

PRODUCTION PARTNER

Fachmagazin für Veranstaltungstechnik

Artikel
aus Ausgabe 11/2016

Maier Sound Design

Bühnenzwillinge: Monitor/Teleprompter-Kombination G2

Mit dem G2 hat Andreas Maier sein Angebot an Eigenentwicklungen nicht nur um einen Doppel-12"-Bodenmonitor erweitert: In gleicher Form und Verarbeitungsqualität ist der G2 auch mit integriertem Video-Interface und Display erhältlich, um Videosignale über größere Strecken auf der Bühne zu verteilen und den Akteuren sichtbar zu machen.

Text und Messungen: Anselm Goertz | Fotos: Dieter Stork



Das Nachrichtenportal rund um die Medienwelt und -Technik

powered by
PRODUCTION PARTNER
Fachmagazin für Veranstaltungstechnik

» ... Mit dem G2 Monitor als Zwillingen für Bild und Ton bietet Maier Sound Design eine rundum gelungene Eigenentwicklung an ... «



Die Firma Maier Sound Design mit ihrem Inhaber und Geschäftsführer Andreas Maier aus dem westfälischen Kamen ist den meisten als Veranstaltungsdienstleister und Verleiher bekannt. Da man sich in den vergangenen Jahren verstärkt auf künstlerisch und optisch anspruchsvolle Events spezialisiert hat, gab es immer wieder Bedarf nach speziellen Geräten, die käuflich so nicht zu erwerben waren. Dazu gehört z. B. die „Mikrofon-Schildkröte“, ein Schoeps-Kondensatormikrofon in einer mechanisch entkoppelten Halterung für den Einsatz auf einer Grenzfläche. Die patentierte Halterung, die mit dem herausschauenden Mikrofon an eine kleine Schildkröte erinnert, bietet gleichzeitig auch den hinreichenden Schutz für das Mikrofon, eben wie bei einer Schildkröte. Bei dem Monitor G2 war die Entstehungsgeschichte äh-

lich – es wurde etwas benötigt, was es auf dem Markt bisher so nicht gab. Diesmal Bildmonitore (z. B. für den Einsatz als Teleprompter), die auf der Bühne möglichst nicht als Videomonitor zu erkennen sein sollten. Da die Zuschauer an den Anblick von Bühnenmonitoren – aber als Lautsprecher – gewöhnt sind, bot es sich an, den Bildmonitor optisch gleich zu gestalten. Man nehme also ein Lautsprechergehäuse, nur ohne Lautsprecher auf der Front und baue hier ein solides TFT-Display samt Videointerface ein und schon ist das Problem gelöst. Gesagt, getan entwickelte man in Kamen gleich beides, einen Monitor als Lautsprecher und ein optisch gleiches Modell mit einem 24"-TFT-Display. Der Unterschied ist nur von der Bühnenseite aus zu erkennen, oder an den seitlichen Anschlüssen. Die TFT-Variante ist seitlich je mit einer



PowerCon-Buchse ausgestattet für den Betrieb des Monitors und des vorgeschalteten Interfaces, außerdem finden sich seitlich je ein SDI als BNC für das Durchschleifen über längere Strecken von Bildschirm zu Bildschirm sowie links ein HDMI- und rechts ein VGA-Eingang. Bei den Lautsprecher-Monitoren ist die Beschaltung einfacher: NLT4 male und female je Seite.

Monitor in doppelter Funktion

Die Gehäusegröße wurde für die gewünschte Bestückung 2 × 12" plus Hochtonsystem gewählt, d. h. wir haben es hier mit einem sehr kräftigen Exemplar zu tun, das sich auch auf der Heavy-Metal-Bühne zu bewähren weiß. Bestückt ist die

G2 mit Treibern des italienischen Herstellers B&C. Die Tieftöner sind vom Typ 12PZ32 mit einer 3"-Spule. Beim Hochtoner handelt es sich um das bekannte und bewährte Modell DE75P mit 2"-Öffnung und ebenfalls einer 3"-Spule. Mit dieser arbeitet der Treiber auf ein Limmer Horn vom Typ 275 mit einem Öffnungswinkel von 75 × 45 Grad. Das Horn ist um 90° gedreht einbaut, so dass der Monitor mit 45° horizontalem Abstrahlwinkel agiert und mit 75° in der Vertikalen. Eine solche Konfiguration ist für den Einsatz als Monitor naheliegend, wo dann eine gezielte Beschallung in einem Korridor vor dem Monitor möglich wird, ohne unnötig viel die Akteure in der Nachbarschaft zu beschallen. Der größere vertikale Öffnungswinkel erlaubt dagegen eine gewisse Bewegungsfreiheit auf der Mittelachse des Monitors.



G2 als Lautsprecher und Monitor aus Publikumssicht

Auf der Frontseite wird der Monitor durch ein solides, aber trotzdem akustisch hoch transparentes Gitter mit hexagonaler Struktur geschützt. Bei der Variante mit Display wird die Front stattdessen durch eine genau angepasste, aufwändig geformte Metallblende eingerahmt, in welcher der Bildschirm aufgehängt ist. Die seitlichen Bedientaster des Bildschirms lassen sich gerade noch mit einem spitzen Gegenstand erreichen und betätigen, insgesamt macht die Einheit aus Gehäuse und Bildschirm einen sehr professionell-schicken Eindruck.

Der Betrieb des Audiomonitors ist ausschließlich als voll aktives System vorgesehen. Die Gründe sind naheliegend: Passive Weichen in dieser Leistungsklasse, so sie denn auch unter hoher Dauerlast oder im Falle eines defekten Treibers betriebssicher sein sollen, erfordern großzügig dimensionierte und dann auch entsprechend große und teure Bauteile. Hinzu kommt, dass Monitore nur selten alleine eingesetzt werden und dann ohnehin entsprechend viele Endstufenkanäle erforderlich sind. Ein weiterer speziell bei Monitoren wichtiger Aspekt ist der Schutz des Hochtöners vor Überlastung. Monitore werden häufiger als andere Lautsprecher mit Rückkopplungen konfrontiert und müssen auch bei längerem Feedback auf dem Hochtöner sicher gegen Überlast sein. Hat der Hochtöner einen eigenen Endstufen- und Controller-Weg, dann ist das gut zu realisieren. Für den Test

wurde die G2 mit einer Crown I-Tech HD vom Typ 4x3500 betrieben, die alle notwendigen Funktionen und auch reichlich Leistung bietet. Maier Sound Design nutzt diesen Endstufentyp in großen Mengen in standardisierten Amp-Racks mit ebenfalls selbst gefertigten Anschlusspanels, die eine gleichzeitig kostengünstige, flexible und schnell auf-/abzubauenende Lösung bieten sollen. Gerade um die Frage einer möglichst effektiven Logistik beim Transport und auf der „Baustelle“ macht sich Maier Sound eine Menge Gedanken, um unnötige Laufwege, Sucherei oder Probleme durch vergessene Systembestandteile zu minimieren. Die schlägt sich übrigens auch in der G3 nieder, einer „Point Source“, ebenfalls einer Eigenentwicklung innerhalb der eigenen „Hausmarke“, bei der wesentliche Rigging-Bestandteile (entwickelt zusammen mit König&Meyer) bereits an der Box montiert sind.

Basismesswerte

Für die Entwicklung und Bewertung eines Lautsprechers sind die Einzelfrequenzgänge der beteiligten Wege von Bedeutung. Es zählt zwar letztlich das Gesamtergebnis, aber es ist doch interessant zu wissen, ob die Einzelwege ihren Arbeitsbereich souverän beherrschen, oder ob das Ergebnis nur mit Hilfe kräftiger Unterstützung durch elektrische Filter möglich wurde. Für die G2 sehen wir dazu in Abb. 2 die Frequenz-



G2 als Bildmonitor mit PowerCon, SDI, und VGA – auf der anderen Seite statt VGA mit HDMI

gänge mit Angabe der Sensitivity für LF- und für den HF-Weg separat ohne Filter direkt am Messverstärker gemessen. Die Sensitivity wird hier bezogen auf 2,83 V / 1 m angegeben, d. h. für 1 W / 1 m für ein nominelles 8-Ohm-System. Für den 4-Ohm-Tieftonweg sind daher 3 dB für den 1 W / 1 m Wert abzuziehen. Die tatsächliche Messentfernung betrug in diesem Fall 4 m, die dann durch die Messsoftware auf 1 m umgerechnet wurde. Entstanden sind die Kurven aus Abb. 2 mit der G2 positioniert als normaler Lautsprecher unter Freifeld-Vollraumbedingungen. Daher auch die Messentfernung von 4 m. Unterhalb von 140 Hz wurde die Messung mit einer Nahfeldmessung kombiniert, da der Messraum unterhalb von 100 Hz keine hinreichend reflexionsfreien Bedingungen mehr bietet. Die Nahfeldmessung erfolgt vor den Membranen und Tunneln und wird über die Messsoftware an einer passenden Stelle in Amplitude und Phase mit der Fernfeldmessung kombiniert.

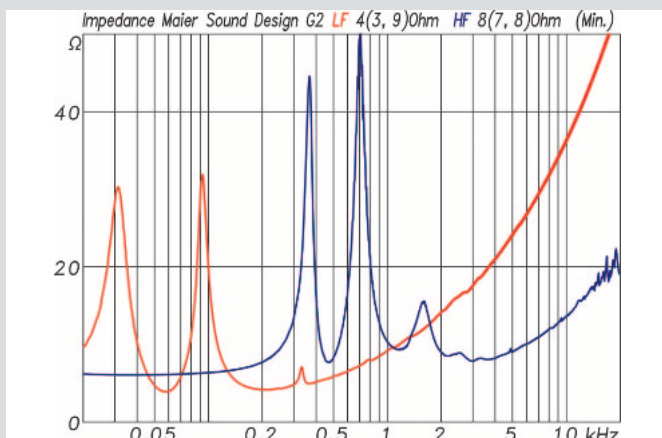
Ein Bodenmonitor wird typischerweise auf der Grenzfläche liegend betrieben, wodurch sich der Frequenzgang je nach

Gehäuseform und Lage der Treiber auf der Front verändert. Für den Hochtöner ist das Thema weniger relevant, da dieser durch die gerichtete Abstrahlung den Boden bildlich gesprochen kaum „sieht“. Bei den Tieftönern kann es durch die Bodenreflexion zu einer Auslöschung kommen, dem sogenannten Monitorloch. Je näher sich die Tieftöner am Boden befinden, umso weiter wandert das Monitorloch in der Frequenz nach oben, wo es dann durch die auch hier zunehmende Richtwirkung geschwächt wird. Wie sich die G2 in der Bodenposition misst, zeigt Abb. 3. Das Mikrophon befand sich jetzt auf einem Stativ vor dem Monitor in Ohrhöhe. Der Abstand zur Front des Monitors betrug 1,85 m. Gut zu erkennen ist in Abb. 3 ein breiter Pegelverlust um 1–2 dB um 400 Hz und eine Pegelzunahme bei den tiefen Frequenzen. Die Monitorkurve ist hier ohne Kombination mit einer Nahfeldmessung dargestellt, da sich die Einflüsse des Bodens und des umgebenden Raums nicht separieren lassen. Interessant ist das Verhalten der kleinen Resonanzstelle bei 330 Hz, die in der Monitorposition deutlich abgeschwächt wird.

Eingangskontrolle im Lager: Was verrät der Impedanzverlauf?

Zu den Basismessungen eines Lautsprechers gehört neben den bekannten akustischen Messungen immer auch eine Messung der elektrischen Impedanz. Die Kurven liefern erste Informationen und ermöglichen es zudem relativ zuverlässig, mögliche Fehler, Treiberdefekte o. Ä. zu erkennen. Manch ein Problem ist sogar im Impedanzverlauf viel einfacher auszumachen als im Frequenzgang. Die Impedanzmessung bietet sich daher auch als schnelle und sichere Kontrolle beim Wareneingang im Verleih an. Ein durch Überlastung vorgeschädigter Hochtontreiber wird so in der Impedanzkurve relativ sicher durch einen ungleichmäßig buschigen Verlauf der Kurve zu erkennen sein. Der akustische Frequenzgang liefert in solchen Fällen weniger sichere Erkenntnisse. Ebenso nutzt man die Impedanzmessung im Betrieb einer Anlage, wo die gemessene Kurve mit einer im Verstärker hinterlegten Referenzkurve verglichen wird. Viele aktuelle Endstufen bieten diese Art der Messung bereits fest integriert an, so auch die zusammen mit den Maier Sound G2-Monitoren genutzten Crown I-Tech HD Endstufen.

Abb. 1 zeigt die Impedanzkurven der Tieftöner und Hochtöner im G2. Wichtig unter dem Aspekt des Funktionstests ist vor allem der stetige und glatte Verlauf der Kurven – Sprungstellen oder eine buschige Kurve würden auf Fehler hindeuten. Hier sieht alles gut aus: Die beiden Tieftöner parallel ergeben ein 4-Ohm-System und der Hochtöner kommt als 8-Ohm-System daher. Grundsätzlich gilt, dass die nominelle Impedanz nichts anderes ist als der Wert, der an keiner Stelle des Arbeitsbereiches eines Lautsprechers um mehr als 20 % unterschritten werden darf. Der eigentliche Impedanzverlauf hat



Impedanzverlauf der beiden Tieftöner (rot) und des Hochtöners (blau). Es handelt sich um nominelle 4- bzw. 8-Ohm-Systeme mit unkritischen Minima von 3,9 und 7,8 Ohm. Die Abstimmfrequenz des Bassreflexgehäuses liegt bei 60 Hz. (Abb. 1)

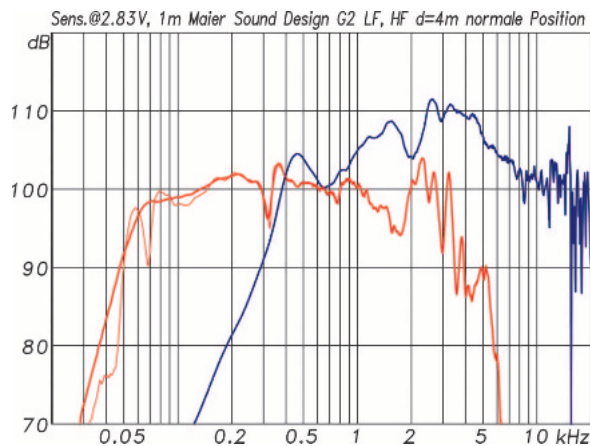
jedoch nur wenig mit dem eines realen 4- oder 8-Ohm-Widerstandes zu tun. Lediglich einige spezielle Bändchenlautsprecher oder Air Motion Transformer haben einen konstanten Impedanzverlauf ohne kapazitive oder induktive Anteile. Neben dem hier gezeigten Amplitudenverlauf gibt es auch noch die (hier nicht abgebildete) Phase der Impedanz, in der sich kapazitive und induktive Anteile erkennen lassen.

Die Impedanzminima betreffend verhält sich die G2 völlig unkritisch, was gerade bei einem Monitor nicht unwichtig ist, da man ja gerne auch mehrere Monitore parallel betreibt. Für die G2 wären das mit den 4-Ohm-Tieftönern maximal zwei im Parallelbetrieb. Darüber hinaus lässt sich aus den Impedanzkurven noch die Abstimmfrequenz des Bassreflexresonators bei 60 Hz ablesen und eine kleine Resonanz vom Gehäuse bei 330 Hz erkennen. Der Anstieg zu hohen Frequenzen entsteht durch die Induktivität der Schwingspule. Für den Hochtöner wird der Verlauf durch die Grundresonanz des Treibers und die akustischen Eigenschaften des Horns dominiert. Beides wird über den Antrieb auf die elektrische Seite übertragen und dort sichtbar. Die leicht buschige Struktur in der Impedanzkurve des Hochtöners oberhalb von 10 kHz spiegelt Resonanzen in der Kompressionskammer und mögliche Partialschwingungen der Membran wider, die bei einem Treiber dieser Größe unvermeidlich auftreten.

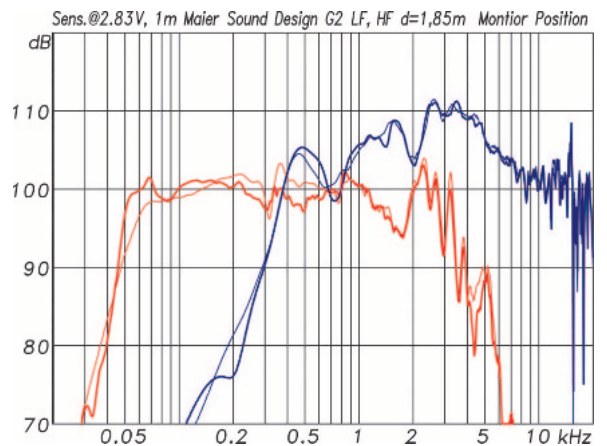
Controller und Amping

Als voll aktives System benötigt die G2 eine passend eingestellte Controller/Endstufen-Kombination für den Betrieb. Andreas Maier entschied sich an dieser Stelle für die schon

lange bewährten und immer gut verfügbaren Crown I-Tech HD-Modelle mit integriertem BSS DSP-Controller. Zum Test wurde eine I-Tech 4x3500 HD eingesetzt. Mit der vierkanaligen Endstufe können im Parallelbetrieb von je zwei Monitoren vier G2 mit einer Endstufe angetrieben werden. Der



Frequenzgänge mit Angabe der Sensivity von Tief- (rot) und Hochtöner (blau) als Freifeldmessung im Vollraum. Beide Wege bezogen auf 2,83 V. Die dünn gezeichnete Linie zeigt die Messung ohne Kombination mit der Nahfeldmessung mit der bei 70 Hz deutlich sichtbare Störung durch den Raum. (Abb. 2).



Frequenzgänge mit Angabe der Sensivity von Tief- (rot) und Hochtöner (blau) mit dem Lautsprecher in Monitorposition auf dem Boden und dem Mikrofon in 1,85 m Abstand auf Ohrhöhe. Die dünn gezeichneten Linien zeigen zum Vergleich die 4 m Messungen für die G2 in „normaler“ Position. (Abb. 3)

2-Ohm-Modus für den Tieftonweg bei zwei parallel betriebenen Monitoren bereitet der Endstufe keine Probleme. Generell sollte man jedoch bei 2-Ohm-Lasten auf kurze Kabelwege achten.

Die Abbildungen 4 bis 6 zeigen die Einstellungen im Controller der Endstufe mit IIR-Filtern zur Filterung der beiden Wege, einer Delay-Anpassung, der X-Over-Funktion und der Limiter-Einstellungen. Für die X-Over-Funktion wurde ein herkömmliches Linkwitz-Riley-Filter mit 24 dB/Oct. Steilheit eingesetzt. Auf eine linearphasige X-Over-Funktion wurde wegen der dadurch entstehenden geringfügigen Latenz verzichtet. Details zu den Einstellungen finden sich im entsprechenden Themenkasten.

Aus dem komplexen Frequenzgang lässt sich über ein gleitendes Fenster ein Spektrogramm ableiten. Länger nachschwingende Resonanzen lassen sich hier als Ausläufer über der Zeitachse gut erkennen. Abb. 11 zeigt das Spektrogramm der G2. Ernsthafte Resonanzstellen gibt es hier keine. Das lange Nachschwingen am untersten Ende bei tiefen Frequenzen ist dem Laufzeitanstieg durch die Hochpassfilterung und dem Bassreflexresonator geschuldet. Die im Mitteltonbereich zu erkennenden schmalen Resonanzen können vielfältige Ursachen im und am Gehäuse haben, sind aber allesamt

als völlig unkritisch zu bewerten. Der Hochtöner verhält sich ebenfalls vollkommen unproblematisch und weist lediglich jenseits der 10 kHz einige Resonanzen auf, die vermutlich auf Partialschwingungen der Membran zurückgehen.

In der Grundeinstellung arbeitet der G2 Monitor mit einem linearen Frequenzgang. Ausgehend davon lassen sich mögliche Wunschfrequenzgänge leicht und zielsicher einstellen. Für einen Monitor gilt in verschärfter Form das, was grundsätzlich für alle Lautsprecher zutrifft: Die Basis sollte immer ein linearer Frequenzgang sein. Von dort ausgehend lassen sich mögliche geschmackliche und andere Korrekturen gut einstellen. Einen Lautsprecher schon in der Grundeinstellung mit einem bestimmten, nicht linearen Verlauf abzustimmen, scheint dagegen weniger sinnvoll und schwieriger in der Handhabung.

Für die G2 hat sich in der Bühnenpraxis eine typische Abstimmung mit der Zeit herausgebildet. In Abb. 12 finden sich dazu die Frequenzgänge des G2 Monitors in seiner Grundeinstellung und mit einem typischen EQ für die Bühne: Die Höhen bei 10 kHz werden relativ breit um 6 dB zurückgenommen und die Mitten bei 900 Hz geringfügig um 2 dB angehoben. Der Wiedergabe wird so ein wenig die Schärfe in der Nähe genommen und die Stimmpräsenz etwas verstärkt.

Abb. 13 zeigt eine interessante periphere Messung, das Frontgitter der G2 betreffend: Die beiden Frequenzgänge, mit und ohne Gitter gemessen, zeigen den geringen Einfluss des Gitters, also dessen ungewöhnlich hohe Durchlässigkeit. Mit entsprechender mechanischer Vorspannung und vier Stützstellen auf der Front ist das Gitter auch den Beanspruchungen auf der Bühne gewachsen.

Directivity

Definiert ist die G2 durch die Position des Hochtonhorns als 45×75 System. Passend dazu sind die beiden 12"-Tieftöner nebeneinander angeordnet, wodurch sich auch eine verstärkte Bündelung in der Horizontalen ergibt. Noch im Arbeitsbereich der beiden Tieftöner schnüren sich die Isobaren bereits bei 800 Hz auf die nominellen 45° ein. Der ab 1,2 kHz einsetzende Hochtöner kann das nicht direkt fortsetzen, so dass es um 2 kHz noch zu einer leichten Aufweitung kommt. Ab 3 kHz ist dann auch das Hochtonhorn bei seinen 45° angekommen, die im Weiteren bis zu den höchsten Frequenzen mit kleinen Abweichungen beibehalten werden.

In der Vertikalen geht es erwartungsgemäß etwas unruhiger zu, da es hier winkelabhängige Laufzeitunterschiede im Übergangsbereich gibt, wo Hoch- und Tieftöner gemeinsam arbeiten. Zusätzlich kommt es durch die vergrößerte Strahlerfläche zu einer Einschnürung. Die nominellen 75° erreicht der Hochtöner auch hier ab ca. 3 kHz aufwärts.

Maximalpegel

Der PRODUCTION PARTNER Standard-Test beinhaltet zwei Messverfahren für die Bestimmung des Maximalpegels: Zum einen die bekannte Maximalpegelmessung mit 185 ms langen Sinusbursts als Anregungssignal. Ein Sinusburst von hinreichender Länge erlaubt die direkte Auswertung der harmonischen Verzerrungen. Für den Messablauf wird ein Verzerrungsgrenzwert z. B. von 10 % festgelegt und ganz nach Bedarf auch noch ein Grenzwert für die maximale Leistung oder Eingangsspannung am Messobjekt. In Schritten von 1/12 Oktave läuft der Messalgorithmus jetzt von der tiefsten zur höchsten zu messenden Frequenz durch. Für jeden Frequenzschritt beginnt die Messung mit einem geringen Startwert und steigert den Pegel so lange, bis der Verzerrungsgrenzwert oder auch ein anderes Abbruchkriterium erreicht ist. Als Ergebnis entsteht eine Kurve über der Frequenz, die zeigt, welchen Pegel ein Lautsprecher mit diesen Sinusbursts bei höchstens x % Klirrfaktor zu erreichen in der Lage ist. Mit dieser Art Messung lassen sich sehr gut schwache Bereiche



Filter Einstellungen für die Crown I-Tech HD Endstufe, Parameter für den Tieftöner hier in blau und für den Hochtöner in rot (Abb. 4)



X-Over und Delay Einstellungen für die Crown I-Tech HD Endstufe. Parameter für den Tieftöner hier in blau und für den Hochtöner in rot (Abb. 5)



Limiter Einstellungen für die Crown I-Tech HD Endstufe (Abb. 6)

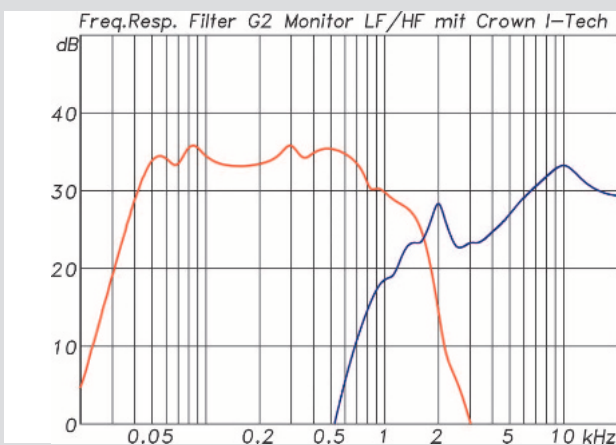
Filter und Limiter einstellen

Basis für die Einstellung der Controller-Funktionen sind die Rohdaten der einzelnen Wege ohne Filter. Die im Folgenden beschriebene Vorgehensweise ist ein möglicher und besonders flexibler Weg die Filter abzustimmen, jedoch nicht die einzig mögliche Variante, auch andere Wege führen hier zum Ziel. Im ersten Schritt werden zunächst die Filter in den Wegen eingestellt. Diese sollten so abgestimmt sein, dass der jeweilige Weg mindestens bis zur anvisierten Trennfrequenz, besser noch eine Oktave darüber hinaus, einen linearen Frequenzgang erreicht. Die Trennung bei der G2 erfolgt bei 1,2 kHz, so dass der Tieftöner, falls möglich, bis 2,4 kHz linear eingestellt wird und der Hochtöner ab 600 Hz. Beides bedeutet nicht, dass die Wege dort auch noch betrieben werden sollen. Die eigentliche und zuletzt eingestellte Trennung bleibt selbstverständlich bei 1,2 kHz. Im nächsten Schritt folgt nun die Delay-Anpassung, mit der der frühere Weg soweit verzögert wird, bis die Phasenlage im Bereich der Trennfrequenz möglichst gut übereinstimmt. Das bedeutet nicht nur eine Übereinstimmung des Wertes bei der Trennfrequenz, sondern auch der Steilheit in diesem Bereich. Idealerweise sollte die Phase für beide Wege in einem Bereich von ± 1 Oktave um die Trennfrequenz den gleichen Verlauf aufweisen. Ist das mit der Delay-Anpassung alleine nicht zu erreichen, was meistens der Fall ist, dann können noch Allpassfilter zur Hilfe genommen werden. Allpassfilter fügen

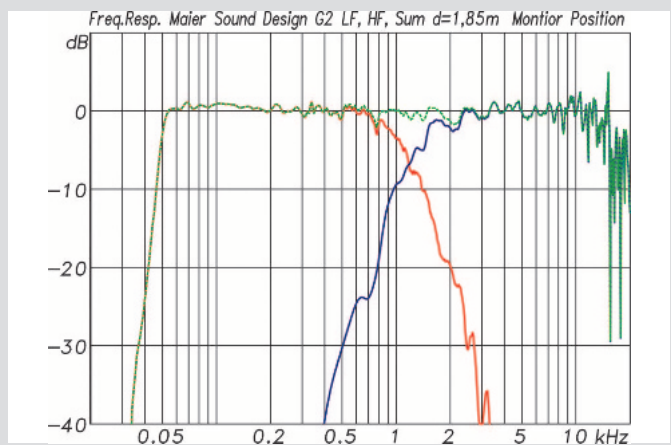
eine zusätzliche Phasendrehung von 180° für einen Allpass 1. Ordnung oder 360° für einen Allpass 2. Ordnung ein, ohne dabei die Amplitude zu beeinflussen. Nach dieser Abstimmung sollten die Amplitude und die Phase der beiden Wege in einem weiten Bereich von ± 1 Oktave um die Trennfrequenz weitgehend gleich verlaufen. Final können jetzt Hoch- und Tiefpassfilter der X-Over-Funktion gesetzt werden. Welche Steilheit und welche Charakteristik man wählt, ist jetzt völlig frei, da die Filter auf ein quasi ideales System treffen, bei dem sich beide Wege immer richtig addieren. Neben den bekannten Linkwitz-Riley- oder Butterworth-Filtern besteht jetzt auch die Möglichkeit linearphasige FIR-Filter einzusetzen, die jedoch eine geringe – aber dennoch vorhandene – Grundlatenz erzeugen.

Wie das alles in allem für die G2 aussieht, findet sich in den folgenden Abbildungen. Abb. 7 zeigt zunächst die kompletten Filterfunktionen inklusive X-Over bei 1,2 kHz mit einer Linkwitz-Riley-Funktion mit 24 dB/Oct. Steilheit. Zusätzlich wurde noch ein Butterworth-Hochpassfilter 4. Ordnung bei 44 Hz zum Schutz der Tieftöner vor zu tiefen Signalanteilen weit unterhalb der Abstimmfrequenz des Bassreflexgehäuses gesetzt.

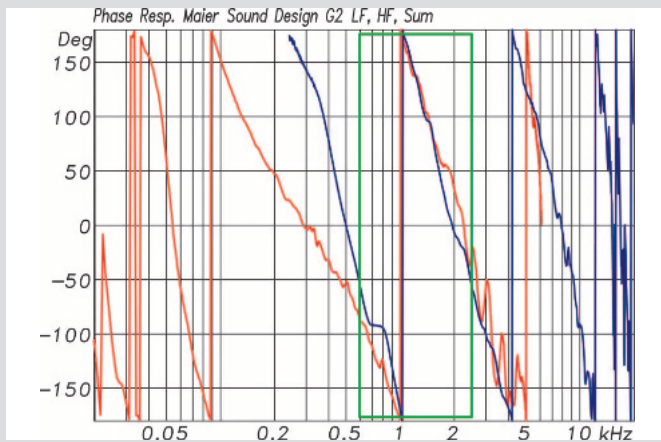
Das damit erzielte Ergebnis zeigt Abb. 8 mit Tiefton- und Hochtonweg sowie deren Summenfunktion. Die Addition



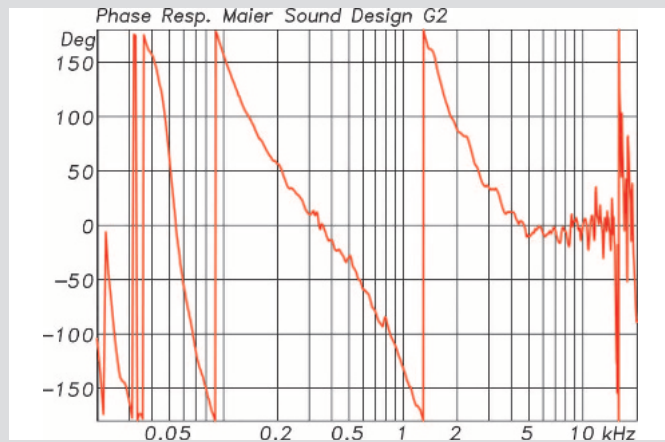
Controller Frequenzgänge für den Tief- (rot) und Hochtöner (blau). Die Übergangsfrequenz liegt bei 1,2 kHz. (Abb. 7)



Gesamtresultat aus Controller und Lautsprechern. In rot der Tieftöner, in blau der Hochtöner und in grün gestrichelt die Summenfunktion. Beide Kurven addieren sich im Übergangsbereich bei 1,2 kHz perfekt. (Abb. 8)



Phasengänge für Tief- und Hochtöner mit Controller. Hier erkennt man die Basis für die saubere Addition der beiden Wege im Übergangsbereich (grün). Die Phase läuft über jeweils mehr als eine Oktave über- und unterhalb der Trennfrequenz nahezu perfekt übereinstimmend. (Abb. 9)

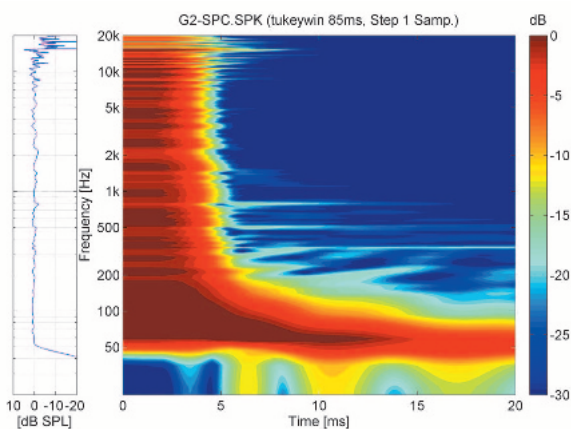


Phasengang der G2 im Ganzen mit 360° Phasendrehung im Übergangsbereich und $2 \times 360^\circ$ am unteren Ende durch den elektrischen und akustischen Hochpass (Abb. 10)

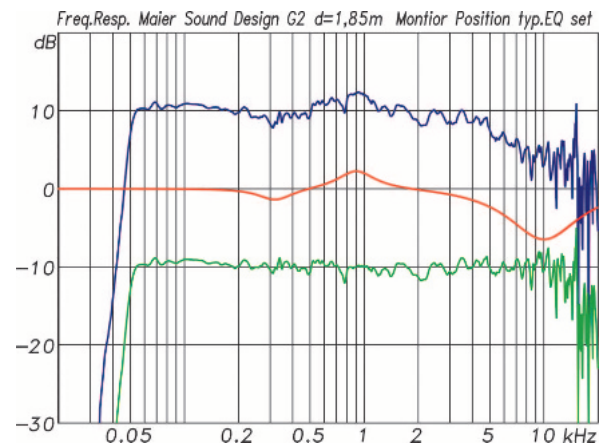
entdecken oder auch die Leistungsfähigkeit der einzelnen Wege zueinander einschätzen.

Abb. 16 zeigt die Messergebnisse für maximal 3 % und maximal 10 % Verzerrungen. Die 10 %-Kurve liegt bis auf die

Randzonen weitgehend in einem Bereich von 125 bis 130 dB. Zum Vergleich sind zusätzlich noch die Sensitivity-Kurven der beiden Wege eingezeichnet. Für jeden der beiden Tieftöner lässt der Limiter eine maximale Dauerleistung von 800 W (+29 dB) zu und für den Hochtöner von 160 W (+22 dB).



Spektrogramm der G2 ohne erkennbare ernsthafte Resonanzen (Abb. 11)



EQ-Einstellungen der G2 als Monitor für „flat“ (grün) und mit einem typischen Wunsch-EQ (rot) für den Bühnengebrauch (blau) (Abb. 12)

Filter und Limiter einstellen

im Übergangsbereich gelingt perfekt. Warum das so ist, erklärt Abb. 9 mit den zugehörigen Phasengängen. Die Phasen der beiden Wege laufen über jeweils mehr als eine Oktave über- und unterhalb der Trennfrequenz nahezu perfekt übereinstimmend. Abb. 10 liefert dazu abschließend noch den Phasengang der G2 insgesamt mit 360° Phasendrehung im Übergangsbereich und $2 \times 360^\circ$ am unteren Ende durch den elektrischen und akustischen Hochpass jeweils 4. Ordnung. Der Verlauf entspricht dem einer typischen Zweiwege-Bassreflexbox mit korrekter Delay-Anpassung.

Sind alle Filter festgelegt, dann bleibt noch die wichtige Frage der Limiter-Einstellungen. Unter audiophilen Gesichtspunkten haben diese zwar zunächst keine Bedeutung, wird es aber auf der Bühne Ernst, d. h. dauerhafter Betrieb im Grenzlastbereich, dann kommt den Limitern eine entscheidende Bedeutung zu. Um diese einstellen zu können, bedarf es der entsprechenden Herstellerangaben. Für die 12"-Tieftöner gibt der Hersteller 400 W für den 2-Stunden-AES-Test mit 6 dB Crestfaktor Noise an. Die 400 W sind hier ein Average-Power (RMS) Wert, der sich aus dem Effektivwert der angelegten Spannung berechnet. Eine weitere Herstellerangabe ist der Continuous-Power-Handling-Wert mit 800 W. Nähere Erläuterungen dazu, wie die-

ser Wert definiert ist, gibt es aber leider nicht. Eine mögliche Interpretation wäre es, die 800 W als maximale Leistung für einen kurzen Zeitraum zu betrachten und die 400 W für die genannte zwei Stunden Dauer nach AES. Blicken wir jetzt auf die Endstufe, dann beträgt die maximale Ausgangsspannung ca. $180 V_{pk}$. Fährt man diese mit einem typischen 12 dB Crestfaktor-Signal voll aus, dann beträgt der RMS-Wert $45 V_{eff}$, was einer Leistung von 250 W an 8 Ohm entspricht und somit unkritisch ist. Trotzdem bedarf es natürlich auch eines wirksamen RMS-Limiters, der eine Überlastung bei stark komprimierten Signalen verhindert. Eingestellt wurde letztendlich ein Wert für den Thermo-Limiter des Tieftöners von $56,6 V_{eff}$ entsprechend 400 W an 8 Ohm und 800 W für zwei Treiber an 4 Ohm. Die Zeitkonstante dazu wurde auf den Maximalwert von zehn Minuten gesetzt. Ein zweiter RMS-Limiter mit einer wesentlich kürzeren Zeitkonstanten wurde auf $80 V_{eff}$ und somit auf 1.600 W an 4 Ohm eingestellt. Der Peak-Limiter begrenzt die Spitzenwerte auf $180 V_{pk}$. Für den Hochtöner wurde der Thermo-Limiter des Lautsprechers auf $25,3 V_{eff}$ entsprechend ca. 80 W an 8 Ohm gesetzt und der Kurzzeit RMS-Limiter auf 160 W. Die vielen verschiedenen Werte und deren teilweise nicht ganz klare Festlegung zeigen bereits die Problematik bei der Einstellung der Limiter.

Für Musik- und Sprachsignale mit einem Crestfaktor von 10 bis 20 dB ist immer der Spitzenwert der limitierende Faktor und nicht der Mittelwert der Leistung. Neben der vorab erläuterten Maximalpegelbestimmung mit Sinusburst, führen wir daher noch eine zweite Messung mit Multitonsignalen durch, die für die Praxis aussagekräftigere Werte liefert. Die Basis des Anregungssignals besteht aus 60 Sinussignalen mit Zufallsphase, deren spektrale Gewichtung beliebig eingestellt werden kann. Für die nachfolgenden Messungen wurde eine Gewichtung entsprechend eines mittleren Musiksignals (grüne Kurve) gewählt. Der Crestfaktor des so synthetisierten Messsignals, der das Verhältnis vom Spitzenwert zum Effektivwert beschreibt, liegt bei praxisgerechten 12 dB. Im Unterschied zu einer Messung mit einem Pinknoise-Signal erlaubt diese Messmethode auch eine Auswertung der Verzerrungsanteile im Messsignal. Um den Verzerrungsanteil zu bestimmen, werden alle Spektrallinien aufaddiert, die nicht im Anregungssignal vorhanden sind (d. h. die als harmonische Verzerrungen oder auch als

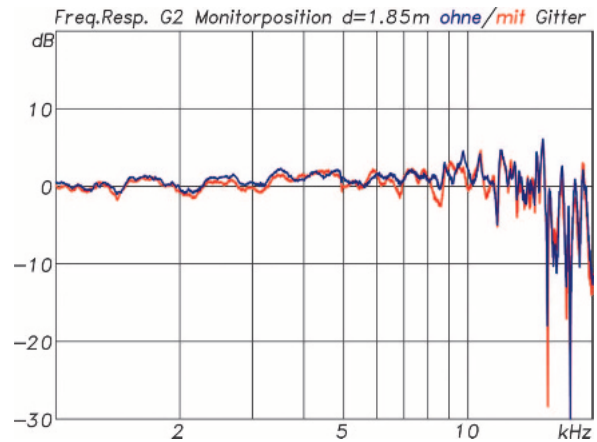
Intermodulationsverzerrungen hinzugekommen sind). Wichtig ist es dabei zu beachten, die Frequenzen des Anregungssignals so zu generieren, dass sie nicht mit den harmonischen Verzerrungsanteilen zusammenfallen, da sie sonst nicht mehr ausgewertet werden könnten. Bei dieser Art der Messung wird der Pegel so lange erhöht, bis der Gesamtverzerrungsanteil einen bestimmten Grenzwert erreicht, der hier auch bei 10 % festgelegt wurde. Unter diesen Bedingungen erreichte die G2 für ein typisches Musikspektrum nach EIA-426B bezogen auf 1 m Entfernung einen Spitzenpegel von 138 dB. Der Mittelungspegel lag bei 126 dB.

Mit Werten von 126 dB bezogen auf 1 m dürfte die G2 immer hinreichende Reserven haben. Selbst in 4 m Entfernung werden so immer noch 114 dB als L_{eq} erreicht, wo man sich kaum vorstellen kann, dass diese jemals auf der Bühne gebraucht werden. Die großen Reserven, die der G2-Monitor bereithält, auch wenn sie nicht direkt benötigt werden, bieten natürlich



Bestückung der G2 bei abgenommenem Gitter

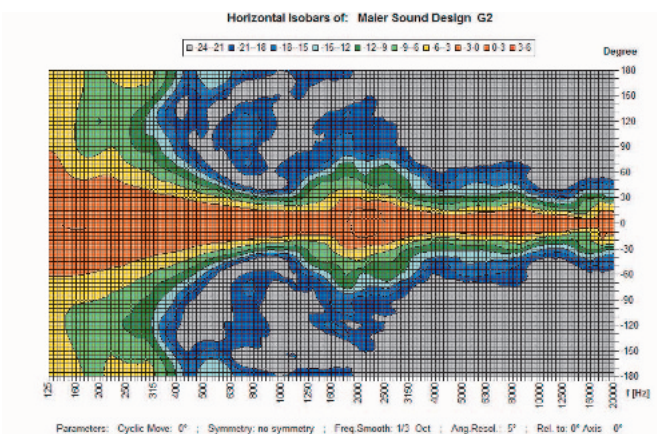
viel Headroom und eine verzerrungsarme Wiedergabe, wo andere Monitore dann schon an ihrer Leistungsgrenze arbeiten. Dank der auch durchaus respektablen Basswiedergabe könnte man sich auch bereits einen Einsatz am Schlagzeug vorstellen, ohne dass direkt zwingend ein zusätzlicher Subwoofer bemüht werden müsste. Gleiches gilt für den Einsatz als DJ-Monitor, wo es auch schon mal etwas lauter und kräftig im Bass sein darf.



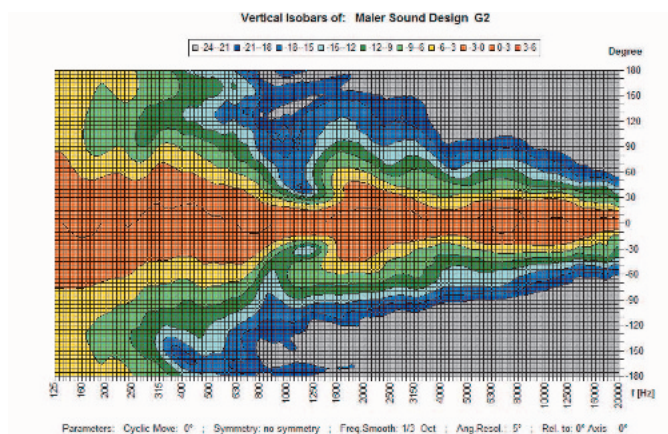
Ohne (blau) und mit (rot) Gitter gemessener Frequenzgang im Hochtonbereich – der Einfluss des Gitters fällt dank seiner hohen Durchlässigkeit sehr gering aus (Abb. 13)

Fazit

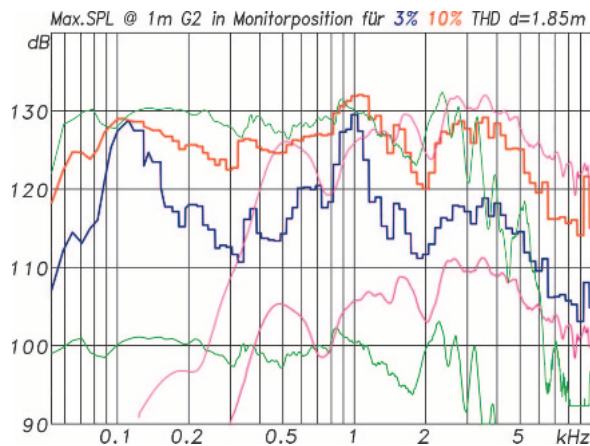
Mit dem G2 Monitor als Zwillingen für Bild und Ton bietet Maier Sound Design eine rundum gelungene Eigenentwicklung an, die nicht nur das geschickte Positionieren des Bildschirms auf der Bühne erlaubt, sondern auch noch einen echten Hochleistungsmonitor in kompakter Bauform hervorbrachte. Auch wenn sich das In-Ear-Monitoring weit



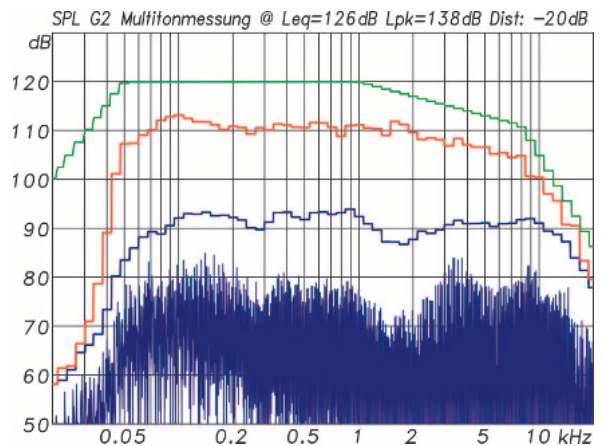
Horizontale Isobaren der G2 mit einem nominellen Öffnungswinkel von 45°, der über einen weiten Frequenzbereich erreicht wird, bei 2 kHz gibt es eine leichte Aufweitung (Abb. 14)



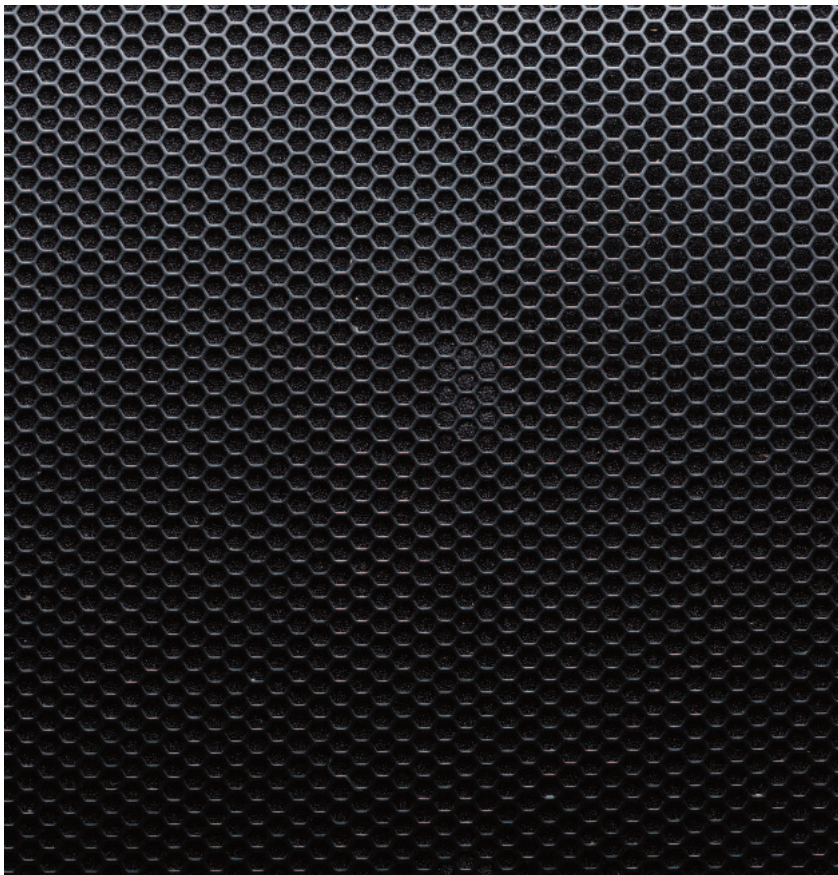
Vertikale Isobaren der G2 mit einem nominellen Öffnungswinkel von 75°, im Übergangsbereich bei 1,2 kHz kommt es unweigerlich zu einer schmalen Einschnürung (Abb. 15)



Maximalpegelmessung für maximal 3% (blau) und 10% (rot) THD. Dazu die Sensitivity-Kurven der Tieftöner (grün) und des Hochtöners (rosa) für 2,83 V / 1 m und für die maximal vom Limiter zulässige Leistung entsprechend hoch geschoben (Abb. 16)



Multitonmessung mit einem EIA-426B Spektrum und 12 dB Crestfaktor, bei maximal 10% Verzerrungen wird ein Mittelungspegel L_{eq} von 126 dB erreicht und ein Spitzenpegel L_{pk} von 138 dB (Abb. 17)



Akustisch durchlässiges Gitter, beim TFT-Monitor ersetzt durch einen aufwändig geformten und eleganten Metallrahmen

verbreitet hat und ohne Frage viele Pluspunkte bietet, gibt es immer noch reichlich Anwendungen, wo ein kräftiger Bodenmonitor gefordert ist. Meist sind die Anforderungen dann auch entsprechend hoch gesteckt: Kompakt und flach in der Bauform, absolut betriebssicher, klanglich neutral mit guter Basswiedergabe, gerne voll aktiv und natürlich in allen Lagen hinreichend laut. Genau das erfüllt der G2 Monitor mit Bravour. Die Ausführung des Gehäuses und die Verarbeitungsqualität erfüllen ebenfalls höchste professionelle Ansprüche und das alles zu einem durchaus angenehmen Preis von 2.790 € netto. Hinzu kommen noch „eine Hälfte“ (zwei Kanäle) einer Crown I-Tech HD 4x3500 und ein optionales Case, das man bei Maier Sound Design für zwei Boxen für 590 € netto anbietet. Die TFT-Version liegt bei 2.190 €.