

SONDERSERIE ZUM 60JÄHRIGEN JUBILÄUM
560GTi/660GTi
COMPETITION LAUTSPRECHERSYSTEME



BEDIENUNGSANLEITUNG

SEIT MEHR ALS 60 JAHREN FERTIGT JBL®

PRODUKTE, DIE EINDRUCKSVOLL UNSERE FUNDIERTE TECHNISCHE KOMPETENZ UND UMFANGREICHE ERFAHRUNG ALS FÜHRENDE MARKE DER PROFESSIONELLEN TONWIEDERGABE BELEGEN, EINDRUCKSVOLL. DER NAME JBL IST MITTLERWEILE SPRICHWÖRTLICH FÜR DEN UNVERWECHSELBAR DRUCKVOLLEN, MIT VOLLER NATÜRLICHKEIT WIEDERGEgebenEN KLANG, DEN MAN AN DEN BERÜHMTESTEN ORTEN WELTWEIT ZU HÖREN BEKOMMT - IN CLUBS UND KINOS UND SELBSTVERSTÄNDLICH AUCH ÜBERALL DORT, WO ES UM LIVE-SOUND GEHT: VON KONZERTSÄLEN BIS ZU DEN GRÖSSTEN FREILUFTVERANSTALTUNGEN. LAUTSPRECHER VON JBL SIND FÜR ALLE KONZIPERT, DIE KEINE KOMPROMISSE EINGEHEN WOLLEN - OB IM STUDIO, ZU HAUSE ODER UNTERWEGS.

VON ALLEN BESTANDTEILEN EINES AUDIOSYSTEMS HABEN DIE LAUTSPRECHER DEN GRÖßTEN EINFLUSS AUF DIE KLANGQUALITÄT. DIE WAHL DER RICHTIGEN LAUTSPRECHER ENTSCHIEDET DAHER LETZTLICH ÜBER DEN PERFEKTEN SOUND. WIE KANN EIN MARKTFÜHRER WIE JBL LAUTSPRECHER BAUEN, DIE SO VIELE ANSPRUCHSVOLLE BENUTZER GLÜCKLICH MACHEN? BRANCHENWEIT FORTSCHRITTLICHSTE TESTAUSRÜSTUNG. MODERNSTE MESSVERFAHREN, UND EINE MANNSCHAFT BESTENS GESCHULTER MACHEN ES MÖGLICH. SO LÄSST SICH DIE KLANGLICHE LEISTUNG JEDES JBL LAUTSPRECHERS MIT WISSENSCHAFTLICHER GENAUIGKEIT SOWOHL QUANTITATIV MESSEN ALS AUCH QUALITATIV BEURTEILEN. DAS ERGEBNIS ÜBERTRIFFT DIE ERWARTUNGEN SELBST UNSERER ANSPRUCHSVOLLSTEN KUNDEN: MIT DER VORSTELLUNG UNSERER NEUEN LAUTSPRECHERSYSTEME COMPETITION 560GTI UND 660GTI HABEN WIR FÜR DIE KLANGWIEDERGABE IN FAHRZEUGEN VÖLLIG NEUE QUALITÄTSMASSSTÄBE GESETZT.



INHALT

EINLEITUNG	2
LAUTSPRECHERENTWICKLUNG BEI JBL - WISSENSCHAFT UND JBL-TECHNIK	4
LEISTUNGSMERKMALE	6
SYSTEMKONZEPTION	10
TECHNISCHE DATEN	11



Lasergestützte Schwingungsmessung in ECHTZEIT per FFT-Analyse. Diese richtungsweisende Technik tastet mithilfe von Infrarot-Laserimpulsen zeilenweise die Membranoberfläche des Lautsprecher-Chassis ab und analysiert die Reflexionen per Computer. Bei dieser Analyse erhält man eine dreidimensionale grafische Darstellung der Membranbewegungen. Die entstehenden Membranverformungen, die zu Frequenzgangabweichungen führen, lassen sich dabei genauestens beobachten. Auf diese Weise kann man Form und Zusammensetzung der Membranwerkstoffe verbessern und somit sicherstellen, dass sich die Membran im gesamten verfügbaren Frequenzbereich wie ein starrer Kolben bewegt, was zu einem gleichmäßigen, glatten Frequenzverlauf führt.

JBL NUTZ WISSENSCHAFTLICHE METHODEN ZUR KONSTRUKTION VON LAUSPRECHERN

BEI JBL ERFOLGT DIE ENTWICKLUNG EINES LAUSPRECHERS IM WESENTLICHEN IN DREI STUFEN:

Die computergestützte Konstruktion und Gestaltung (CAD), der Bau von Versuchsmustern sowie umfangreiche Tests dieser Prototypen. Auf jeder dieser Entwicklungsstufen werden JBL Lautsprecher gründlich getestet und bewertet, um sicherzustellen, dass die Serienprodukte mit größter Vollkommenheit funktionieren.

Schon zu Beginn eines jeden Entwurfs werden sämtliche Leistungsziele festgelegt und zudem die Abmessungen so gewählt, dass diese den Erfordernissen einer Serienfertigung optimal entgegenkommen. Zu diesen Leistungsvorgaben gehört auch der größtmögliche Schalldruck (Sound Pressure Level = SPL), das heißt: Hiermit wird festgelegt, welche Lautstärke das System im Grenzbereich seiner Belastbarkeit erzielen soll. Anhand des Maximalschalldrucks bestimmen wir, wieviel Verstärkerleistung benötigt wird, um die Belastbarkeitsgrenze des Lautsprechers zu erreichen und legen dementsprechend seine gewünschte Belastbarkeit fest. Der Wirkungsgrad, auch Empfindlichkeit genannt, gibt an, wieviel Schalldruck die jeweils zugeführte elektrische Signalstärke erzeugt. Zu den Zielvorgaben gehört natürlich auch der angestrebte Frequenzumfang. Diese Vorgabe enthält nicht nur den allgemeinen Schalldruckverlauf von der unteren bis zur obersten Grenzfrequenz, sondern legt auch fest, wie weit schmalbandige Überhöhungen und Einbrüche (Spitzen und Senken) von diesem Frequenzgang abweichen dürfen – also die gewünschte Linearität. Schließlich werden die gewünschten Thiele/Small-Parameter festgelegt, die angeben, wie sich das Lautsprecher-Chassis nach dem Einbau in die vorgesehene Anwendungsumgebung unterhalb seiner Bassgrenzfrequenz verhält – sei es in einem handelsüblichen Lautsprechergehäuse oder in entsprechenden Einbaubuchten im Fahrzeug (z. B. in der Türfüllung). Durch sorgfältige Analyse all dieser Vorgaben erhält man Werte für den Membranhub und die Wärmeableitung, welche nötig sind, um den gewünschten Frequenzgang bei maximalem Schalldruck und größtmöglicher Eingangsleistung zu erzielen. Anhand dieser Informationen konzipieren unsere Techniker dann die Antriebseinheit mit den dazu erforderlichen technischen Daten und Maßen.

COMPUTERGESTÜTZTES KONSTRUIEREN UND GESTALTEN

In dieser Entwicklungsphase werden am Bildschirm detaillierte technische Zeichnungen der Chassis-Konstruktion erstellt. Die fertige Zeichnung wird als Datei in ein Analyseprogramm importiert. Bei JBL werden die Leistungseigenschaften für die Antriebseinheit des Lautsprecher-Chassis und seiner bewegten Teile durch eine ausführliche Finite-Elemente-Analyse (FEA) erarbeitet. Bei der FEA-Methode wird das Computermodell des Lautsprechersystems in Tausende kleiner Bestandteile aufgegliedert, um dann anhand der jeweiligen Form und der Werkstoffe, aus denen diese Elemente gefertigt werden, deren Leistungsmerkmale vorherzusagen. Hierbei wird die Antriebseinheit anhand einer FEA der magnetischen und thermischen Parameter untersucht. Durch diese Analyse sorgen wir nicht nur für ein möglichst symmetrisches Magnetfeld, um Verzerrungen zu minimieren, sondern auch für die nötige Feldstärke zur linearen Auslenkung der bewegten Teile sowie zur wirkungsvollen Wärmeableitung, die für eine hohe Belastbarkeit erforderlich ist. Die gesamte bewegte Funktionseinheit – bestehend aus der Membran, dem Schwingspulenträger, der Schwingspule, der Zentriersicke sowie der vorderen Membransicke – wird anhand strukturierter FEA untersucht. Auf diese Weise können die Ingenieure alle Bewegungsabläufe genau erfassen und deren Symmetrie sicherstellen, um somit größtmögliche Verzerrungsfreiheit zu erreichen. Diese Analyse ermöglicht es auch, die richtige Elastizität der Zentrier- und Membransicke festzulegen, um für die erforderlichen Rückstellkräfte zu sorgen und vollkommene Klangreinheit auch bei größtem Membranhub sicherzustellen.

BAU EINES VERSUCHSMUSTERS (PROTOTYPING)

Nach Abschluss der computergestützten Konstruktionsschritte werden in Handarbeit erste Prototypen gebaut, wobei die Metallteile feinmechanisch hergestellt und an Chassis-Körben befestigt werden, die ihrerseits mit Hilfe stereolithografischer Werkzeuge gefertigt sind. Die stereolithografische Fertigungseinheit (SLA) formt den Chassis-Korb anhand eines computer-gesteuerten Laserstrahls in einem Tauchbad, das mit einer Kunststofflösung gefüllt ist. Nachdem der Chassis-Korb den letzten Schliff erhalten hat und die Werkzeuge für die Massenproduktion fertiggestellt und voll funktionsfähig sind, werden die ersten Serienmuster montiert.

DIE HÖRTESTS

Bei JBL scheuen wir keinen Aufwand zum Testhören von Lautsprechern. Prototypen und Vorserienmuster werden zunächst im schalltoten Raum anhand von MLS (Maximum Length Sequence = Folgen maximaler Länge) sowie durch Auswertung gleitender Sinustöne auf ihren Frequenzgang und einheitliches Verhalten überprüft. Durch die Analyse von Sinustönen lassen sich harmonische Verzerrungen messen, die maßgeblich die Klangreinheit eines Lautsprechers beeinflussen. MLS misst, wie eine Zufallsfolge impulsförmiger Frequenzen (ähnlich weißem Rauschen) von einem Lautsprecher wiedergegeben wird, um festzustellen, wie genau Einschwingvorgänge abgebildet werden: z. B. Paukenschläge, Klavierstakkato, gezupfte Saiteninstrumente, Schlagzeug. Die Ergebnisse des Impulsverhaltens werden einer hochauflösenden Frequenzgangmessung unterzogen, bei der ein spezielles mathematisches Verfahren eingesetzt wird, nämlich die Schnelle Fourier-Transformation (Fast Fourier Transformation = FFT). Anhand der lasergestützten Echtzeitmessung von Schwingungen ermittelt man, wie sich bewegten Teile eines Lautsprechers als Gesamtstruktur verhalten. Mit Hilfe des Klippel-Analysators messen wir die magnetische Feldsymmetrie während des Betriebs. Eine genaue Auswertung all dieser Messungen ergibt exakt den Ort und die Ursache unerwünschter Resonanzen und Verzerrungen bei der Klangiedergabe, so dass die Techniker gezielt die Konstruktion ändern können, um diese Mängel zu beheben.

Ist die Konstruktion abgeschlossen, wird die Belastbarkeit der Serienmodelle ermittelt, indem man ihnen definiert gefilterte Oktavbänder mit Rosa Rauschen bei Nennleistung zuführt – und zwar 100 Stunden lang. Sie haben richtig gelesen: volle 100 Stunden! In unserem Testlabor für Anwendungsumgebungen mit Serienmustern führen wir schließlich gezielte Langlebigkeitsprüfungen durch, und zwar gemäß den strengen Anforderungen der Fahrzeugindustrie. In der allerletzten Phase unserer umfangreichen Tests ist das kritischste Messinstrument an der Reihe, über das wir verfügen, nämlich unser Gehör. In unzähligen Hörtests hören wir den Lautsprechern genauestens zu... und hören.. und hören.



Der Klippel Analyzer: Dieses revolutionäre Messsystem – eine Entwicklung der Klippel GmbH (Dresden) – teilt die von Wandlern (z.B. Lautsprechern) erzeugten Verfälschungen in zwei unterschiedliche Kategorien ein: Zum einen Verfälschungen bzw. Verzerrungen, die von der Antriebseinheit des Chassis erzeugt werden und zum anderen solche, die durch die Membranaufhängung entstehen (Sicken). Durch Analyse der symmetrischen und linearen Merkmale der Messergebnisse können die Ingenieure bei JBL wirksame Maßnahmen gegen fast jede Art von Klangverfälschung treffen. Die Besonderheit des Klippel-Analysators: Er liefert absolut genau sämtliche Thiele-Small-Parameter – selbst bei größter Belastung der Lautsprecher-Chassis.



Schalltote Messräume: Die schallschluckenden unserer aufwändigen, schalltoten Messräume Innenwandauskleidungen absorbieren den Schall bei jeder Frequenz im Hörbereich. In einer solchen Messumgebung können unsere Techniker klangkritische Details im Verhalten eines Lautsprechers zuverlässig beurteilen, und zwar ungestört von jeglichen Umgebungsgeräuschen oder Schallreflexionen aus dem Hörraum.

Ein Testlabor für alle Betriebsbedingungen und Anwendungsfälle: Im Praxistestlabor bei JBL werden die Lautsprecher extremer Kälte und Hitze, besonders hoher Luftfeuchtigkeit und starker Trockenheit ausgesetzt. Außerdem müssen sie intensive UV-Strahlung und härteste Rütteltests überstehen. Diese Praxistests simulieren die Belastungen in den denkbar ungünstigsten Einsatzbedingungen wirklichkeitsnah.

DIE TECHNIK DER GTI COMPETITION LAUTSPRECHERSYSTEME:

EIN BESONDERS VERFÄLSCHUNGSFREIES TIEFBASS-CHASSIS

Verzerrungen – also Schall, der nicht zum Originalsignal gehört und den Klang verfälschen – sind die größten Hemmnisse für optimale Tonqualität. Schlimmstenfalls bewirken Verzerrungen einen rauen, unangenehmen Klangeindruck. Als Resultat von Verzerrungen werden die Mitten trübe, Gesangsstimmen kommen matschig oder topfig, und musikalische Feinheiten bleiben verborgen. Wir bei JBL haben mehr Praxiserfahrungen im Kampf gegen solche Verzerrungen als jeder andere Hersteller – und das hört man. Mit den Lautsprechersystemen der Reihe GTi Competition erhalten Sie die verzerrungsfreiesten Tieftöner an, die JBL jemals gebaut hat.

Verzerrungen kann ein Lautsprechersystem nicht nur durch seine Membran sowie seine Antriebseinheit und deren Aufhängung erzeugen, sondern sogar durch die Luftbewegungen im Chassis. Bei der Entwicklung der Tieftonsysteme 560GTi und 660GTi haben unsere Ingenieure wirklich alle denkbaren Ursachen berücksichtigt – sogar jene, an die sonst keiner denkt. So sind Chassis-Korb, Polabdeckung und Schwingspulenenträger mit großzügig bemessenen Belüftungsöffnungen versehen. Sie verhindern selbst geringste Verzerrungen, die von der bewegten Luft im Chassis-Korb hervorgerufen wird. Die ultrasteife Bassmembran aus Kevlar® verhindert unerwünschte Membranverformungen, also Teilschwingungen (auch modale Verzerrungen genannt), die gerade im Mitteltonbereich zu scharfen Überhöhungen oder Einbrüchen im Frequenzverlauf führen können. Zentrier- und Membransicke sind so konstruiert, dass ihre Auslenkungen in beide Richtungen völlig linear verlaufen, was die aufhängungsbedingten Verzerrungen auf ein Mindestmaß senkt. Die Polplatte besitzt eine Kappe sowie einen Ring (beide aus Massivkupfer) zur Stabilisierung des magnetischen Flusses, die zusammen einen glatten Verlauf der Schwingspulenimpedanz in allen Betriebs- und Belastungszuständen herbeiführen auch damit Verzerrungen auf ein Minimum begrenzen. Obendrein befindet sich dank der extra hohen Schwingspule selbst bei größtem Hub stets dieselbe Anzahl von Windungen im Magnetspalt. Hierdurch werden Verzerrungen sowohl bei tiefen Frequenzen als auch bei deren harmonischen Vielfachen auf ein Mindestmaß beschränkt – und selbstverständlich auch bei besonders lauten Einschwingvorgängen (z.B. Tuttischläge von großen Orchestern, lautes Schlagzeug). Das Ergebnis: kristallklare Mitten, knackige Tiefmittelton-Wiedergabe ohne jegliches wahrnehmbares Überschwingen oder Nachschwingen sowie ein glatter Frequenzgang, der keinerlei Korrekturen durch Frequenzweichen benötigt.

- 1. Druckausgleichsöffnungen hinter der Zentriersicke:** Minimieren Verzerrungen bedingt durch mechanische Geräusche.
- 2. Zentriersicke aus Nomex®:** Lineare Rückstellkraft über den gesamten Auslenkungsbereich.
- 3. Membransicke aus Nitril-Butylgummi:** besonders langlebig.
- 4. Polplattenabdeckung aus Massivkupfer:** Bewirkt gleichbleibende Impedanz über den gesamten Auslenkungsbereich der Schwingspule und reduziert dadurch Intermodulationsverzerrungen. Sorgt für kristallklare Stimmwiedergabe und saubere Mitten – selbst bei lautstarken Basspassagen.
- 5. Strömungsgünstig verrundete und polierte Polöffnung:** Diese rückwärtige Druckausgleichsöffnung sorgt für verwirbelungsfreie Luftbewegung. Sie minimiert durch mechanische Geräusche bedingte Verzerrungen.
- 6. Neodym-Magnet:** Erzeugt besonders dichten magnetischen Fluss. Lässt außerdem mehr Platz für größere Antriebskomponenten aus Stahl, so dass reichlich Wärmeableitungsmasse für die Schwingspule bereitsteht.
- 7. Belüftungsöffnungen zur Kühlung des Magnetspalts:** Sorgen für kühlenden Luftstrom über der Schwingspule und vergrößern daher deren elektrische Belastbarkeit.
- 8. Ring zur magnetischen Fluss-Stabilisierung:** Bewirkt eine umfassende Stabilisierung des statischen Magnetfeldes und sorgt zusammen mit der Kupferplatte für geringstmögliche Schwingspulenimpedanz beim Eintauchen der Schwingspule.
- 9. Schwingspule:** Besonders hohe Schwingspule (5 cm) aus hochkant gewickeltem Aluminiumflachdraht, die an beiden Enden weit über den Magnetspalt hinausragt und durch ihren extralangen Hub die Tieftonfähigkeiten hörbar verbessert. Weniger Tiefton-Verzerrungen und größere Belastbarkeit.
- 10. Schwingspulenenträger mit Belüftungsöffnungen:** Minimiert Verzerrungen, die durch mechanische Geräusche entstehen.
- 11. Signalzuführungs-Kontakte mit Feststellschrauben:** Garantiert zuverlässigen Kontakt höchster Qualität.
- 12. Membran und Staubschutzkalotte aus Kevlar®:** Die ultrasteife Staubschutzkalotte sowie die gesamte Membran bestehen aus Kevlar – ergibt glatten Frequenzverlauf, da keine Verformungen und somit auch keine Teilschwingungen entstehen können.
- 13. Chassis-Korb aus Aluminium-Druckguss:** Enorm formstabile Basis für die Antriebseinheit und die bewegten Wandlerbestandteile.

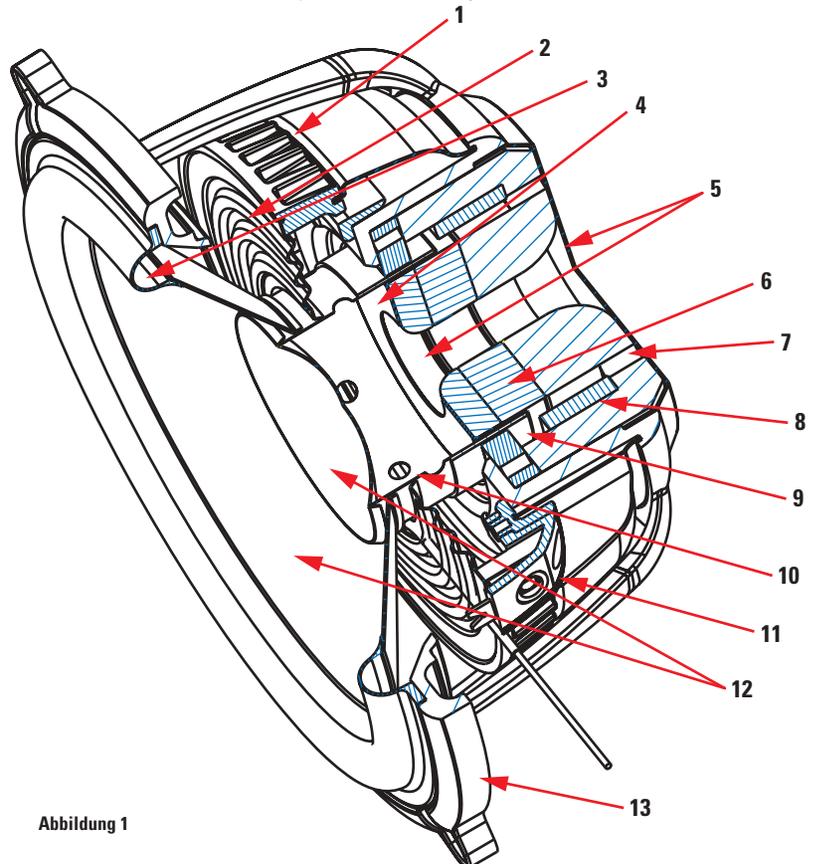


Abbildung 1

HOCHTÖNER, SCHALLFÜHRUNGEN UND OPTIMALER FREQUENZGANG

Der vom Lautsprecher erzeugte Schall breitet sich bei tiefen Frequenzen anders aus als bei hohen. Sind die Töne so tief, dass ihre Wellenlänge den Membrandurchmesser überschreitet – also jenen Bereich, indem die Membran wie ein starrer Kolben schwingt – wird der Schall kugelförmig in alle Richtungen abgestrahlt. Je höher jedoch die Frequenz, umso mehr wird die Schallverteilung gebündelt. Bei Tonfrequenzen, deren Wellenlänge etwa fünfmal kleiner ist als der Membrandurchmesser, verengt sich der Verteilungswinkel dermaßen, dass aufgrund der extrem gebündelten Abstrahlung außerhalb der Richtmittellachse kaum noch Hochtöne zu hören sind. Diese Gesetzmäßigkeit gilt für jedes derzeit übliche Lautsprecher-Chassis. Bei der Konstruktion von Mehrwegesystemen müssen daher diese Bedingungen für jedes Chassis entsprechend berücksichtigt werden. Erschwerend kommt hinzu, dass im Bereich der Übergangsfrequenzen zwischen einem großflächigen Tiefton-Chassis und einem kleinen Hochtöner sich die Systeme umgekehrt verhalten: Wo der Tieftöner bündelt, verbreitert sich der Abstrahlbereich des Hochtöners (siehe Abbildungen 2 und 3). Kein Wunder, wenn ein Mehrwegesystem, bei dessen Entwicklung nur Frequenzgangmessungen auf der Abstrahl-Mittelachse gemacht wurden, ganz schauerhaft klingen kann. Untersucht man den Frequenzgang von Lautsprechern, die auf diese Weise gebaut wurden, zeigt sich abseits der Abstrahl-Mittelachse im Bereich der Übergangsfrequenz eine deutlicher Abschwächung des Schalldruckverlaufs – und zwar dort, wo der Woofer eine starke Richtwirkung entfaltet (siehe Abbildung 4).

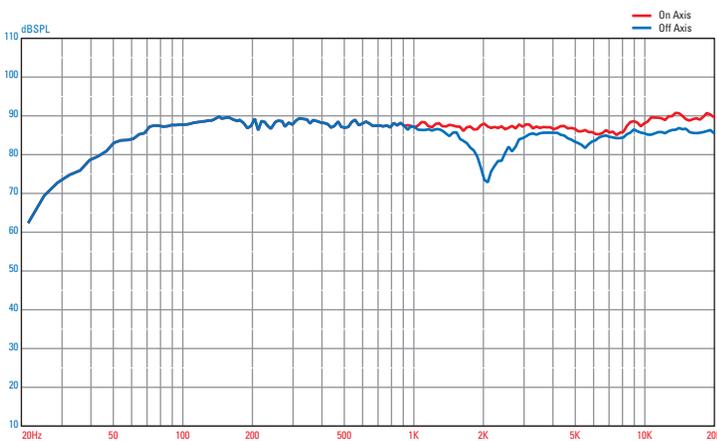


Abbildung 4. Frequenzgänge eines herkömmlichen Mehrwege-Lautsprechersystems auf Achse und außerhalb.

Immer, wenn wir in geschlossenen Räumen einen Lautsprecher betreiben, hören wir eine Mischung von Schallwellen. Sie besteht zum einen Teil aus Direktschall, der vom Lautsprecherchassis kommt (Frequenzgang auf Mittelachse). Hinzu kommen Schallanteile, die von allen Richtungen außerhalb der Mittelachse eintreffen – sie entstehen durch Reflexion an Raumbegrenzungen (Wände, Fenster, Türen) und Einrichtungsgegenständen. In großen Hörräumen sind Wände und Möbel oft weiter als einen Meter vom Lautsprechergehäuse entfernt – deshalb kommen Raumreflexionen meist weniger laut beim Hörer an als der Direktschall. Somit besteht in geschlossenen Räumen der von uns vernommene Klang innerhalb dieses „Hörfensters“ (Erläuterung: siehe Abbildung 13 auf Seite 10) vor allem aus dem Direktschall. Wenn auch nachrangig gegenüber dem Direktschall, so ist der von außerhalb der Mittelachse eintreffende Schallanteil dennoch sehr wichtig für den klanglichen Gesamteindruck eines Lautsprechers.

Bei der Klangwiedergabe in Fahrzeugen sind die Raumbegrenzungen sehr viel näher am Lautsprecher, so dass die Reflexionen ähnlich laut beim Hörer ankommen wie der Direktschall. Hinzu kommt, dass die reflektierenden Flächen im Auto so nahe sind, dass unser Gehör den Direktschall nicht mehr so deutlich von den Reflexionen unterscheiden kann – diese treffen nämlich in sehr viel kürzerer Zeit nach dem Direktschall ein als in Wohnräumen. Somit haben Raumreflexionen in einem Fahrzeug einen besonders großen Einfluss auf das Klangerlebnis. Da es natürlich kaum praktikabel wäre, Form oder Größe eines Fahrzeugs so zu verändern, damit sich die Reflexionen weniger stark auswirken, ist es sinnvoller, die Frequenzverläufe der Lautsprecher auf Achse und abseits der Mittelachse einander so anzugleichen, dass wir einen reinen und ausgewogenen Klang erhalten.

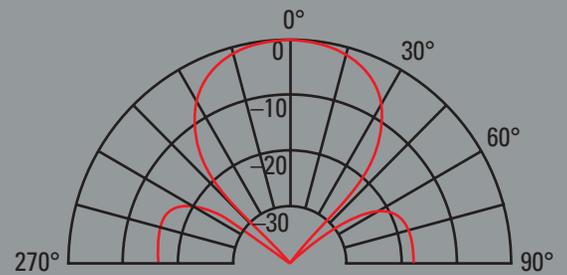


Abbildung 2. Schallabstrahlverteilung eines Tieftöners im Bereich der Übergangsfrequenz.

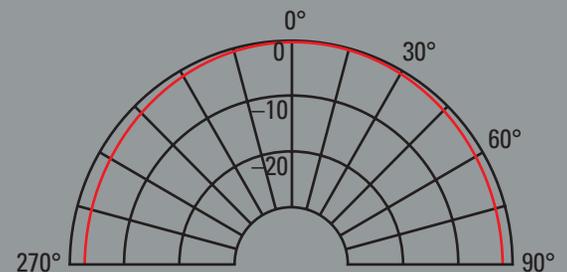


Abbildung 3. Schallabstrahlverteilung eines Hochtöners im Bereich der Übergangsfrequenz.

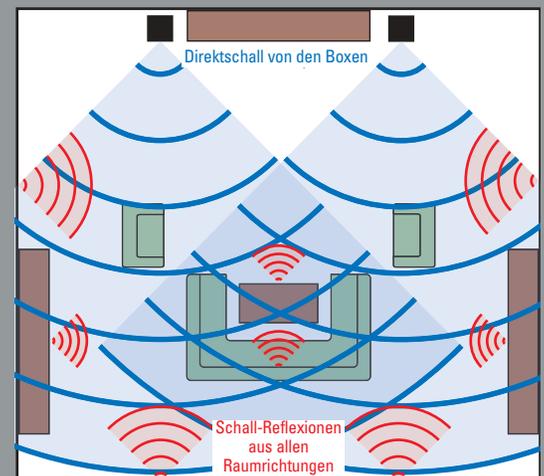


Abbildung 5. Reflektierter Schall erreicht den Hörplatz mit geringerer Lautstärke, da die Raumbegrenzungen vom Lautsprecher und vom Hörer verhältnismäßig weit entfernt sind.

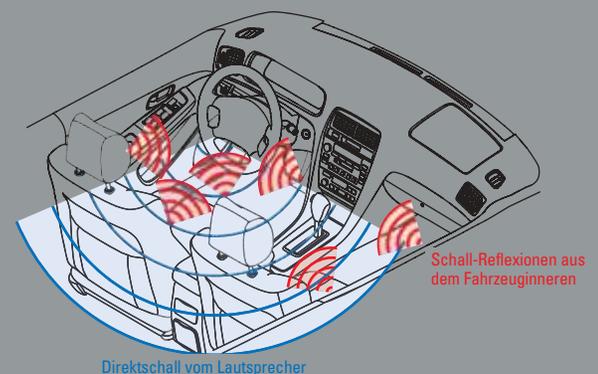


Abbildung 6. Die Schallreflexionen im Fahrzeug sind fast so laut wie der Direktschall, weil sich die Raumbegrenzungsflächen erheblich näher am Lautsprecher und bei den Hörern befinden.

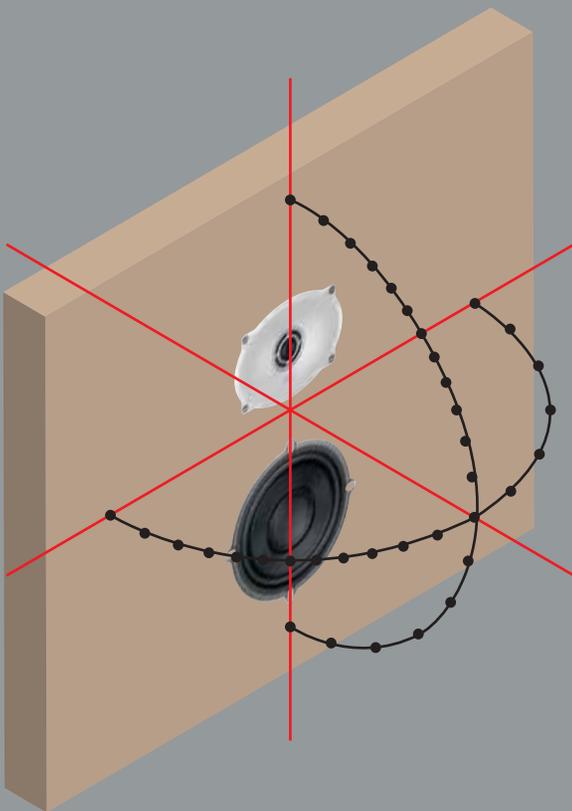


Abbildung 7. Messung in 10-Grad-Schritten auf Kreisbögen waagrecht und senkrecht bezogen auf die Abstrahl-Mittelachse.

DER RICHTWIRKUNGS-INDEX (DIRECTIVITY INDEX = DI) WIE MESSEN WIR DAS VERHÄLTNISS ZWISCHEN DEM FREQUENZGANG AUF AXHE UND DEM VON AUSSERHALB DER ABSTRAHLMITTE?

Der Richtwirkungs-Index (DI) errechnet sich aus dem Verhältnis der gemessenen Schallintensität im jeweiligen Hörfenster zur durchschnittlichen Intensität der aus allen anderen Richtungen aus dem Raum eintreffenden Schallanteile (Schallstärke). Hierzu messen wir die Schallverteilung des jeweiligen Lautsprechers auf zwei Halbkreisbögen entlang der waagrecht und senkrechten Chassis-Achsen (siehe Abbildung 7). Anhand dieser Messergebnisse bestimmen wir die Größe des bestmöglichen Hörfensters und berechnen die erforderliche Schalldruckleistung des Lautsprechers. Daraufhin vergleichen wir diese Schalldruckleistung mit dem im Hörfenster ermittelten Frequenzgang und erstellen für den Frequenzgang dieses Lautsprechersystems ein Diagramm, das den Richtwirkungs-Index zeigt.

Die obere Kurve in Abbildung 8 stellt den Frequenzgang im Hörfenster dar, die untere Kurve den DI-Verlauf. Im Richtwirkungsdiagramm sieht man den Unterschied zwischen dem Frequenzgangpegel im Hörfenster und dem Schallpegel außerhalb der Mittelachse (Schalldruckleistung). Niedrige Richtwirkungswerte besagen, dass sich der Schall in alle Richtungen gleichmäßig verteilt, wohingegen höhere Werte anzeigen, dass der Schall in Richtung des Hörfensters gebündelt abgestrahlt wird. Wünschenswert ist im Bassbereich ein gleichmäßiger, also linearer Verlauf der Richtwirkung (entspricht im Diagramm einer Geraden), ergänzt durch einen sanften, stetigen Anstieg im Bereich der Übergangsfrequenz, sowie oberhalb davon.

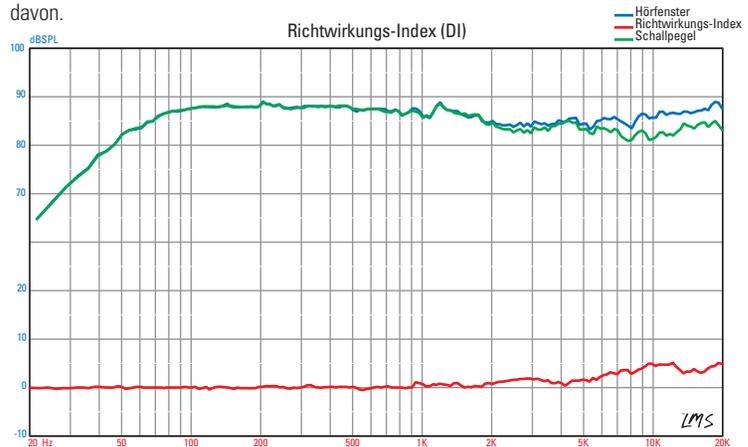


Abbildung 8. Der Richtwirkungsindex errechnet sich aus der Differenz zwischen dem Frequenzgang im Hörfenster und dem Gesamtschallpegel.

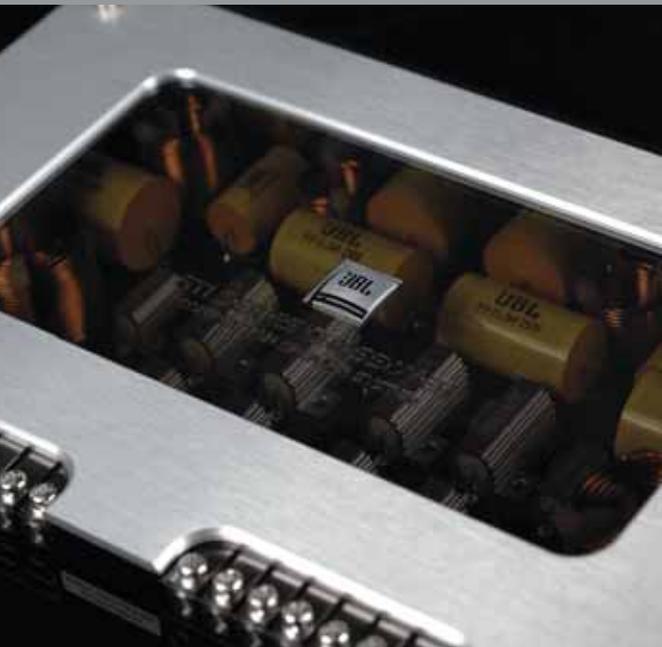
WIE WIR DIE RICHTWIRKUNG DES HOCHTÖNERS GEZIELT BEEINFLUSSEN KÖNNEN: UNSERE SPEZIELL ENTWICKELTEN SCHALLFÜHRUNGSELEMENTE BEWIRKEN ZWEI WESENTLICHE VERBESSERUNGEN DER AKUSTISCHEN EIGENSCHAFTEN BEI DEN LAUTSPRECHERSYSTEMEN DER REIHE GTI COMPETITION.

- Im Bereich der Übergangsfrequenz gleichen die Schallführungselemente das Richtungsverhalten der Hochtöner dem der Tieftöner an, indem die Abstrahlrichtung des Hochtöners auf das Hörfenster gebündelt wird.
- Bei hohen Frequenzen wiederum verringern die Schallführungselemente durch genau dosierte Schallstreuung die Bündelungseigenschaften des Hochtöners. Der sanfte Übergang von der trichterförmigen Mitte des Schallführungselements zu dessen äußeren Rändern sorgt für die gewünschte Schallstreuung.

Aufgrund dieser beiden Maßnahmen erreichen wir, dass der Frequenzgang des Schalls, den die nahegelegenen Oberflächen des Fahrzeuginnenraums reflektieren, dem Frequenzgang im optimalen Hörfenster sehr viel stärker ähnelt. Dadurch klingen solche Lautsprecher in jeder Umgebung hörbar besser.

Die Wirkungsweise einer derartigen Schallführung lässt sich am besten dadurch veranschaulichen, dass man ihre Formgebung als eine Art Transitbereich versteht, durch den der Schall vom Hörfenster in die raumfüllende Abstrahlung übergeht. Das Schallführungselement kann den Klang auf das Hörfenster ausrichten oder in alle Richtungen auffächern.

In seinem untersten Frequenzbereich arbeitet die Membran des Hochtöners kolbenförmig und strahlt somit allseitig mit kugelförmiger Richtcharakteristik in den Hörraum. Währenddessen lenkt die trichterförmige Vertiefung in der Mitte des Schallführungselements (in Abbildung 9 grün hervorgehoben) einen genau dosierten Anteil des abgestrahlten Schalls in den Bereich des Hörfensters. Das verstärkt die Schallabgabe des Hochtöners beim unteren Frequenzbereich innerhalb des Hörfensters und schwächt den Schallpegel außerhalb der Mittelachse.



Dadurch ähnelt das Schallabstrahlverhalten des Hochtöners sehr viel mehr dem des Tieftöners, der an seiner oberen Übergangsfrequenz den Schall ins Hörfenster bündelt. Im Diagramm von Abbildung 9 ist der Frequenzgang im Bereich der Übergangsfrequenz ebenfalls dunkelgrün gekennzeichnet.

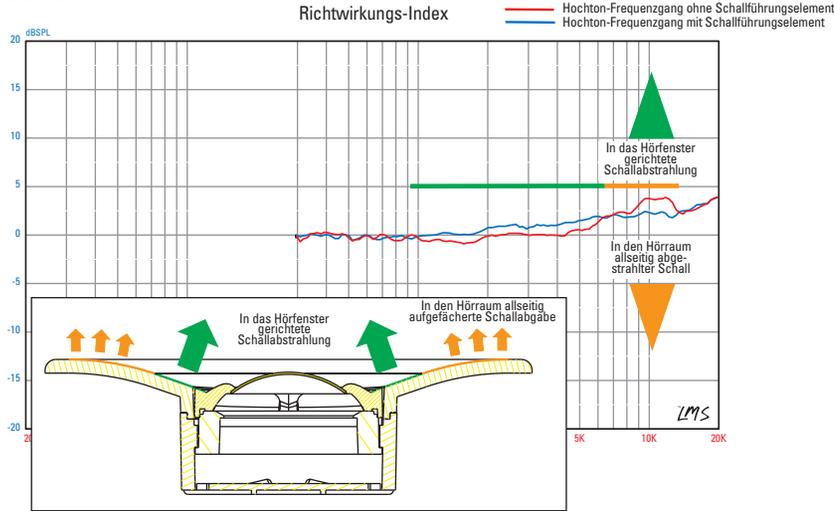


Abbildung 9. Das Schallführungselement sorgt für einen glatten, allmählichen Anstieg der Richtwirkung ab der Übergangsfrequenz und darüber.

Bei höheren Frequenzen verteilt die sanft gewölbte Trichtermündung des Schallführungselements – in der Querschnitt-Zeichnung des Chassis (Abbildung 9) orange hervorgehoben – den Schall in alle Raumrichtungen. Das verstärkt einerseits die hochfrequenten Anteile des Frequenzgangs außerhalb der Mittelachse, senkt andererseits den Direktschallpegel im Hörfenster. Dieser Bereich ist in der Frequenzgangkurve (Abbildung 9) hellgrün markiert. Im Grunde genommen verhält sich die Richtwirkung des Schallführungselements umgekehrt zu den Abstrahleigenschaften der Hochtönmembran, so dass beide zusammen oberhalb der Übergangsfrequenz ein nahezu gleichförmiges Abstrahlverhalten im gesamten Hörbereich des Hochtöners herbeiführen. Bei den allerhöchsten Frequenzen (rechts vom orange hervorgehobenen Bereich) hat das Schallführungselement keinen akustischen Einfluss, weil das Verteilungsmuster kleiner ist, als die Ausmaße der Schallführung.

DIE FREQUENZWEICHE: MEHR ALS NUR EIN KLANGSTELLWERK

Die im Lieferumfang enthaltenen Frequenzweichen für diese Lautsprechersysteme gehen weit über die üblichen Filterschaltungen hinaus. Die Übergangsfrequenzen, Flankensteilheiten und Q-Werte wurden äußerst sorgfältig gewählt, um einen phasenkorrigierten Übergang zwischen Tieftöner und Hochtöner zu erreichen – mit bestmöglich geglättetem Frequenzverlauf auf der Baugruppen-Achse, und zwar im gesamten Hörfenster. Überdies enthält der Hochtönschaltkreis je einen Regler für den Hochtön-Schallpegel und dessen Frequenzgang. Damit lässt sich, je nachdem ob der Einbau mit Schallführungselement erfolgt oder auf herkömmliche Weise, der Frequenzgang im Fahrzeug bequem optimieren.

Für geringstmögliche Verzerrungen und maximale Belastbarkeit werden nur selektierte Kondensatoren, Spulen und Widerstände verwendet. Sättigungseffekte, die bei hoher verstärkerseitiger Eingangsleistung zu Verzerrungen führen können, werden durch den Einsatz von Luftspulen unterbunden. Einen zusätzlichen Beitrag zu den kristallklaren Höhen und zum absolut stabilen Klangbild auch bei größter Lautstärke leisten die verlustarmen Polypropylen-Kondensatoren mit niedrigem Innenwiderstand (Low-ESR = Equivalent Series Resistance) sowie die aus Spezialdraht gewickelten Präzisionswiderstände mit aufgeflossenen Kühlrippen.

Für den Einsatz in Audio-Anlagen, bei denen jedes einzelne Lautsprecher-Chassis von einem separaten Endverstärker gespeist wird, bieten die Frequenzweichen der GTi Competition-Baureihe entsprechende Anschlussklemmen für Bi-Amping. Hinweise zum korrekten Betrieb in Bi-Amping-Systemen finden Sie auf Seite 11 im Abschnitt „Einstellen der Frequenzweiche“.

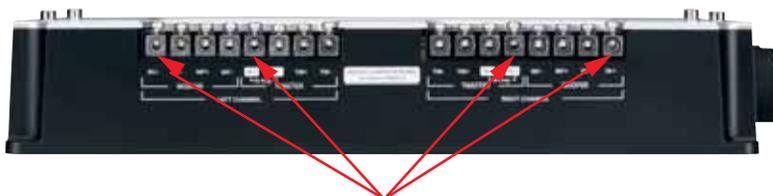


Figure 11. Bi-Amping Anschlüsse



Abbildung 10.

Einstellen des Hochtönpegels

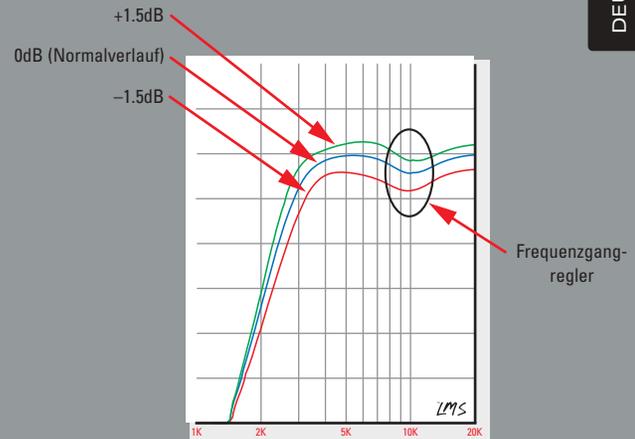


Abbildung 12.



Hochtönpegel- Frequenzgangregler

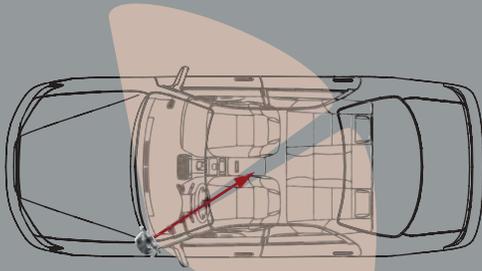


Abbildung 15. Tief- und Hochtöner im Fußraum eingebaut und auf einen Punkt zwischen Fahrer und vorderen Beifahrer ausgerichtet. Die verfügbare Beschallungsfläche wird von zwei getrennten Hörfenstern gebildet.

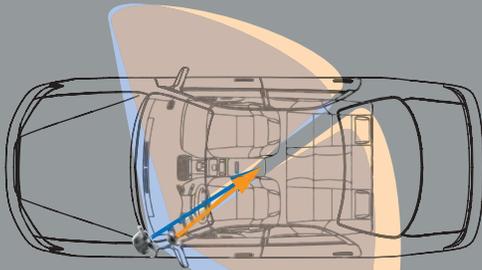


Abbildung 16. Tieftöner im Fußraum eingebaut, Hochtöner in der linken vorderen Dachstrebe (A-Säule) montiert – beide auf einen Punkt zwischen Fahrer und vorderen Beifahrer ausgerichtet. Auch hier wird die verfügbare Beschallungsfläche von zwei getrennten Hörfenstern gebildet.

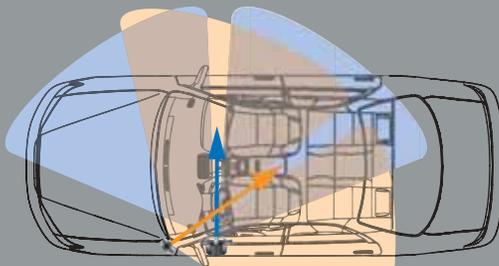


Abbildung 17. Tieftöner in der Türfüllung eingebaut, Hochtöner mit Schallführungselement entweder im Fußraum montiert oder in der A-Säule. Der Tieftöner strahlt quer ins Fahrzeug, während der Hochtöner auf einen Punkt zwischen Fahrer und Beifahrer ausgerichtet ist. Die Tieftonbeschallung erfolgt in einem einzigen Hörfenster. Auch hier wird die verfügbare Beschallungsfläche von zwei getrennten Hörfenstern gebildet.

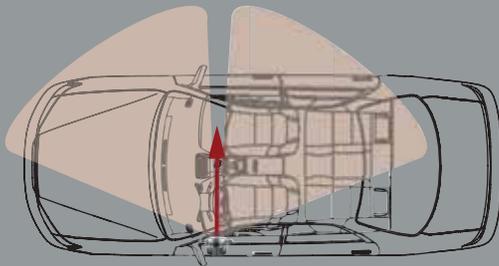


Abbildung 18. Tief- und Hochtöner sitzen beide in der Türfüllung und strahlen quer ins Fahrzeug. Hier liegt die verfügbare Beschallungsfläche in einem einzigen Hörfenster.

AUDIOSYSTEME IM FAHRZEUG MIT JBL LAUSPRECHERN GTI COMPETITION.

Viele Lautsprechersysteme anderer Hersteller sind so konzipiert, dass der optimale Hörbereich auf Mittelachse liegt (0°) und das Hörfenster sich nach allen Seiten jeweils auf 30° Grad auffächert ($\pm 30^\circ$ Grad = Öffnungswinkel insgesamt: 60°). Für Audio zuhause oder Umgebungen, in denen man die Lautsprecher mühelos auf den Hörplatz ausrichten kann, genügt dies vollauf. Im Auto hingegen gestatten die für den Lautsprechereinbau verfügbaren Montagstellungen keineswegs immer eine Anordnung, bei der die Abstrahlmittelachse genau auf den Hörer ausgerichtet werden kann. Meist ist eine mittige Ausrichtung auf zwei Hörplätze überhaupt nicht möglich, da die Einbaustellen zu nahe an den Hörern liegen, um mit einem einzigen 60° -Fenster beide Hörplätze gleichartig zu beschallen. Die Lautsprecherchassis der Reihe GTi Competition sind auf einen Abstrahlkegel ausgelegt, in dem der Mittelmeridian des kuppelförmigen Hörfensters bei 35° liegt und der maximale Öffnungswinkel nach allen Seiten 65° beträgt (siehe Abbildung 13). Folglich sitzen sowohl Fahrer als auch der vordere Beifahrer jeweils im optimalen Hörfenster.

HÖRFENSTER UND EINBAUPLÄTZE WIE SIE DIE BESTE MONTAGEPOSITION FINDEN UND DEN HOCHTÖNER OPTIMAL AUSRICHTEN

Durch den Einsatz der Schallführungselemente und eine sorgfältige Einbauplanung kommt die überlegene Klangqualität der GTi Competition Lautsprechersysteme am allerbesten zur Geltung. Die folgenden Diagramme sowie die Abbildungen links helfen Ihnen dabei, für Tief- und Hochtöner den jeweils günstigsten Einbauplatz zu bestimmen.

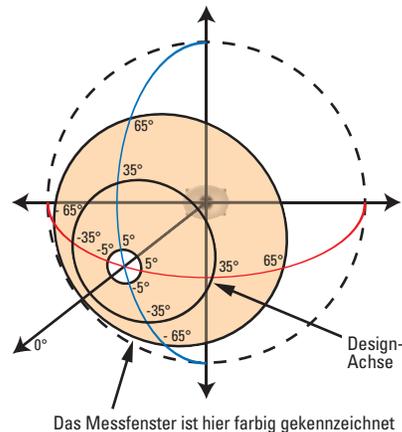


Abbildung 13. Dreidimensionale Darstellung des Hörfensters.

Die farbig hinterlegte Fläche in Abbildung 13 zeigt das Öffnungsfenster (jenen kuppelförmigen Hörbereich, auf den das Schallführungselement ausgelegt ist).

Die kleine Kreisöffnung an der gedachten Kuppelvorderseite auf der 5° -Markierung kennzeichnet die innere Begrenzung des Hörfensters, und der äußere Kreis bei 65° zeigt den maximalen Öffnungswinkel.

Das kleine runde Kugelsegment innerhalb der 5° Markierung wiederum kennzeichnet den Hörbereich auf der Abstrahlmittelachse.

Der Kreis bei 35° (Design-Achse) liegt genau auf dem mittleren Meridian des Hörfensters.

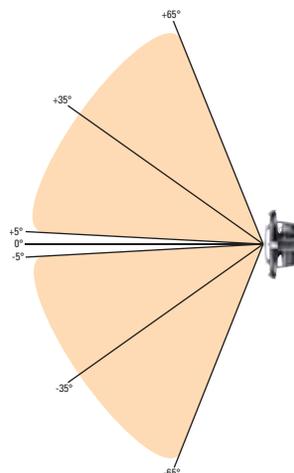


Abbildung 14. Seitliche Ansicht des Hörfensters (zweidimensionale Darstellung).

WAS MAN BEIM EINBAU DES TIEFTÖNERS

UNBEDINGT BEACHTEN SOLLTE:

- Alle Tieftonsysteme benötigen eine massive, verwindungssteife Schallwand – sie muss Vorder- und Rückseite schalltechnisch vollständig voneinander trennen (sog. unendliche Schallwand). Nur so wird ein „akustischer Kurzschluss“ verhindert, der die Basswiedergabe abschwächt.
- Der Tieftöner vom Typ 660GTi kann entweder auf einer unendlichen Schallwand montiert werden oder in einem kleinen, allseitig luftdicht geschlossen Gehäuse, dessen Rauminhalt mindestens 3.680 Kubikzentimeter (rund 3,7 Liter) beträgt oder auch größer sein darf. Für den Tieftöner vom Typ 560GTi sollte das Gehäuse mindestens 2270 Kubikzentimeter (rund 2,3 Liter) groß sein.
- Die Rahmen für die Frontabdeckung der Lautsprecher-Chassis aus der GTi Competition Reihe lassen sich einfach austauschen. Abbildung 19 zeigt, wie man den aus Kohlefaser bestehenden Rahmen austauscht.

WAS SIE BEIM EINBAU DES HOCHTÖNERS UNBEDINGT BEACHTEN SOLLTEN:

- Wenn möglich, immer die Schallführungselemente verwenden.
- Das Schallführungselement benötigt eine Montageöffnung mit 10,16 cm Durchmesser.
- Falls die Schallführungselemente in der A-Säule oder im Fußraum montiert werden, richten Sie bitte die Hochtöner auf einen Punkt zwischen den beiden Vordersitzen aus.

EINSTELLEN DER FREQUENZZWEICHE

- Wenn jedes Chassis von einer eigenen Endstufe versorgt werden soll (Bi-Amping), müssen die Steckbrücken entfernt werden – siehe Abbildung 20.
- Bei Verwendung der Schallführungselemente (engl.: Waveguides) stellen Sie den Schalter bitte auf „Waveguide“.
- Falls Sie die Schallführungselemente nicht verwenden, stellen Sie den Schalter bitte auf „No Waveguide“.
- Nach dem Einbau des Mehrwegesystems stellen Sie den Hochtonpegelregler („Tweeter Level“) so ein, wie es für Ihren Geschmack am besten klingt.

Alle Maße, sowie Schemazeichnungen für Einbau und Verdrahtung sowie eine Tabelle mit den Thiele/Small-Parametern nebst Leistungsdiagrammen finden Sie auf den Seiten 14 bis 19.

TECHNISCHE DATEN



MODELL	560GTi	660GTi
Beschreibung	Professionelles 130-mm-Komponenten-Lautsprechersystem	Professionelles 150-mm-Komponenten-Lautsprechersystem
Spitzenbelastbarkeit (W)	500	600
Dauerbelastbarkeit (W RMS)	125	150
Wirkungsgrad (bei 2,83V Signalspannung):	91	92
Frequenzbereich (Hz)	58–30k	50–30k
Übergangsfrequenz (Hz)	2500	2500
Schwingspuldurchmesser (mm)	50	50
Anschlusswiderstand (Impedanz)	4 Ohm	4 Ohm

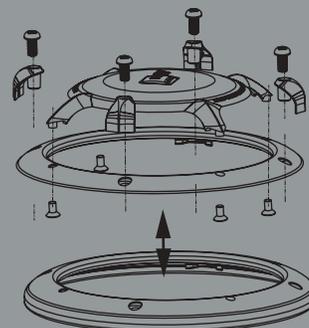


Abbildung 19.

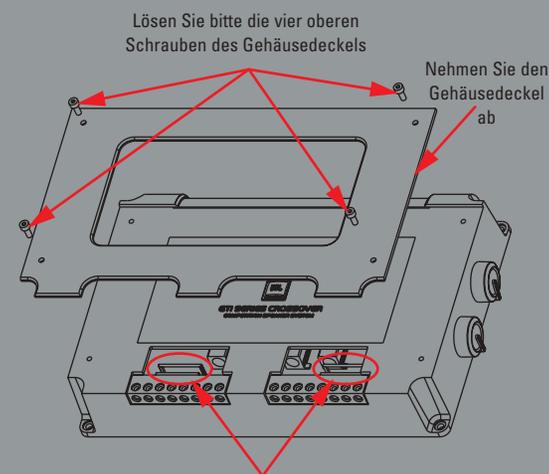


Abbildung 20. Entfernen Sie die Steckbrücken





**THE OFFICIAL BRAND
OF LIVE MUSIC.**

Harman Consumer Group, Inc.
250 Crossways Park Drive, Woodbury, NY 11797 USA
2, route de Tours, 72500, Château du Loir, France
516.496.3400 (USA only)
www.jbl.com

H A Harman International Company

©2007 Harman International Industries, Incorporated.
All rights reserved.

Part No. 560/660GTiOM Printed 3/07

JBL is a trademark of Harman International Industries, Incorporated, registered in the United States and/or other countries.
Vented Gap Cooling is a trademark of Harman International Industries, Incorporated.

Nomex and Kevlar are registered trademarks of E.I. du Pont de Nemours and Company.

Features, specifications and appearance are subject to change without notice.

Designed, edited and digitally produced by Harman Consumer Group Marketing & Design Center, Woodbury, NY, USA.