit den üblichen Rundloch- oder Quadratlochformen der als Tafelware verfügbaren Lochbleche, akustisch besonders günstig. Das Gitter ist in der Testbox so geformt, dass der dahinter liegende Filterschaum in die abgekanteten Seitenteile geführt wird und in diesen „Taschen“ optimal vor Beschädigungen (zum Beispiel während des Transports) geschützt wird. Eine Version mit außen liegendem Frontschaum bietet KS ebenfalls an, welche optisch etwas dezenter wirkt.

Um das Gitter bei frontaler Belastung vor einer Deformierung zu schützen, befindet sich dahinter ein vier Millimeter starker Metallbügel, der mit der Frontwand verschraubt ist. Die eingangs bereits erwähnte weitreichende Fertigungstiefe zeigt sich dann auch an Details wie den eigens gefertigten Gehäusefüßen aus abriebfestem Kunststoff bzw. dem selbst konstruierten Hochständerflansch aus Stahl.

Aus ersten Details wie dem relativ dicken Gehäusematerial oder dem massiven Metallbügel lässt sich erkennen, dass die Einsparung von Gewicht um jeden Preis bei KS offenbar nicht im Mittelpunkt stand , vielmehr überwiegt hier die Ausrichtung auf kompromisslose „Road-Tauglichkeit“.
Mit einem Gewicht von 26,5 kg ist die CDP-12 auch alleine noch „tragbar“. Lediglich die Ergonomie der zwei seitlichen gefrästen Griffe könnte verbessert werden. Beim Anheben der Box lastet das Gewicht zu großen Teilen auf den Fingerkuppen, da diese an die knapp bemessenen Rückkammern innen stoßen. Es wäre genug Platz im Gehäuse, um die Kammern in beide Richtungen noch um ein bis zwei Zentimeter zu vergrößern – diese Maßnahme würde dazu beitragen, den Tragekomfort noch zu verbessern.

Lautsprecherchassis und Hochtonschallführung

Was die Auswahl der Lautsprecherchassis und -treiber angeht, fiel bei KS die Wahl auf den bekannten spanischen Hersteller Beyma. Sowohl der Tieftöner, der hier mit einer für einen Zwölfzoller ausgesprochen großen Vier-Zoll-Schwingspule aufwartet, als auch der Hochtöner sind mit leichtgewichtigen Neodymmagneten ausgestattet **(Abb. 3)**. Beide Treiber gehören zur obersten Leistungsklasse und bringen daher schon einmal gute Voraussetzungen für die Konstruktion eines echten Profiwerkzeuges mit sich. Besonderes Interesse weckt das außergewöhnlich aussehende Hochtonhorn. Die vom Hersteller als „HDSP“ („high definition sound projector“) bezeichnete Schallführung wartet mit einigen speziellen Eigenschaften auf **(Abb. 4)**. Als Erstes ist dabei das adaptive Abstrahlverhalten zu nennen. Das Horn ist so konstruiert, dass es in der horizontalen Ebene unterhalb seiner Mittelachse tendenziell breiter und oberhalb der Mittelachse zunehmend enger abstrahlt. Dies hat zur Folge, dass das Publikum in der Nähe der Bühne passend in der „Breite“ versorgt werden kann, während der zu beschallende Bereich in der „Tiefe“ durch einen stetig enger werdenden Abstrahlwinkel anvisiert werden kann. Je näher der Hörer also an der Box steht, desto größer ist die Bewegungsfreiheit, wohingegen bei zunehmender Distanz der Abstrahlwinkel merklich enger wird. In geschlossenen Räumen kann das ein generell wünschenswertes Verhalten sein, um Reflexionen an den Begrenzungsflächen wie Decken und Wänden etwas abzumildern.
Vom Prinzip her vergleichbare Konstruktionen gab es bereits Mitte der 1990er Jahre (PS-Serie von Nexo), auch der „Hornpapst“ Ralf Limmer bietet mit seinem 1,4-Zoll-Horn namens 4080 ein Modell, das in diese Kategorie fällt.

Abb. 2: Die CPD-12 in der Frontansicht mit demontiertem Gitter

Abb. 3: Lautsprecherchassis in der Rückansicht nach Demontage

Abb. 4: Hochtonhorn mit 1,4-Zoll-Treiber – deutlich ist die Neigung der Hornkontur nach unten zu erkennen; das Horn selbst wird aus glasfaserverstärktem Gießharz gefertigt und ist dank Wandstärken von bis zu 18 mm stabil genug, um den großen Treiber zu tragen

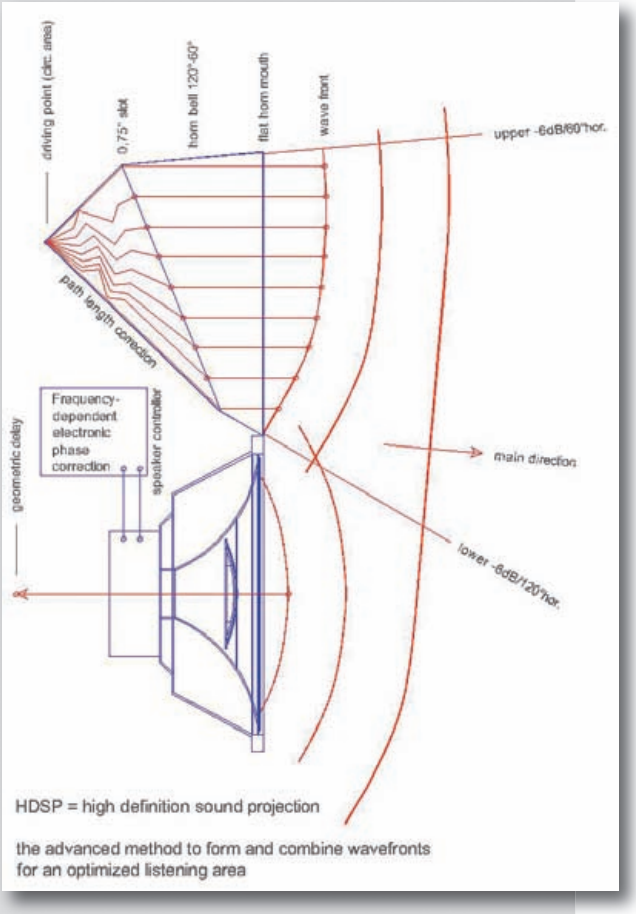

Abb. 5: schematische Darstellung zum „HDSP"-Prinzip (Grafik: KS)

Das Horn der CDP-12 unterscheidet sich allerdings dadurch, dass es im unteren Teil stark nach unten geneigt ist **(Abb. 4)**. Zudem ist hier auch die eigentliche Schallführung anders gelöst. Ähnlich wie bei einem Schlitzstrahler kann die Austrittsöffnung des Treibers nicht direkt gesehen werden, wenn man in den Hornmund hineinschaut. Der vom Treiber abgestrahlte Schall wird an den Außenseiten des mittigen Keils vorbei zum Hornmund geführt. Durch die unterschiedlich langen Wege der Schallführung ist es möglich, den Schall in der vertikalen Ebene stärker nach unten zu richten bzw. die Hauptabstrahlrichtung der Box zu kippen **(Abb. 5)**.

In Summe betrachtet führen diese Eigenschaften dazu, dass man auf das sonst in der Praxis obligatorische Anwinkeln der Box auf einem Stativ oder einem Stapel Subwoofer ohne Probleme verzichten kann. Auch aus Sicherheitsgründen ist das sehr begrüßenswert, da das Anwinkeln einer schweren Box auf einem Stativ häufig mit einer ungünstigen Schwerpunktverlagerung und somit erhöhter Kippgefahr einhergeht.

Elektronik und Software

Ein Blick in das geöffnete Lautsprechergehäuse lässt das kompakte Endstufenmodul erkennen **(Abb. 6)**. Für den Tieftonkanal kommt eine Class-D-Endstufe in Brückenschaltung zum Einsatz, wohingegen der Hochtonbereich mit einer Class-A-B-Endstufe mit konventionellen Metalloxid-Halbleiter-Feldeffekttransistoren (kurz MOSFETs) verstärkt wird. Die Endstufenleistungen werden vom Hersteller mit 700 Watt (Tiefton) sowie 100 Watt (Hochton) angegeben, wobei ein RMS-Limiter die Leistung im Tieftonkanal auf 350 Watt begrenzt.

In einem gekapselten Gehäuse befindet sich darüber das DSP-Modul, welches auf seiner Rückseite auch die Signal- und Netzwerkanschlüsse, LC-Displays und Wahlschalter beherbergt **(Abb. 7)**. Für die Ableitung der an den Endstufen anfallenden Wärme dient ein Kühlkörper, der den Großteil der Fläche des rückseitigen Panels einnimmt. Gegenüber den Außenkanten von Gehäusedeckel bzw. -boden springt das Kühlrippenprofil etwas zurück und ist zudem abgeschrägt, sodass beim Transport keine besondere Rücksicht darauf genommen werden muss. Erfreulicherweise ist hier auch kein Lüfter zu finden, der bei kritischen Anwendungen eine unerwünschte Geräuschquelle darstellen könnte.

Die Einstellmöglichkeiten am rückseitigen Bedienfeld der Box erstrecken sich über den Inputgain, Delays (umschaltbar zwischen Millisekunden bzw. Metern) sowie Hochpassfilter für den unteren Bassbereich in drei Stufen. Alle diese Einstellungen werden durch einfaches Drücken oder Halten der Tasten vorgenommen. Eine Sperrung der Tasten gegen unbefugte Bedienung ist, den Verleiher wird es freuen, ebenso möglich.

Darüber hinaus bietet KS eine eigene Software namens „Remote Control" zur Fernsteuerung und

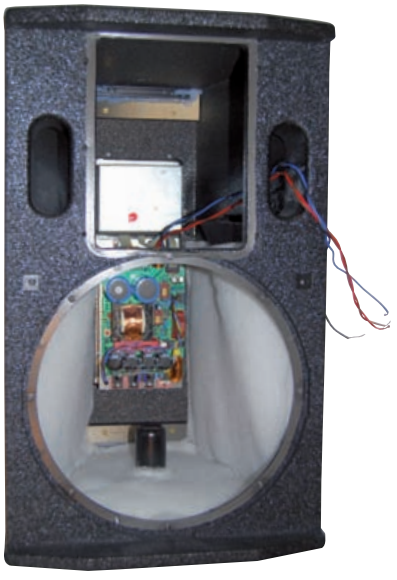

Abb. 6: Blick in das geöffnete Gehäuse der CPD-12 – zu erkennen sind die Endstufen, darüber das DSP-Modul (verbunden über Flachbandkabel) sowie die Innenseite der „multipurpose-fittings", die auf der Gehäuseinnenseite großzügig abgedichtet sind (für das Foto wurde kein Dämpfungsmaterial aus dem Gehäuse entfernt)

Abb. 7: Rückseite der Box mit Anschluss- und Endstufenpanel (zwei LC-Displays und Wahlschalter im oberen Bereich) sowie Flugaufnahmen („multipurpose-fittings") oben und unten, in die optionale Halterungen und Verbinder eingeführt und mit Kugelsperrbolzen gesichert werden können (Foto: KS)

-überwachung (**Abb. 8**). Der Anschluss an die Box erfolgt mit konventionellen Ethernetkabeln, der Zusammenschluss im Netzwerk ist natürlich ebenso möglich. Die Software bietet, neben den obligatorischen Equalizer-Einstellungen und Netzwerkzuordnungen, auch das Abspeichern von Benutzereinstellungen bzw. die Wiederherstellung des Werkszustandes. Sämtliche Funktionen ergaben sich beim Test praktisch selbsterklärend.

Entzerrung per FIR-Filter

Die Frequenzweichenfunktion in der CPD-12 wird mit klassischen analogen Filtern vierter Ordnung (24 dB/Oktave) und Bessel-Charakteristik umgesetzt. Für eine darauf folgende „Über-alles-Entzerrung" des Frequenzgangs wird ein FIR-Filter (laut Herstellerbezeichnung „FIRTEC") eingesetzt. Derartige Filter erlauben eine über weite Bereiche unabhängige Regelung von Frequenz- und Phasengängen. Die in den marktüblichen Digitalcontrollern der mittleren Preisklasse (Vergleichstest tools 4 music, Ausgabe 1/ 2011) verbreiteten IIR-Filter (Infinite Impulse Response) bieten diese Möglichkeit nicht. Die dort vorgenommenen Filter- bzw. Frequenzweicheneinstellungen arbeiten stets minimalphasig, sodass der Phasenverlauf immer notwendig dem Frequenzgang folgt bzw. daraus ableitbar ist. Eine davon unabhängige linearphasige Entzerrung ist nur mit FIR-Filtern machbar.

Grundvoraussetzung der linearphasigen Entzerrung (und somit auch Nachteil) ist jedoch eine gewisse Latenz, die von der unteren Grenzfrequenz der gewünschten Entzerrung abhängt. Vor allem bei sehr langen Filtern, die mit hoher Auflösung bis in den Subbassbereich reichen, werden schnell kritische Latenzwerte erreicht, die ein derart entzerrtes System für den Live-Einsatz praktisch unbenutzbar machen. Bei KS entschied man sich daher für ein FIR-Filter, welches mit 384 Taps relativ kurz ausfällt, jedoch eine linearphasige Entzerrung des Frequenz- und Phasenverlaufs bis etwa 300 Hz ermöglicht. Die Gesamtlatenz der Box (inklusive der nötigen AD/DA-Wandlungen) beträgt so schlussendlich nur etwa 6 Millisekunden, was einer vom Schall zurückgelegten Wegstrecke von etwa 2 Metern entspricht – für die Praxis ist das ein völlig unkritischer Wert.

Neben der Linearisierung des Phasenverlaufs, was als Effekt für sich betrachtet von eher untergeordneter Bedeutung ist, bietet diese Art der Filterung vor allem die Möglichkeit einer sehr detaillierten Frequenzgangkorrektur, deren Komplexität man mit klassischen IIR-Filtern nur durch eine Unmenge hintereinandergeschalteter parametrischer EQs erreichen würde. Um diesen Benefit voll auszuschöpfen, werden bei KS alle Boxen vor dem Verkauf individuell gemessen und im Frequenzgang per FIR-Filter korrigiert. Kleine Unterschiede, die zwischen Treibern derselben Bauart produktionsbedingt

In eigener Sache

Vor etwas über drei Jahren wurde die tools-Serie „Heimische Hölzer" ins Leben gerufen. Der jetzt vorliegende zehnte Teil erlaubt einen ersten Rückblick. Zunächst einmal geht unser Dank an die Hersteller, mit deren Produkten wir in den letzten drei Jahren diese Serie durchführen konnten. Gerne hätten wir die Serie in größerer Regelmäßigkeit präsentiert, was in der Praxis jedoch auf einige Schwierigkeiten stieß – denn grade bei den kleineren Herstellern, wo der Inhaber manchmal auch Entwickler, Buchhalter, Werbefachmann und Presseverantwortlicher in Personalunion sein muss, dominiert maßgeblich das Tagesgeschäft. „Nebenbei" einen inhaltlich umfangreichen Testbericht zu begleiten, Testmaterial zu versenden, Rückfragen zu beantworten, eventuelle Nachbesserungen vorzunehmen und schlussendlich für einen Herstellerkommentar erreichbar zu sein, ist eine zeitintensive Angelegenheit.

Trotzdem möchten wir auch in Zukunft „heimisch produzierenden" Herstellern die Möglichkeit geben, die Qualität ihrer Produkte in dieser Serie unter Beweis zu stellen. Auch Anregungen unserer Leser, die einen „Insider-Tipp" weitergeben wollen, sind willkommen. Also, einfach anrufen unter 0541-441108 oder eine Mail schicken an

redaktion@tools4music.de.

Bild 8: Softwaresteuerung für die Netzwerk- und Filterfunktionen, hier im Beispiel mit einigen Equalizer-Einstellungen unterschiedlicher Güte und Frequenz

immer auftauchen, können so ausgeglichen werden – mehr hierzu im folgenden Abschnitt.

Messergebnisse

Die Messung des Frequenz- und Phasenverlaufs zeigt **Abb. 9**. Wie zuvor beschrieben, wird durch den Einsatz des FIR-Filters der Phasenverlauf bis etwa 300 Hz linearisiert. Lediglich im Bereich unter 100 Hz zeigt sich der minimalphasige Verlauf, der hier durch die Bassreflexabstimmung sowie ein Hochpassfilter zum Schutz der Membran vor großen Auslenkungen unterhalb der Abstimmfrequenz dominiert wird. Der übrige Phasenverlauf präsentiert sich ansonsten glatt wie mit dem Lineal gezogen. Der Frequenzgang zeigt ebenfalls einen weitestgehend ausgeglichenen Verlauf, der den sonst kritischen Übernahmebereich der Wege (circa 1,2 kHz) noch nicht einmal ansatzweise erkennen lässt. Folgende Details sind uns im Test aufgefallen: Die Frequenzgangkurve steigt oberhalb von 2,5 kHz kontinuierlich an, um bei etwa 6 kHz einen 3 dB höheren Pegel als bei 1 kHz zu erreichen. Diese Hochtonbetonung lässt sich dadurch erklären, dass KS die für die individuelle Entzerrung des Lautsprechers nötigen Messungen an einem anderen Punkt vorgenommen hat als bei den hier gezeigten Messungen – bei den hier dargestellten Freifeldmessungen zielte das Messmikrofon genau auf den Punkt zwischen Tieftöner und Hochtonhorn, bei den Werksmessungen von KS wahrscheinlich auf eine etwas darunterliegende Stelle. Zudem fällt die Bewertung dieser Hochtonanhebung auch deswegen schwer, weil eine derartige Box mit adaptivem Abstrahlverhalten ja für mehrere Hörabstände gleichzeitig abgestimmt werden muss und somit diverse Kompromisse in der Entzerrung eingegangen werden müssen. Will heißen: Der hier gemessene Frequenzgang kann beispielsweise im Nahbereich der Box, also unter großem vertikalen Winkel, schon wieder völlig anders aussehen und ist daher nicht überzubewerten.

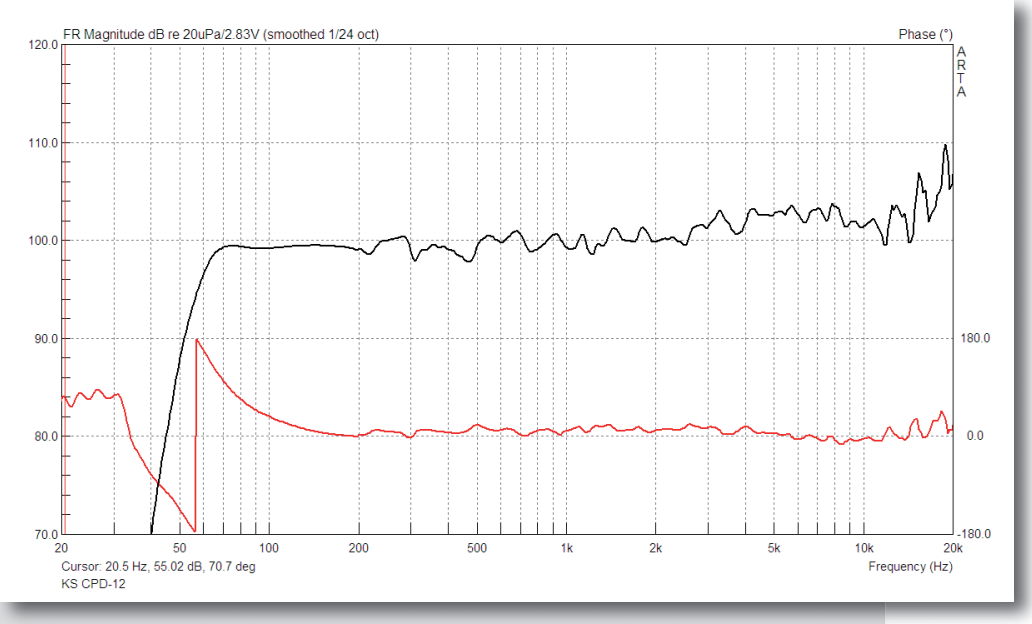

Bild 9: Frequenz- und Phasenverlauf, Messabstand 4 m, Messmikrofon MTG MK-201 auf Punkt zwischen Hoch- und Tieftöner ausgerichtet, Schutzgitter für die Messung demontiert

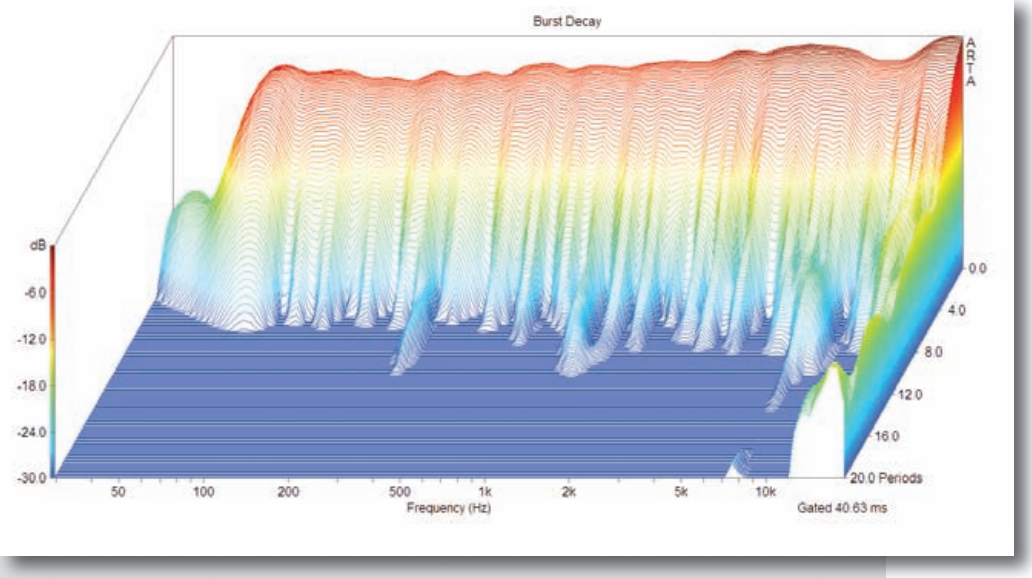

Bild 10: periodenskaliertes Zerfallsspektrum, Schutzgitter für die Messung demontiert

Einige kleine Schlenker in der Frequenzgangkurve sind im Bereich um 300 Hz und 530 Hz sichtbar. Durch ergänzende Nahfeldmessungen zeigte sich, dass hierfür jeweils stehende Wellen im Gehäuse verantwortlich waren, da die Innenabmessungen der Box gute Übereinstimmungen zur jeweils halben Wellenlänge der fraglichen Frequenzen aufwiesen. Konkret handelt es sich bei der 300-Hz-Störung um die Längsstehwelle der Box, die sich zwischen Boden- und Deckelinnenseite aufbaut. Das nur im Bereich des Tieftöners an den Wänden angebrachte Dämpfungsmaterial ist für die Absorption dieser Eigenfrequenz wahrscheinlich nicht ausreichend dimensioniert **(vgl. Abb. 6)**. Dasselbe gilt für die Störung bei etwa 530 Hz, die sich mit der räumlichen Distanz zwischen Rückwandinnenseite und Austrittsöffnung der Bassreflexports in Übereinstim-

mung bringen lässt. Da hier entsprechendes Dämpfungsmaterial fehlt, kann sich diese Stehwelle ihren Weg nach draußen bahnen.
Insgesamt betrachtet könnte man zunächst vermuten, dass bei der Gehäusebedämpfung noch etwas Verbesserungsspielraum vorhanden ist. Hierzu sollte aber zunächst ein Blick auf das Zerfallsspektrum geworfen werden **(Abb. 10)**, welches das Ausschwingverhalten der CPD-12 in einer auf die jeweilige Periodenlänge skalierten Darstellung zeigt. Dort zeichnet sich hauptsächlich die 300-Hz-Stehwelle ab, wohingegen die Störung bei 530 Hz kaum noch eine Rolle spielt. Eine deutlich auffälligere Stelle ist bei etwa 1,2 kHz zu sehen, wobei diese laut Herstelleraussage auf die nicht ganz einwandfrei bedämpfte Staubschutzkalotte des verwendeten Beyma-Tieftöners zurückgeht.

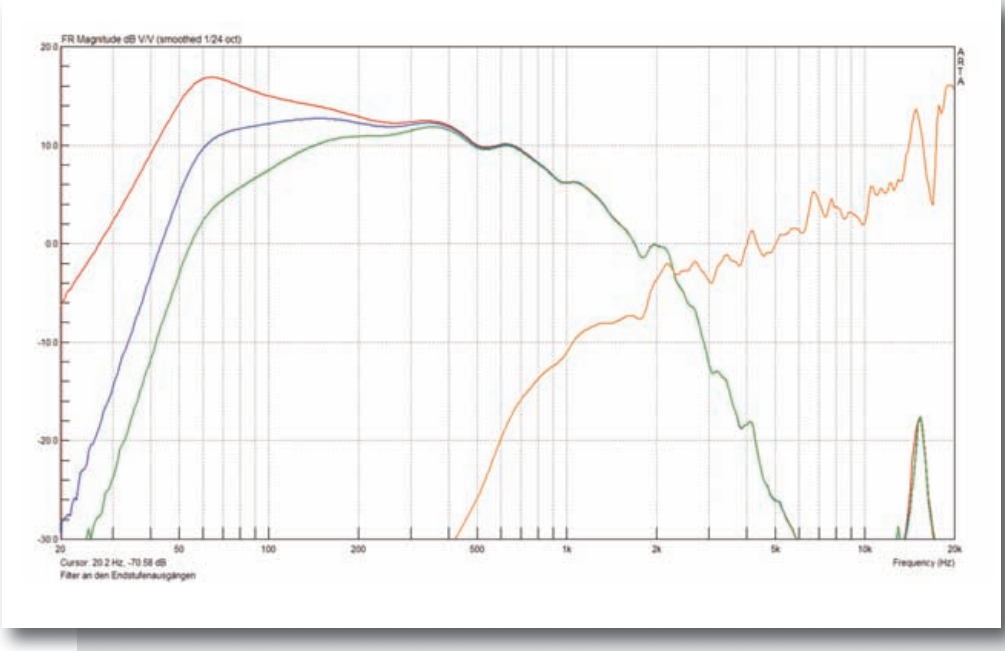

Bild 11: Controller-Frequenzgänge, gemessen direkt an den Endstufenausgängen: Tiefton mit Hochpasseinstellung 50 Hz (Standardeinstellung, rote Kurve), 70 Hz (blau) und 120 Hz (grün) sowie Hochton (orange)

Im Hochtonbereich zwischen 2 bis 6 kHz sind einige kleine, aber meist harmlose Resonanzeffekte zu sehen. Eine lange nachschwingende, aber glücklicherweise auch sehr schmalbandige Resonanzstelle gibt es bei circa 7,75 kHz, wobei es sich um eine Eigenfrequenz der vorderen Trichteröffnung handeln dürfte. Der Hochtonbereich oberhalb von 12 kHz schwingt etwas verzögert aus, wie man es von 1,4-Zoll-Treibern im Allgemeinen kennt. KS verwendet laut eigener Aussage Treiber mit Aluminiummembran, welche in der Regel zwar etwas niedrigere, nichtlineare Verzerrungen zwischen 1 bis 4 kHz als vergleichbare Titanmembranen aufweisen, bekanntermaßen aber auch deutlich kräftigere Resonanzen am oberen Übertragungsende zeigen. Dort lenkt die Membran nur noch teilweise gleichphasig zur Antriebsbewegung der Schwingspule aus, teilweise aber auch gegenphasig. Mit steigender Frequenz wird dieses Muster aus teils gleich- und gegenphasigen Schwingungen immer dichter, sodass der Frequenzgang von einer feinen Struktur aus schmalbandigen Anhebungen und Absenkungen geprägt wird.
Um diesen Effekt abzumildern, entzerrt der FIR-Filter in der CPD-12 auch diesen Bereich, wie **Abb. 11** verdeutlicht. Hierfür wurden Mes-

Anzeige

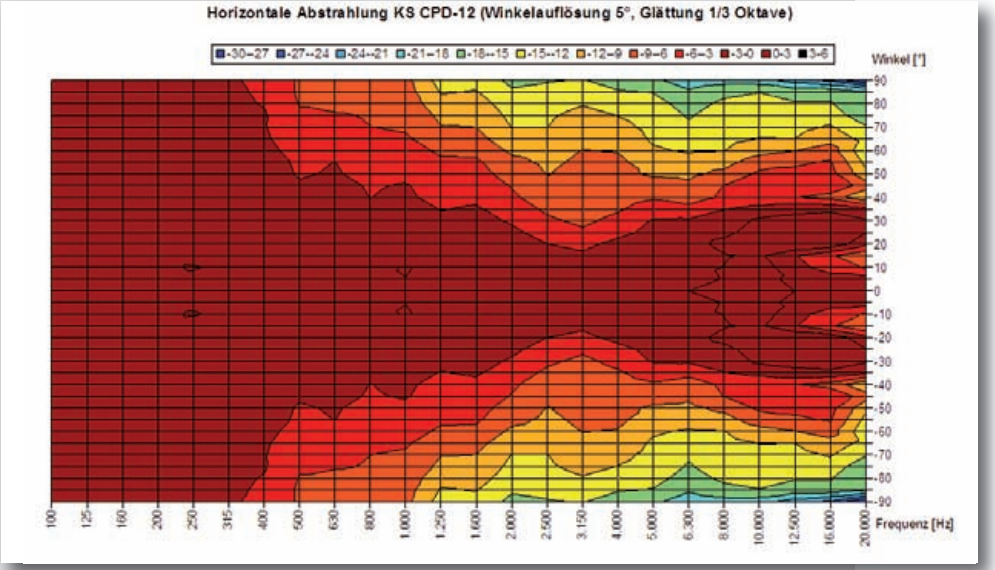

Bild 12: horizontale Abstrahlung (Winkelauflösung 5 Grad, Glättung 1/3 Oktave, Messabstand 4 m)

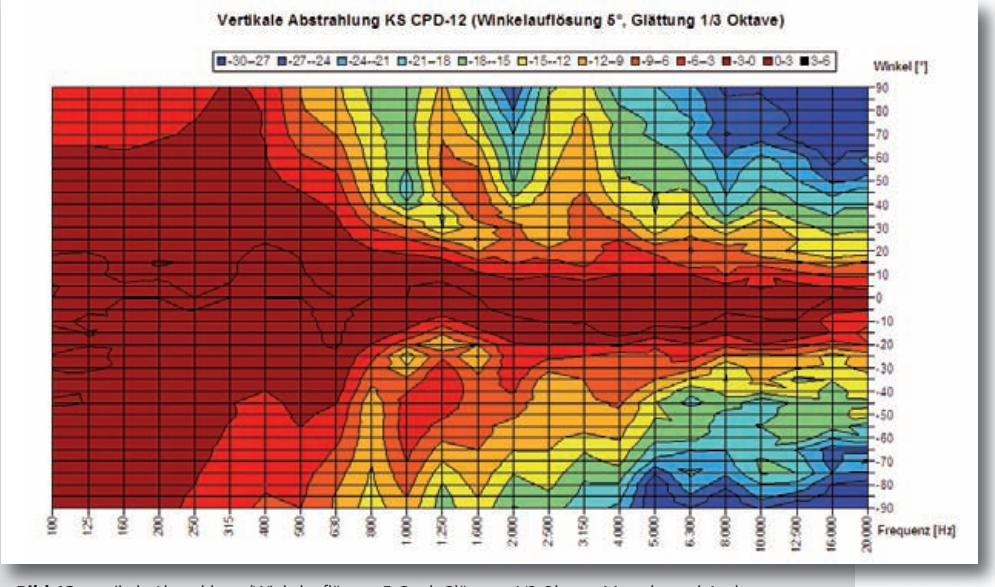

Bild 13: vertikale Abstrahlung (Winkelauflösung 5 Grad, Glättung 1/3 Oktave, Messabstand 4 m)

sungen direkt an den Lautsprecheranschlüssen vorgenommen, die von außen nicht zugänglich sind. So konnten die verschiedenen Controller-Frequenzgänge der einzelnen Wege überprüft werden. Vor allem im Hochton zeigt sich dabei eine sehr feingliedrige Kurve (orange), welche detailliert die inverse Nachbildung des Frequenzgangs des 1,4-Zoll-Treibers zusammen mit der Frequenzweichenfunktion widerspiegelt. Die übrigen Kurven zeigen die Frequenzgänge des Tieftonkanals mit den drei verfügbaren Hochpassfiltervarianten, die am Anschlussfeld einstellbar sind. Zunächst etwas verwirrend war, dass die Einstellung „Hochpass 50 Hz“ und „Hochpass deaktiviert“ bei den Messungen zum selben Ergebnis führte. Auf Nachfrage beim Hersteller wurde mitgeteilt, dass die Einstellung mit 50-Hz-Hochpass die Standardeinstellung und somit nicht deaktivierbar sei. Als Anregung an den Hersteller sei die Bemerkung gestattet, dass diese Funktionsdopplung unnötig erscheint, sodass man auf die 50-Hz-Einstellmöglichkeit in den Hochpassfilteroptionen durchaus verzichten könnte.

Abschließend wurde noch die Serienkonstanz überprüft, wobei die beiden Testlautsprecher abwechselnd an identischen Positionen im Raum gemessen wurden. Das Ergebnis gipfelte in einem schlicht phänomenalen Wert von gemittelten 0,1 dB im Bereich von 100 Hz bis 10 kHz. Die maximale Abweichung lag bei nur 0,8 dB. Damit liegen die Werte praktisch nur knapp über der Grenze der Wiederholgenauigkeit einer solchen Messung, da es selbst bei größter Akribie nicht möglich ist, die Boxen mehrmals hintereinander auf die exakt gleiche Position zu stellen. Diese sehr guten Werte erklären sich einerseits durch die individuelle Entzerrung der Lautsprecher per FIR-Filter, setzen aber andererseits auch ein genau kontrolliertes Messverfahren seitens des Herstellers voraus.

Abstrahlverhalten

Im Folgenden durfte die CPD-12 mehrere Runden auf dem Drehteller absolvieren. Das Abstrahlverhalten in der horizontalen Ebene, welches hier in Form eines Isobarendiagramms dargestellt wird, zeigt **Abb. 12**. Da bei der Messung das Messmikrofon auf die vertikale 0-Grad-Achse (also im rechten Winkel zur Schallwand) ausgerichtet war, stellt sich hier ein gemittelter Öffnungswinkel von genau 90 Grad ein. Damit liegt diese Position genau zwischen den Maximal- bzw. Minimalwerten, die vom Hersteller mit 120 bis 60 Grad beziffert werden. Das asymmetrische Verhalten selbst kann in dieser Messung aber nicht wiedergegeben werden, da es nur einen Schnitt durch eine vertikale 0-Grad-Ebene zeigt. Der Isobarenverlauf selbst ist – betrachtet in dieser Ebene – etwas ungleichmäßig. Der Winkel verkleinert sich durch die Übernahme des Hochtonhorns oberhalb von 1,5 kHz langsam, um dann im Bereich zwischen 2 bis 5 kHz nochmals stark zurück-

zugehen. Ab 5 kHz weitet sich der Winkel sukzessive auf, um dann im Superhochtonbereich oberhalb von 10 kHz wieder sehr breit abzustrahlen. Insgesamt betrachtet liegt die Schwankungsbreite des Abstrahlwinkels daher mit 12,5 Grad relativ hoch.

Die Messung der vertikalen Abstrahlung **(Abb. 13)** zeigt zunächst einmal den Übernahmebereich zwischen Tief- und Hochtöner an. Dieser liegt, wie vom Hersteller angegeben, bei etwa 1,2 kHz, was sich im Isobarendiagramm durch die breit gestreute, etwas „zerfaserte" Stelle im negativen Winkelbereich ablesen lässt.
Ein weiterer Blick auf die Isobaren zeigt, dass der Abstrahlwinkel deutlich nach unten geneigt ist, wie im vorherigen Abschnitt zu den Konstruktionsmerkmalen der Hochtonschallführung ja bereits angesprochen wurde. Der gemittelte Abstrahlwinkel in der Vertikalen liegt bei 40 Grad. Ein Blick auf den Verlauf der Isobaren zeigt ein deutlich ausgewogeneres Bild als in der horizontalen Ebene. Tatsächlich fällt die Schwankungsbreite des Winkels mit lediglich 3,6 Grad erfreulich gering aus.

Nichtlineare Verzerrungen

Abschließend wurden Messungen der nichtlinearen Verzerrungen vorgenommen. Dabei ist es letzten Endes von Interesse, die Grenzbereiche des Lautsprechers auszuloten und die dabei festgestellten Maximalpegelwerte mit den Herstellerangaben zu vergleichen.

Für die Messung wurde die Box mit einem logarithmischen Sinus-Sweep (256 k FFT, Sample-Rate 96 kHz) beaufschlagt und der Pegel kontinuierlich gesteigert, wobei für jede Pegelsteigerung eine neue Messung aufgezeichnet wurde. Exemplarisch wird die Messung bei circa 115 dB (SPL) in **Abb. 14** dargestellt. Die Verzerrungskomponenten bewegen sich hier allesamt noch auf einem niedrigen Niveau, lediglich zum Hochtonbereich steigen sie langsam an (wie bei Kompressionstreibern konstruktionsbedingt nicht vermeidbar) .

Weitere Pegelsteigerungen waren nur noch mit der Hochpasseinstellung 120 Hz möglich, da der eingangsseitige Kompressor mit der Standardeinstellung (50 Hz) ab 118 dB keine weiteren Pegelsteigerungen im Frequenzbereich zwischen 100 Hz bis 1 kHz zuließ. Im Folgenden wurden also weitere Messungen der nichtlinearen Verzerrungen vorgenommen, wobei die Hochpassfiltereinstellung 120 Hz aktiviert war **(Abb. 15)**.

Damit wird im Bereich von 120 Hz bis 500 Hz ein Pegel von durchschnittlichen 121 dB (SPL) erreicht, weitere Pegelsteigerungen fängt der eingangsseitige Kompressor ab. Zwischen 800 Hz und 4 kHz lässt sich der Pegel zwar auf durchschnittliche 127 dB (SPL) erhöhen, jedoch übersteigen die nichtlinearen Verzerrungen dabei kritische Werte von 10 Prozent THD und mehr. In einem schmalbandigen Bereich zwischen 2 bis 3 kHz

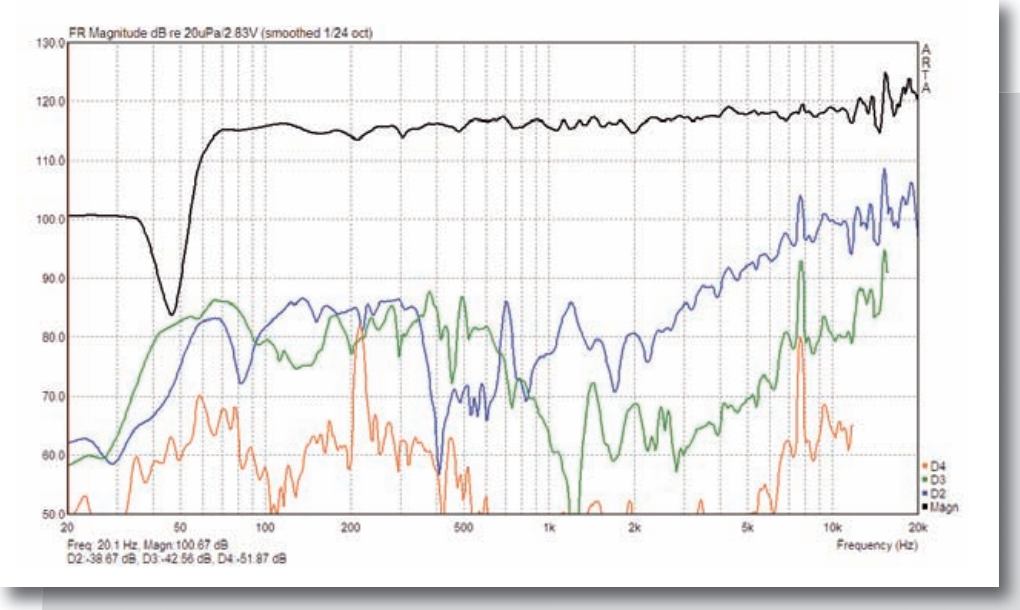

Bild 14: nichtlineare Verzerrungen bei ca. 115 dB (SPL), Hochpassfilter 50 Hz, Messmikrofon MTG MK-301

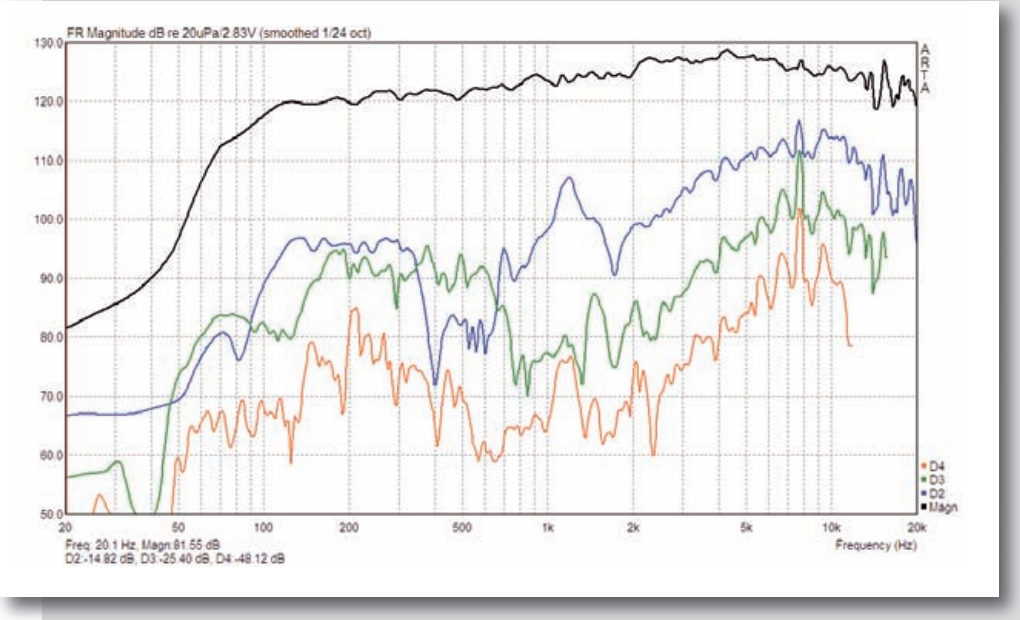

Bild 15: nichtlineare Verzerrungen bei ca. 125 dB (SPL), Hochpassfilter 120 Hz, Messmikrofon MTG MK-301

sind Maximalpegel von 130 dB (SPL) möglich. Oberhalb von 4 kHz fällt der erreichbare Pegel dann sukzessive ab und erreicht, wie bei Kompressionstreibern üblich, Werte von circa 121 dB (SPL).

Werden die gemessenen Werte nun mit den Datenblattangaben verglichen, fällt die Differenz zu den dort angegebenen „131 dB cont." bzw. „136 dB peak" auf. Hier fehlen konkretisierende Angaben (wie zum Messsignal und dessen Crest-Faktor, der Position der Schallquelle im Raum, der Frequenz, auf die sich die Angabe bezieht, usw.). Derartige Einzahlwerte sind ohnehin schlecht in der Lage, das über einen weiten Frequenzbereich stark unterschiedliche Verhalten bei hohen Schalldruckpegeln aussagekräftig zu beschreiben. In der Regel wird daher für die Angabe einfach ein Punkt im Hochtonbereich zugrunde gelegt, an welchem der Hochtontreiber einen besonders hohen Wirkungsgrad und somit Headroom hat, beispielsweise im Bereich von 2 bis 3 kHz. Nach Rückfrage bei KS wurde mitgeteilt, dass die Datenblattangabe zu den Maximalpegeln hier jedoch anders, nämlich rein rechnerisch, zustande kommt.

Dazu wird der Wirkungsgrad eines Chassis, der bei einem Watt Eingangsleistung (bezogen auf die Nennimpedanz des jeweiligen Lautsprechers) in einem Meter Entfernung gemessen wird, mit der zugeführten Endstufenleistung verrechnet und so ein theoretischer Maximalpegelwert angegeben. Auf die üblichen Kompressionseffekte me-

Abb 20: KS CPD-12 im Messraum

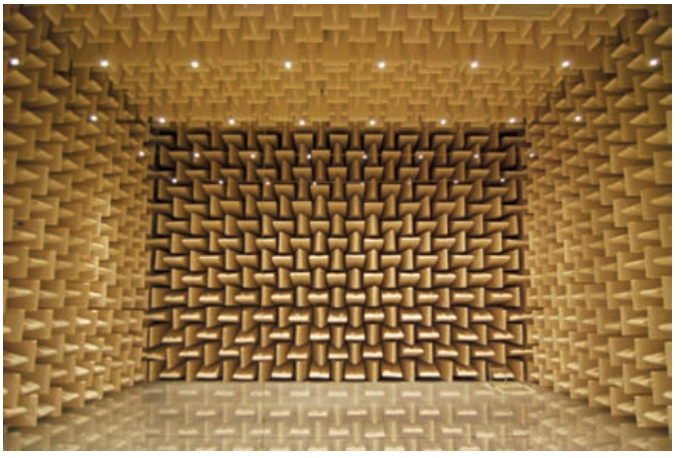

Abb 19: Reflexionsarmer Messraum der TU Berlin

Messtechnik und Vorgehensweise

Für die Messungen hatten wir die Möglichkeit, den reflexionsarmen Messraum (kurz: RAR) im Institut für Strömungsmechanik und Technische Akustik der TU Berlin zu nutzen **(Abb. 19)**. Dieser Messraum verfügt über eine begehbare Fläche von etwa 126 m², die aus einem Netz gespannter Stahlseile besteht. Das Raumvolumen entspricht insgesamt 1.070 m³. Die untere Grenzfrequenz, bis zu der man reflexionsfrei messen kann, liegt bei 63 Hz. Diese Frequenz resultiert aus der Länge der an den Wänden befestigten Keile aus schallabsorbierendem Material, die im konkreten Fall circa 1,4 m lang sind (entspricht einem Viertel der zu absorbierenden Wellenlänge von 63 Hz).

Für Messungen unterhalb dieser Grenzfrequenz werden an den Lautsprechern wie gewohnt Nahfeldmessungen vorgenommen, die später komplex verrechnet und phasenstetig an die Kurve angehängt werden. Für einfache Frequenzgangmessungen bräuchte man einen derartigen Messraum nicht unbedingt, denn quasi-reflexionsfreie Messungen sind auch durch kombinierte Freifeld- und Nahfeldmessungen über reflektierendem Boden (zum Beispiel auf einem leeren Parkplatz) sehr gut möglich. Seine besonderen Vorteile hat der RAR hingegen bei Messungen, bei denen Reflexionen im Zeitbereich nicht ausgefenstert werden können – das gilt beispielsweise für die Messung nichtlinearer Verzerrungen an Lautsprechern.
Insgesamt stellt ein derartiger Messraum eine Annäherung an ein ideal freies Schallfeld dar. In der Natur wäre so etwas beispielsweise „auf dem Gipfel eines verschneiten Berges"[1] zu beobachten. Ein begehbarer Raum ist da natürlich „etwas" praktischer.

Die CPD-12 wurde auf einem Stativ in einer Raumecke aufgestellt und in mehreren Abständen gemessen. Die im Text dargestellten Messungen beziehen sich jeweils auf einen Messabstand von vier Metern. Je nach Einsatzzweck wurden verschiedene Messmikrofonkapseln von Microtech Gefell verwendet – für die Messung der Frequenzgänge die ½-Zoll-Kapsel MK-201 **(Abb. 20)**, für die Messung der nichtlinearen Verzerrungen die ¼-Zoll-Kapsel MK-301.

[1] J. Blauert, J. Braasch: „Räumliches Hören", Seite 93 in: S. Weinzierl (Hrsg.): „Handbuch der Audiotechnik", 2008 Springer-Verlag, Berlin Heidelberg

KURZWEIL

PC3K8 Production Station

zu sehen und zu hören in:

ANDREW LLOYD WEBBER'S

Love Never Dies

PHANTOM

und demnächst antestbereit bei Ihrem Kurzweil Stützpunkthändler.

It's the sound

Exklusivvertrieb in Deutschland und Österreich: Sound Service European Music Distribution

www.sound-service.eu | info@sound-service.eu

KS Beschallungstechnik

Vor über 30 Jahren begann die Geschichte von KS im rheinland-pfälzischen Hessheim (ca. 15 km westlich von Mannheim). Dort gründeten 1979 Dipl.-Ing. und Musiker Dieter Klein **(Abb. 16)** und Musikalienhändler Wolfgang Steck eine OHG, wobei die gemeinsame Motivation aus der Unzufriedenheit mit dem technischen Niveau des damaligen Beschallungsequipments resultierte. Im Jahre 1990 zog man, nunmehr zur „KS Beschallungstechnik GmbH" umfirmiert, in ein eigenes Firmengebäude in Hettenleidelheim um. Im selben Zeitraum schied Wolfgang Steck, das „S" in KS, aus der Firma aus.

Abb 16: Firmenchef Dieter Klein am Arbeitsplatz

Die spezielle Ausrichtung der Firma KS zeigt sich auch darin, dass möglichst viele Geräte in Eigenproduktion gefertigt werden, um die Abhängigkeit von Zulieferfirmen möglichst gering zu halten. Produktionsengpässe an den wirklich kritischen Stellen sollen somit vermieden werden, aber auch die Kontrollierbarkeit der Produktqualität steigt natürlich, je weitreichender die eigene Fertigungstiefe ist.

Im Laufe der Zeit erwarb sich die KS Beschallungstechnik GmbH einen international guten Ruf als Problemlöser bei kritischen Spezialanwendungen, was ein Blick auf die Referenzliste schnell verdeutlicht – so finden sich dort unter anderem Projekte wie die „Alte Oper" (Frankfurt/Main), der Plenarsaal im Bundestag (Berlin), der Flughafen Kairo oder das Olympiastadion Moskau.

Eigens für die Produktlinie im Bereich Studiomonitoring wurde 1997 „KS Digital" gegründet. Laut eigener Aussage überschritt der Gewinn von KS zur Jahrtausendwende erstmalig die Marke von fünf Millionen Euro, jedoch folgte 2002 beinahe das Aus für KS, als der damals wichtigste Vertriebspartner in die Insolvenz ging. Noch im selben Jahr konnte aber unter erheblichen Anstrengungen ein eigener Vertrieb unter der Leitung von Peter Kuhn auf die Beine gestellt werden, wobei Letzterer bis heute als Sales Manager bei KS tätig ist. Nach über 30 Jahren im Geschäft ist die Mitarbeiterzahl auf mittlerweile 16 Angestellte angewachsen **(Abb. 17)**.

Das recht breit angelegte KS-Produktportfolio an PA-Systemen reicht von kleinen Kompaktanlagen hin zu horngeladenen Konzert-PAs bis hinauf zum – heutzutage quasi obligatorischen – Line-Array-System. Der Tradition der frühesten KS-Systeme folgend, werden alle Boxen stets aktiv und/oder mit eigenen Controlleramps angetrieben. Die neuesten Produkte aus dem Hause KS konzentrieren sich vor allem auf die selbst entwickelten Digitalcontroller mit FIR-Filtern, wie die im Rahmen dieses Tests vorgestellte CPD-12 exemplarisch zeigt.

Abb 17: Belegschaft von KS

chanischer oder thermischer Art wird für diese Berechnung erst mal keine Rücksicht genommen, sodass der Wert besonders günstig ausfällt, mit der Realität im Grenzlastbereich aber wenig zu tun hat.

Wie bewertet man nun die Herstellerangabe zum erzielbaren Maximalpegel?
Einerseits könnte bei wohlwollender Interpretation gesagt werden, die Angabe von „131 dB cont." wäre im Frequenzbereich zwischen 2 bis 3 kHz durchaus seriös. Andererseits käme man im selben Atemzug aber nicht umhin, darauf hinzuweisen, dass eben diese frequenzbezogene Angabe im Datenblatt fehlt.
Deutlich kritischer ist die Angabe des beiliegenden Handbuches zu sehen, wo es heißt: „Der extrem kraftvolle ND-Magnet (des Zwölf-Zoll-Tieftöners, der Autor) lässt bei 700 Watt RMS und 102 dB/1W/1m Dauerschallpegel von 130 dB im gesamten Übertragungsbereich zu."

Diese Angabe ist in mehrerlei Hinsicht fraglich. Erstens erreicht der von KS verbaute Beyma-Tieftöner mit etwa 96 dB/1W/1m tatsächlich einen deutlich niedrigeren Wirkungsgrad als hier angegeben. Zweitens kann von erzielbaren Dauerschallpegeln im angegebenen Bereich ebenfalls keine Rede sein, da der RMS-Limiter der CDP-12 die abgegebene Leistung auf 350 W RMS limitiert. Damit ist unter günstigsten Bedingungen eine Schalldrucksteigerung von etwa 25,4 dB möglich, was in Summe zu den tatsächlich gemessenen 121 dB (SPL) führt.
Davon einmal abgesehen wären auch mit einer kurzzeitig verfügbaren Endstufenleistung von 700 Watt lediglich 3 dB mehr, also 124 dB, möglich gewesen.
Der im Datenblatt darüber hinaus genannte Wert von „136 dB peak" erscheint als Steigerung dessen umso verwirrender, da der interne Kompressor oberhalb von 130 dB (SPL) Steigerungen des Pegels grundsätzlich verhindert, was auch für die Anregung mit extrem kurzen Messsignalen gilt.

Zur Verteidigung von KS muss an dieser Stelle aber auch gesagt wer-

den, dass eine Vielzahl von Herstellern bei der Angabe zum Maximalpegel zu einer gewissen „Datenblattgigantomanie“ neigen. Die im Test gemessenen Werte entsprechen im vollen Umfang dem realistisch Machbaren bei einer Box dieser Größen- und Leistungsklasse. Die hier geäußerte Kritik ist also nicht auf die Qualität des Produkts, sondern ausschließlich auf dessen Beschreibung gerichtet – eine Kritik, die man in dieser Form unter viele vergleichbare Produkte von anderen namhaften Herstellern schreiben könnte.

Da aus Platzgründen nicht alle Messungen (wie die zuletzt erwähnten Klirrmessungen bei unterschiedlichen Schalldruckpegeln) im Heft berücksichtigt werden können, stehen diese wie immer im „Mehrwert“-Bereich unter www.tools4music.de zum Download zur Verfügung.

Praxistest

Den Test in „freier Wildbahn“ bestritten wir mit den CPD-12 im Rahmen eines klassischen Verleiher-Jobs. Im „Play“ (Nähe Alexanderplatz/Berlin), wobei es sich um eine weitläufige Barlounge mit Videospielstationen handelt, galt es, die Firmenfeier des Stützpunkthändlers einer bekannten französischen Automarke zu beschallen.

Anfangs liefen die CPD-12 alleine auf dem Stativ für eine Hintergrundbeschallung, wobei per Software eine Bassanhebung eingestellt wurde. Später wurden die Boxen, zusammen mit insgesamt vier 18-Zoll-Subwoofern (18sound BPH-118) und 120 Hz Trennfrequenz für die Beschallung der Tanzfläche eingesetzt. Insgesamt konnte festgestellt werden, dass die Stimmwiedergabe auch bei hohen Pegeln stets natürlich und unverzerrt wirkte. Die Hochtonauflösung verlief klanglich einwandfrei, was auch auf die extrem detaillierte und individuell für jeden Treiber eingemessene Entzerrung bis in den Superhochtonbereich zurückzuführen sein dürfte.
Besonders herauszustellen ist der sehr breite Abstrahlwinkel im Nahbereich, sodass man sich auf der Tanzfläche praktisch ohne klangliche Einbußen frei bewegen konnte. Beim Ablaufen der Halle in die Tiefe wurde der Abstrahlwinkel sukzessive enger – so konnten die Gäste am Randbereich der Halle einfacher Gespräche führen. Ob das Funktionsprinzip der HDSP-Hochtonschallführung nun direkt zu einem „besseren“ Klang führt, lässt sich ohne Direktvergleich zu anderen Lautsprechern nur schwer beurteilen. Nach subjektiver Einschätzung des Autors blieb der neutrale Grundcharakter jedoch über einen bemer-

Fakten

Hersteller:	**KS Beschallungstechnik**
Modell:	**CPD 12**
Herkunftsland [1]:	Deutschland
Gerätetyp:	aktive Zwei-Wege-Bassreflexbox
Bestückung:	Zwölf-Zoll-Tieftöner mit 4-Zoll-VC und 1,4-Zoll-Hochtontreiber mit 3-Zoll-VC (jeweils Beyma)
Gehäusematerial/ Oberfläche:	18mm Birkenmultiplex/ PU-Beschichtung
Frequenzbereich (-6 dB) [2]:	55 Hz - 22 kHz
Welligkeit (Differenz von Überhöhung zu Senke von 100 Hz bis 10 kHz) [2]:	7,1 dB
horizontaler Abstrahlwinkel (-6 dB-Mittelwert von 1 kHz bis 10 kHz) [1]:	60 bis 120 Grad (variiert in Abhängigkeit des vertikalen Winkels)
Schwankungsbreite horizontaler Abstrahlwinkel (STABW/ 2) [3]:	12,5 Grad
vertikaler Abstrahlwinkel (-6 dB-Mittelwert von 1 kHz bis 10 kHz) [3]:	40 Grad
Schwankungsbreite vertikaler Abstrahlwinkel (STABW/ 2) [3]:	3,6 Grad
Endstufenleistung [1]:	Tiefton: 700 W @ 8 Ohm (Class D gebrückt); Hochton: 100 W (Class A-B MOS-FET); Gesamt: 2 kW peak, RMS-Limiter begrenzt auf 350 W
Paarabweichung (Mittelwert/ Maximalwert zwischen 100 Hz bis 10 kHz) [3]:	0,1 dB/ 0,8 dB
Frequenzweiche:	1,2 kHz mit 24-dB-Tief- bzw. Hochpass (Bessel-Charakteristik), FIR-Filter zur „Über-alles“-Entzerrung
Gesamtlatenz:	6 ms
Buchsen:	XLR In/Out, Powercon In/Out
Griffe:	2 x gefräster Griff, seitlich
Stativflansch:	36 mm, Unterseite
Füße:	4 x Kunststofffuß
Rigging:	2 x Universalaufnahme für optionale Flyware
Besonderheiten:	LC-Displays, schaltbare Hochpassfilter, Delay bis 40 Meter, Weitbereichsnetzteil, Einschaltstrombegrenzer, Netzwerkanschluss, Softwarekonfiguration
Gewicht:	26,5 kg
Abmessungen (H x B x T):	576 x 350 x 412 mm
Zubehör (optional) [1] :	Schutzhüllen, Flugbügel, Beschläge und Halterungen sowie Lackierung in RAL-Farbtönen
Listenpreise:	KS CPD-12: 3.760 Euro (Ausführung Schaum hinter Frontgitter, optional Schaum vor dem Gitter) Schutzhülle mit Verstärkerschutz: 168 Euro Flugbügel für Einzel- oder Paaraufhängung: 78,50 Euro Schrägsteller für Monitorbetrieb: 56 Euro
Info:	**www.ks-audio.de**

[1] = Herstellerangabe
[2] = Glättung 1/24 Oktave
[3] = Glättung 1/3 Oktave

Anmerkung: Beim Vergleich mit dem KS-Katalog bzw. Datenblättern werden dem Leser eventuell Abweichungen auffallen. Die hier genannten Daten entsprechen dem letzten technischen Stand zum Zeitpunkt der Recherchen (Februar/März 2011).

Bild 18: Praxistest im „Play"(Berlin Alexanderplatz)

kenswert weiten Bereich der Halle erhalten. Kurzum: Die CPD-12 erfüllten beim Praxistest in klanglicher Hinsicht auch hohe Erwartungen, die Beschallungsaufgaben als Topteil auf dem Stativ erledigten sie dabei ebenso souverän wie oder in Kombination mit Subwoofern.

Finale

Was bleibt nach dem Testmarathon mit zahlreichen Messungen und Praxistest als Summe unter dem Strich? Die CPD-12 aus dem Hause KS kann mit professioneller Verarbeitungsqualität, robuster Mechanik, moderner Endstufen- und Filtertechnologie und bester Treiberbestückung rundum überzeugen – sowohl vor dem Messmikrofon als auch im Praxistest. Als Zielgruppe dürften sich Verleiher im Alltagsgeschäft, Installationsfirmen aber auch professionelle Bandmusiker angesprochen fühlen. Zudem handelt es sich hierbei um ein Produkt in deutscher Manufakturqualität, welches voraussichtlich einen hohen Werterhalt mit sich bringt und sich somit – auch unter wirtschaftlichen Aspekten – besonders für die genannten Anwenderkreise prädestiniert.

Als besonderes Ausstattungsmerkmal der CPD-12 ist das spezielle Hochtonhorn zu erwähnen, welches in der Praxis eine ganze Reihe handfester Vorteile mit sich bringt. Lediglich in Detailfragen wie der Ausführung der Griffhinterbauten, der Bedämpfung des Gehäuses gegen interne Stehwellen und der nachvollziehbaren Datenblattangabe zum tatsächlich erzielbaren, maximalen Schalldruckpegel ist aus Sicht des Testers noch Verbesserungsspielraum erkennbar. ■

Pro & Contra

- \+ extrem geringe Paarabweichungswerte
- \+ hochwertige Bestückungen
- \+ in Deutschland entwickelt und produziert
- \+ individuelle Entzerrung der Lautsprecherchassis
- \+ massives Gehäuse und überzeugende Verarbeitung
- \+ neutrale Wiedergabeeigenschaften
- \+ praxisgerechtes Abstrahlverhalten mit innovativer Hochtonschallführung
- \+ Softwaresteuerung und Netzwerkfähigkeit

- \- Griffmöglichkeiten verbesserungsfähig (Rückschale für manche Hände zu klein)
- \- kleinere Resonanzen im Übertragungsbereich des Tieftöners
- \- Maximalpegelangaben nur eingeschränkt nachvollziehbar

NACHGEFRAGT

Dipl.-Ing. Dieter Klein von KS Beschallungstechnik zu diesem Test:
„Wir freuen uns über diesen umfangreichen Test und bedanken uns ganz herzlich bei ‚tools'! Ein Werkzeug für Profis sollen unsere Produkte sein, und das hat der Praxistest auch gezeigt. Zu den Messungen haben wir einige Anmerkungen: Der Frequenzgang wurde auf Achse ohne Frontschaum und Gitter gemessen und zeigt dort einen Anstieg zu hohen Frequenzen. Nun messen wir aber seit Jahren nach dem Motto ‚In der Mitte steht nur eine(r), aber 1.000 drum herum'. Wir mitteln daher über einen weiten Abstrahlbereich und berücksichtigen auch die Abschattung und Absorption der Frontabdeckung.

Zur Höhe des erzielbaren Schalldruckpegels sei gesagt, dass bei der Berechnung die hohen Werte des speziell für uns gefertigten Chassis zugrunde liegen. Als Messsignal verwenden wir ein bandbegrenztes Rauschen mit 12 dB Crestfactor. Dies bildet einigermaßen realistisch Musikwiedergabe ab und erzeugt die hohen Spitzenpegel. Die PWM Brückenendstufe ist in der Lage, über 1.000 Watt Sinusleistung an 8 Ohm abzugeben, wird zum Schutz und für lange Lebensdauer des Chassis aber auf thermische 350 Watt begrenzt. Die gemessene Spitze im Klirrfaktor ist auf eine dem Chassis-Hersteller falsch zugelieferte Staubschutzkalotte zurückzuführen.

Als Begründer der FIR-Filtertechnik für Studiomonitore und PA-Systeme können wir die Aussage ‚Linearisierung des Phasenverlaufs, was als Effekt für sich betrachtet von eher untergeordneter Bedeutung ist' nicht unkommentiert stehen lassen. Ein nichtlinearer Phasenverlauf bedeutet ein zeitliches Auseinanderfallen jedes Impulses, den der Lautsprecher wiedergeben soll, das heißt: Die Energie des ursprünglichen Schallereignisses wird frequenzabhängig über eine gewisse Zeitspanne verteilt wiedergegeben und hebt sich daher nicht mehr so stark von anderen gleichzeitigen Signalen ab. Praktisch ausgedrückt leidet hierunter die Deutlichkeit und die Ortbarkeit. Viele Mixe vor allem im Pop-Bereich sind so stark bearbeitet, dass diese Eigenschaft kaum ins Gewicht fällt. Bei der Übertragung natürlicher Instrumente und Stimmen ergibt sich dagegen eine enorme Qualitätssteigerung."