

Whitepaper zum Standlautsprecher LS 3g

Willibald Bauer und Joachim Gerhard, November 2018
Bauer Audio, Pollinger Straße 4, 81377 München

Zielsetzung und Hintergrund

Der Drei-Wege-Standlautsprecher LS 3g von Bauer Audio ist der Nachfolger der 2014 eingeführten LS 3. Ziel war es, einen hochwertigen, vermarktbareren Lautsprecher für den Heimgebrauch zu entwickeln, der Musik natürlich und verzerrungsfrei wiedergibt. Darüber hinaus sollte sich der Lautsprecher durch ein schlichtes, ansprechendes Design auszeichnen.

Die LS 3g unterscheidet sich in folgenden Punkten vom Vorgängermodell:

- geschlossenes Gehäuse (statt Gehäuse mit Bassreflexöffnung)
- Tieftöner von der Marke SB Acoustics (statt von Peerless)
- geringfügige Veränderungen des Gehäuseinneren

Gehäuseform

Bei konventionellen Lautsprecherboxen werden die Treiberchassis in der Regel auf der als Schallwand dienenden Gehäusefront montiert. Frequenzen, deren Wellenlänge kleiner ist als die Breite bzw. Höhe der Schallwand, werden halbkugelförmig in Richtung Hörplatz abgestrahlt; die Schallenergie wird dadurch vergleichsweise effizient genutzt.

Allerdings ergibt sich bei der Platzierung von Tieftönern auf einer schmalen Gehäusefront folgendes Problem: Frequenzen, deren Wellenlänge größer ist als die Breite bzw. Höhe der Schallwand, werden eher kugelförmig abgestrahlt und

kommen mit deutlich reduzierter Energie am Hörplatz an.

Durch die Platzierung der beiden Tieftöner an den großflächigen Seiten des LS-3g-Gehäuses wird ein deutlich größerer Frequenzbereich halbkugelförmig abgestrahlt, der Wirkungsgrad im betroffenen Frequenzbereich erhöht. Dieser technische Kunstgriff ermöglichte es uns, die Front des Gehäuses schmal zu halten, was für den Mittel- und Hochton wiederum von Vorteil ist: Beugungseffekte werden zu den hohen Frequenzen hin verschoben, sodass ein breites, gleichmäßiges Rundstrahlverhalten gewährleistet wird.

Die Kanten des Mittel-/Hochton-Moduls sind gefast. Dies reduziert Auslöschungen und Erhöhungen, die durch Interferenz der an den Kanten gebeugten Wellen mit der ursprünglichen Wellenfront verursacht werden.

Die Höhe des Gehäuses wurde so gewählt, dass der für die Ortung wichtige Mittel-/Hochtonbereich auf Ohrhöhe ist, wenn der Zuhörer sitzt. Durch den Abstand zum Boden werden zudem unerwünschte Reflexionen vermieden.

Innenaufbau

Bei einer konventionellen Lautsprecherbox führen die Auslenkung der Treiber und der Schalldruck im Inneren der Box dazu, dass das Gehäuse vibriert. Die Vibrationen liegen in einem Frequenz- und Amplitudenbereich, der die Hochtonwiedergabe verzerren kann; außerdem wird aufgrund der Vibrationen unerwünschter Schall abgestrahlt.

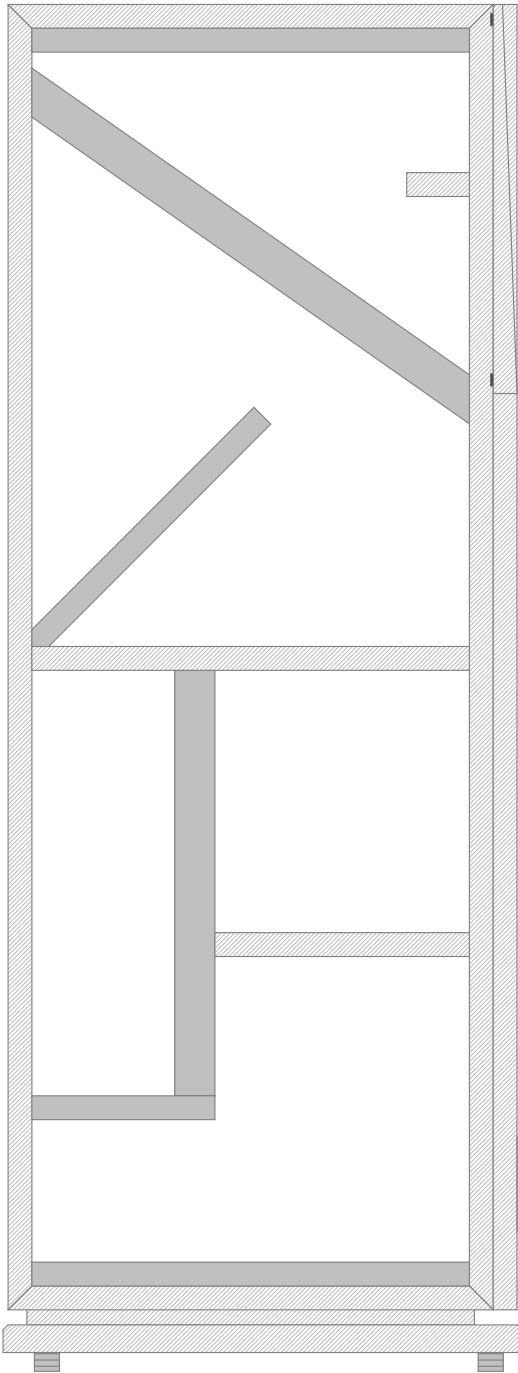


Abbildung: Querschnitt des Gehäuses

Um diese Probleme zu minimieren, haben wir das Gehäuse der LS 3g in drei Kammern unterteilt. Mittel- und Hochtöner sitzen in einer dreieckigen Kammer im oberen Drittel der Box. Die Dreieckform bietet höchste Stabilität und hat den Vorteil, dass die Rückwand nicht parallel zur Schallwand steht, sodass Reflexionen zeitlich verteilt werden. Dadurch wird weniger Dämmmaterial benötigt, was den Wirkungsgrad erhöht.

Eine horizontale Verstrebung zwischen Hoch- und Mitteltöner stabilisiert die Platte, auf die das Mittel-/Hochton-Modul aufgesetzt wird.

Das Mittel-/Hochton-Modul bildet ein Subsystem, das nach Ausbau der Treiberchassis abgenommen werden kann. So können Mittel- und Hochtöner mitsamt der Schallwand ausgewechselt werden, falls im Zuge der Modellpflege neue Chassis mit anderen Abmessungen erhältlich werden. Um Vibrationen zu reduzieren, ist das Modul mithilfe einer Dichtung vom Gehäuse entkoppelt.

Die zweite Kammer beherbergt die beiden Tieftöner, von denen einer an der linken, der andere an der rechten Gehäuseseite montiert ist. Durch die Auslenkung der Treiber wirken sehr hohe Kräfte auf das Gehäuse, die zu starken Vibrationen führen. Da die beiden Tieftöner in Phase arbeiten, jedoch um 180° zueinander versetzt montiert sind, löschen sich die unerwünschten Kräfte zu einem Großteil aus. Das Ergebnis ist eine deutliche Reduktion von Vibrationen.

Die dritte Kammer an der Rückseite des Gehäuses beherbergt die Frequenzweiche und schützt diese vor Vibrationen, die zu Mikrofonie-Effekten führen könnten. Nach dem Lösen der Schrauben kann die Weiche für Updates oder Wartung ohne großen Aufwand entnommen werden.

Sockel

Der Sockel der LS 3g ist für die Verwendung von wahlweise drei oder vier Füßen ausgelegt. Drei Füße erleichtern die Installation, vier Füße verringern die Kippgefahr. Die Füße können ohne Werkzeug in der Höhe justiert werden.

Treiberchassis

Die drei verwendeten Treibertypen stammen von SB Acoustics. Die Kalotte des 25-mm-Hochtöners ist aus einer Aluminiumlegierung gefertigt und mit einer Keramikschicht versehen, um die Festigkeit zu erhöhen. Die hohe Festigkeit bewirkt, dass sich die Kalotte auch im oberen Frequenzbereich kolbenförmig bewegt – eine Voraussetzung für natürliches Timbre und Ausklingen. Darüber hinaus sorgt die starke Krümmung der Kalotte für eine Verschiebung der Partialschwingungen in den nicht hörbaren Bereich.

Der Hochtöner verfügt über einen Diffusor, um das Rundstrahlverhalten zu verbessern, und die spezielle Form und Größe der Hochtönerkammer erweitert den Frequenzbereich nach unten, was die Konstruktion der Frequenzweiche erleichtert.

Der 100-mm-Mitteltöner besitzt eine sehr leichte, vergleichsweise kleine Papiermembrane, was Impulsverhalten und Rundstrahlverhalten verbessert.

Anders als bei den meisten Treiberchassis von SB Acoustics weist die Aufhängung des Mitteltöners eine vergleichsweise hohe innere Dämpfung auf. Vorteil der hohen Dämpfung sind geringe Verzerrungswerte, Nachteil ist ein minimaler Verlust an Details und Mikrodynamik im obersten Arbeitsbereich des Treibers, was durch die niedrige Übernahmefrequenz zum Hochtöner jedoch abgefangen wird.

Der Aluminiumkonus des 150-mm-Tieftöners ist geometrisch verstärkt, um Partialschwingungen

vorzubeugen und eine kolbenförmige Auslenkung zu gewährleisten.

Der Spulenträger des Tieftöners ist aus Glasfaser gefertigt, um die Dämpfung zu reduzieren, und belüftet, um eine 600-Hz-Resonanz zwischen der Staubschutzkalotte und dem Luftspalt zu eliminieren.

Die Verwendung von zwei kleinen Tieftönern anstelle eines größeren Tieftöners mit derselben Gesamtmembranfläche bietet ein günstigeres Verhältnis von Antrieb zu Masse. Kleinere Membranen können schneller beschleunigt und abgebremst werden, was zu besserem Impulsverhalten führt. Sie sind bei gleicher Materialstärke zudem steifer als große und bringen daher weniger Eigenklang mit sich. Schließlich verkraften zwei Schwingspulen doppelt so viel Leistung wie eine; das Ergebnis ist eine gesteigerte Dynamik.

Frequenzweiche

Häufig begnügen sich Entwickler mit einer Weichenkonstruktion, die lediglich auf einem Punkt einer Referenzachse – etwa in einem Meter Entfernung auf Höhe des Hochtöners – einen linearen Frequenzgang ermöglicht. Uns war es wichtig, eine möglichst gleichmäßige dreidimensionale Abstrahlung zu erzielen. Dabei spielen die äußere Gestalt der Box, Eigenschaften und Position der Treiberchassis sowie die Wahl der Trennfrequenzen eine entscheidende Rolle.

Um günstige Voraussetzungen zu schaffen, haben wir Treiber gewählt, die weit über die gewählten Trennfrequenzen hinaus sehr linear, breitbandig und verzerrungsfrei arbeiten und sich über den akustisch wirksamen Bereich nahezu perfekt kolbenförmig bewegen.

Eine niedrige Trennung von Tief- und Mitteltöner hat den Vorteil, dass ein Großteil der für die Ortung wichtigen Frequenzen auf den Bereich des Mitteltöners fallen. Andererseits können bei einer

zu niedrigen Trennfrequenz Verzerrungen und Kompressionen auftreten. Als optimal sahen wir deshalb eine Trennfrequenz von 250 Hz an.

Eine niedrige Trennung von Mittel- und Hochtöner bewirkt, dass der Frequenzbereich, in dem der Mitteltöner stark bündelt und zu Partial-schwingungen neigt, vermieden wird. Andererseits wird der Hochtöner durch eine niedrige Trennfrequenz stark belastet. Unsere Hörtests und Messungen haben eine optimale Übernahmefrequenz von 2.500 Hz ergeben; sie gewährleistet einen sauberen Übergang und beugt sowohl Verzerrungen als auch Kompressionseffekten vor.

Für beide Übergänge wurde ein akustischer Allpassfilter 2. Ordnung nach Garde gewählt – die flachste Weiche, bei der alle Chassis über den gesamten Frequenzbereich in Phase sind und somit für eine horizontal und vertikal gleichmäßige Abstrahlung sorgen. Ein weiterer Vorteil dieser Weiche ist ein Gütefaktor von nur 0,5 im Übernahmebereich (kritische Dämpfung), durch den ein ausgezeichnetes Impulsverhalten erzielt wird.

Einen akustischen Filter 1. Ordnung haben wir von vornherein ausgeschlossen: Er würde bei der von uns realisierten Treiberanordnung zu starken Interferenzen in vertikaler Richtung führen. Außerdem würden höhere Frequenzen der Tieftöner nicht ausreichend unterdrückt und Mittel- sowie Hochtöner im unteren Arbeitsbereich stark belastet, was wiederum Verzerrungen und Kompressionen mit sich brächte.

In der Weiche kommen ausschließlich Bauteile der Marke Mundorf zum Einsatz. Dabei haben wir nicht einfach die jeweils teuerste Variante gewählt, sondern jedes Bauteil nach dem im Gesamtkonzept resultierenden Klang ausgesucht. Die Bauteile, speziell die Spulen, sind so angeordnet, dass sich die Magnetfelder nicht gegenseitig beeinflussen. Die Spulen sind um 90° zueinander versetzt und mindestens 20 mm vonei-

inander entfernt. So kann zum Beispiel ein Bassimpuls nicht durch induktive Kopplung in den Hochtöner einwirken.

Die Weiche wirkt auf den ersten Blick groß und komplex, es sind jedoch nur wenige Bauteile in Serie mit den Chassis: Vor den Bässen befindet sich eine niederohmige Bandspule auf einem I-Kern, vor dem Mitteltöner ein verlustarmer EVO-Kondensator in Parallelschaltung und eine Bandluftspule. Vor dem Hochtöner befinden sich ein EVO-Ölkondensator und ein nicht magnetischer Supreme-Widerstand in Serie. Die restlichen Bauteile liegen parallel und dienen der Impedanzkorrektur.

Technische Daten

Prinzip	geschlossener Drei-Wege-Standlautsprecher mit schmaler Schallwand und Push-Push-Basssystem
Treiberchassis	25-mm-Aluminiumkalotte 100-mm-Hartpapierkonus mit Doppelmagnet 2 x 150-mm-Aluminiumkonus
Belastbarkeit	60 Watt RMS
Impedanz	4 Ohm (Minimum 3 Ohm)
Kenschalldruck	89 dB/2,8 Volt/1 m
Frequenzgang	32 Hz bis 25 kHz (-3 dB, hörraumabhängig)
Frequenzweiche	akustischer Allpassfilter 2. Ordnung nach Garde
Übergangsfrequenzen	250 Hz und 2.500 Hz
Abmessungen	1040 x 171 x 410 mm (H x B x T) ohne Sockel 1095 x 311 x 415 mm (H x B x T) mit Sockel und Füßen
Gewicht	30 kg