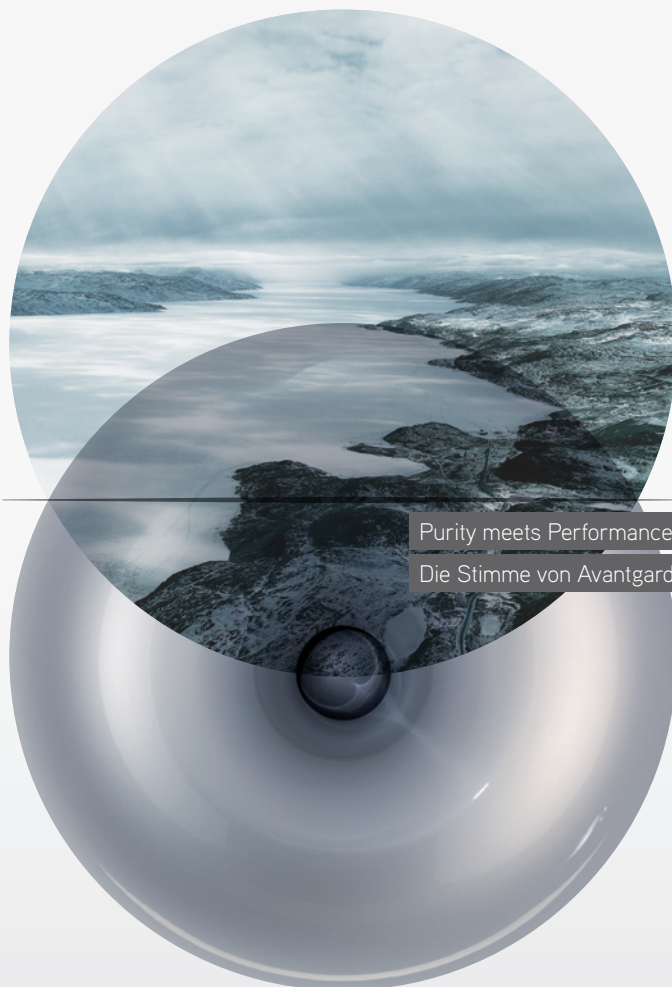


# DAS HORN KOMPENDIUM

Geschichte – Theorie – Technologie



Purity meets Performance

Die Stimme von Avantgarde Acoustic



**avantgarde**  
ACOUSTIC

# DAS HORN KOMPENDIUM

Geschichte – Theorie – Technologie



## DIE GESCHICHTE DES HORNS

Hornlautsprecher sind das physikalisch natürlichste Konzept zur Schallwiedergabe. Ihre Funktionsweise hat auch heute noch unbestrittene Vorteile gegenüber anderen Lautsprechersystemen.

Zum besseren Verständnis dieser Technik finden Sie nachfolgend einen kurzen geschichtlichen Rückblick und die wichtigsten physikalischen Grundlagen des Hornprinzips, zusammengefasst in einem Kompendium.





## DIE ANFÄNGE

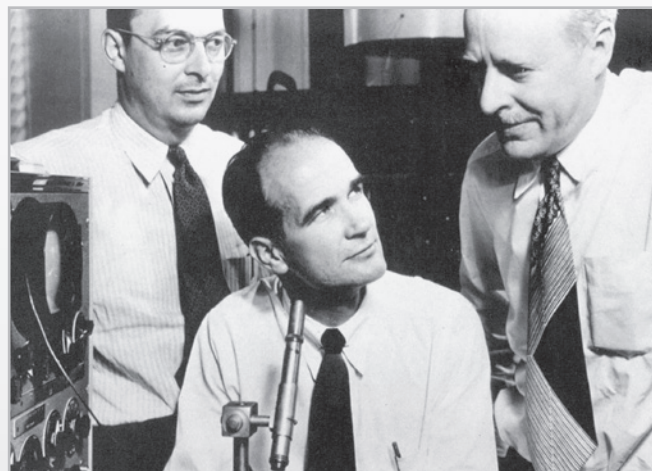
Mehr als 100 Jahre liegt es zurück, dass Emil Berliner erstmals der Öffentlichkeit sein Grammophon vorführte. Der Horntrichter verstärkte die mechanischen Schwingungen der Nadel in der Plattenrinne, so dass sie für das menschliche Ohr hörbar wurden.

Der technischen Pioniertat folgte die Suche nach dem optimal geformten Horntrichter. Ein sehr komplexes Unterfangen, denn wie warnte schon Harry F. Olson, der Audiopionier schlechthin: „The design of a horn loudspeaker is usually a long and tedious task“. Auch Hornpioniere wie Gustavus, Webster, Klipsch und Voigt brauchten Jahrzehnte, um die Gesetze der Horntechnik zu erforschen. 1926 schließlich reichte Paul Voigt das erste Kugelwellenhorn beim britischen Patentamt ein.

Es folgte die Hochphase der Hornlautsprecher. Damalige Röhrenverstärker hatten nur eine geringe Ausgangsleistung und benötigten effiziente, wirkungsgradstarke Lautsprechersysteme. Einzig das Hornkonzept war in der Lage, die geringen Watt-Leistungen wirksam in Schall umzuwandeln.

Berühmte Klassiker unter diesen Konstruktionen waren die „Voice of the Theatre“ der Firma Altec Lansing, das „Klipschorn“ von Paul Klipsch, die „Imperial Hyphex“ Hörner der Jensen Manufacturing Company und verschiedene Horn designs wie „Acousta“, „Classic“, „Delphic“ usw. von Paul Voigt und der britischen Firma Lowther.





### DER SIEGESZUG DES TRANSISTORS

Parallel zu dieser Entwicklung meldeten 1925 Kellog und Rice den dynamischen Lautsprecher zum Patent an. Er galt seinerzeit als „hornloser“ Lautsprecher, der auch ohne Horntrichter wirksam Schall abstrahlen konnte. Es folgte eine Vielzahl weiterer Innovationen. Als Bardeen, Brattain und Shockley in den Bell Telephone Laboratories 1947 eine Metallspitze auf ein Stück Germanium aufsetzten, machten sie eine folgenschwere Entdeckung: Der kleine Steuerstrom, den sie von der Spitze in den Halbleiter schickten, „verstärkte“ den Strom, der innerhalb des Germaniums floss. Das Prinzip des Transistors war entdeckt.

Ein Transistor kann, wie eine Röhre, zur Verstärkung elektrischer Ströme und Spannungen eingesetzt werden, ist jedoch vergleichsweise klein und einfach zu fertigen. Damit war das Schicksal von Röhrenverstärkern und aufwändig gebauten Hornlautsprechern zunächst besiegelt. Der Hauptvorteil der Hornlautsprecher, der hohe Wirkungsgrad, war nun nicht länger Voraussetzung der Tonwiedergabe. Er wurde substituiert durch hohe Ausgangsleistungen, womit nun auch ineffizienten Lautsprechern genügend hohe Schallpegel entlockt werden konnten.

Dies hatte zwar zur Folge, dass nun bald jedermann jederzeit und allorts Musik hören konnte; Man denke nur an die ersten handlichen Transistorradios. Es geriet darüber aber leider ein wenig in Vergessenheit, dass gut konstruierte Hornlautsprecher nach wie vor das leistungsfähigste audio-physikalische Schallwandlerkonzept darstellen.

Germanium Kristall





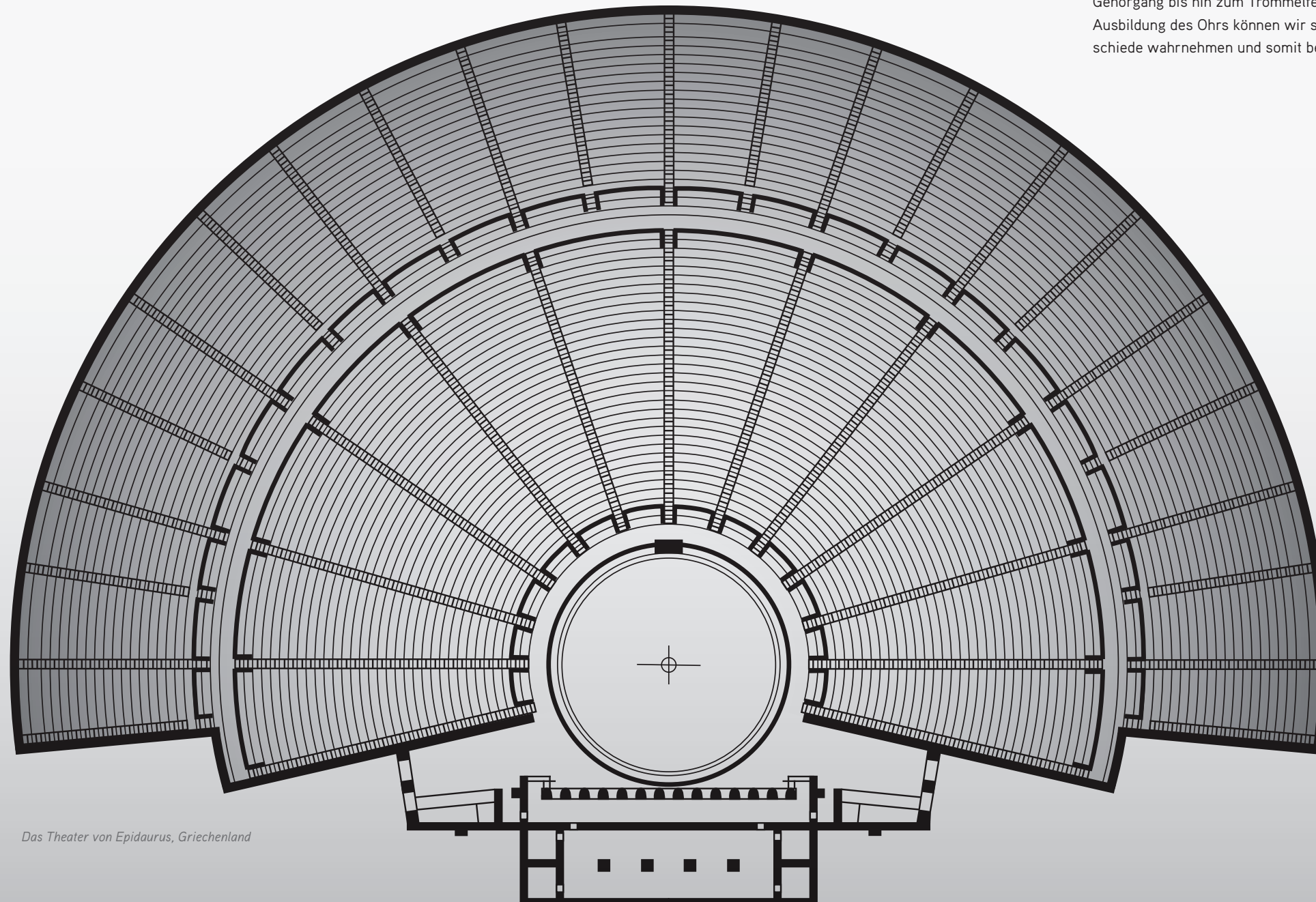
## DAS HORN PRINZIP

Hörner sind Drucktransformatoren, die genau umgekehrt funktionieren wie das menschliche Ohr. Auf dem Weg durch das sich trichterförmig verengende Außenohr erfährt der Schall eine kontinuierliche Druckzunahme von der Ohrmuschel über den Gehörgang bis hin zum Trommelfell. Durch die hornförmige Ausbildung des Ohrs können wir schon kleinste Schalldruckunterschiede wahrnehmen und somit besser hören. Als es noch keine

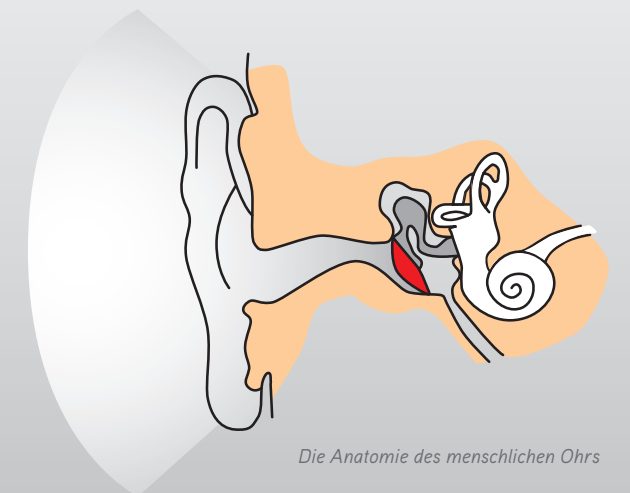
elektronischen Hörhilfen gab, benutzte man ein einfaches Hörrohr. Vergrößern Sie Ihre Ohrmuschel mit der Handfläche, und Sie erzielen denselben Effekt.

Hornlautsprecher haben nun die genau umgekehrte Funktion. Sie sollen die Abstrahlung von Schallwellen verbessern. Hierzu setzt man an den Hornanfang, den Hornhals, eine schallerzeugende Membran. Denselben Effekt erleben Sie, wenn Sie Ihre Hände trichterförmig vor den Mund halten und rufen. Ihre Stimme wird durch den Trichter lauter, klingt allerdings auch etwas anders als normal. Das liegt daran, dass Ihre Hände ein ca. „1.000-Hz-Horn“ bilden. Die Stimme wird also vorrangig in diesem Frequenzbereich verstärkt, und dies bewirkt den ungewohnten Klang. So gesehen war der physikalische Effekt eines Horns unbewusst auch schon den Neandertalern bekannt.

Ganz anders in der Antike: Griechen und Römer nutzten bewusst die schallverstärkenden Eigenschaften eines Horns, indem sie runde bzw. halbrunde Arenen bauten, die sich trichterförmig nach oben öffnen. Stellen Sie sich z. B. das berühmte griechische Theater in Epidauros (3. Jh. vor Christus) als 113 m großes Horn vor, auf dessen Oberfläche die Zuhörer sitzen. Die Bühne ist der Hornanfang und der Künstler die schallerzeugende Membran. Selbst wenn auf der Bühne nur leise geflüstert wurde, waren die Stimmen auch auf den oberen Rängen noch klar und deutlich zu hören.

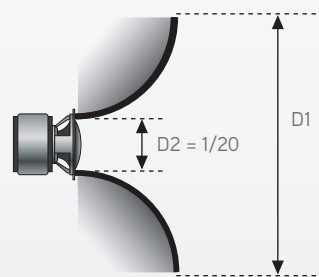
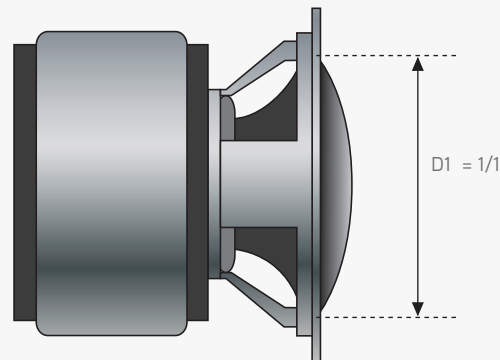


Das Theater von Epidauros, Griechenland



Die Anatomie des menschlichen Ohrs





Bei gleichem Schalldruck kann ein Treiber mit Horn wesentlich kleiner gebaut werden, als bei einem normalen Treiber ohne Horn. Dadurch erreicht man eine Reduktion der bewegten Masse von bis zu 95%!

## DIE GESETZE DER PHYSIK

Die schallerzeugende Membran am Hornanfang arbeitet gegen einen Druck an, der durch die im Trichter eingeschlossene Luft erzeugt wird. Vergleicht man also bei gleicher Eingangsleistung den Membranhub eines „normalen“ Lautsprechers mit dem Membranhub des gleichen, jedoch hinter einem Horn montierten Lautsprechers – erhält man einen – je nach Form und Größe des Horntrichters – mehr oder weniger reduzierten Membranhub. Hierbei gilt folgende Beziehung: Je stärker der Membranhub reduziert wird, desto größer ist die abgestrahlte Schallleistung.

Mehr Lautstärke trotz geringerer Membranbewegung?! Ein vermeintlicher Widerspruch, der wohl auch zum Irrglauben führt, der Trichter selbst, angeregt zu Eigenschwingungen, trage kräftig zur Schallabstrahlung bei. Die Erklärung für dieses vermeintliche Paradoxon ist jedoch simpel, sie wird durch den Energieerhal-

tungssatz beschrieben: „Zugeführte Energie = Summe der abgegebenen Energien“. Oder auf Lautsprechermodelle angewendet: „Zugeführte elektrische Energie (in Wattsekunden) = abgegebene Schallleistung + Reibungsverluste“.

Reduziert man nun den Membranhub, so reduziert man also zugleich Reibungsverluste der Federelemente (Zentrierspinne, Randspannung, Sicke) und die Luftreibung um die Schwingspule herum. Anders ausgedrückt: Die Energie, die zuvor in das verlustreiche „Spannen“ der Federelemente des Lautsprechers investiert wurde, wird unter Zuhilfenahme eines Horns in erhöhte Schallenergie umgesetzt.

Physikalisch gesehen erhöht ein vorgesetztes Horn den mechanischen Strahlungswiderstand einer Membran. Selbst eine relativ kleine Membran hat an einem entsprechend dimensionierten Horn eine bis zu 50-mal höhere Strahlungsimpedanz als eine großflächige Membran mit 40 cm Durchmesser. Auch in der Mechanik sind möglichst hohe Widerstände Bedingung für eine effektive Kraftübertragung. Dies lässt sich an einem einfachen Beispiel leicht veranschaulichen: Denken Sie an zwei 100 m Sprinter, von denen einer mit Filzpantoffeln auf glattem Parkett und der andere mit Spikes an den Schuhen auf einer Aschenbahn unterwegs ist. Welcher erreicht sein Ziel wohl schneller und effektiver?

Vergleichen wir zwei Schallereignisse: zum einen mit dem Lautsprecher in einer „normalen“ Schallwand und zum anderen mit dem gleichen Lautsprecher an einem effizienten Horn wiedergegeben. Das Ergebnis zeigt, dass mit einem Horn problemlos eine Reduzierung des Membranhubes um den Faktor 10 erreicht werden kann. Wohlgeachtet: bei gleicher Lautstärke! Umgekehrt bedeutet das für den „hornlosen“ Lautsprecher: Zehnfacher Membranhub ergibt zehnfache Membrangeschwindigkeit. Um diese zehnfache Geschwindigkeit möglichst schnell zu erreichen, benötigt man die zehnfache Beschleunigungskraft (auf dem zehnfachen Weg!) – und somit die hundertfache Energie! Das ist Schwerstarbeit! Dagegen bewirkt die nahezu trägheitslose Beschleunigung der Membran bei Verwendung eines Horntrichters eine Auflösung und Schnelligkeit der Wiedergabe, die ohne Horn undenkbar wäre.

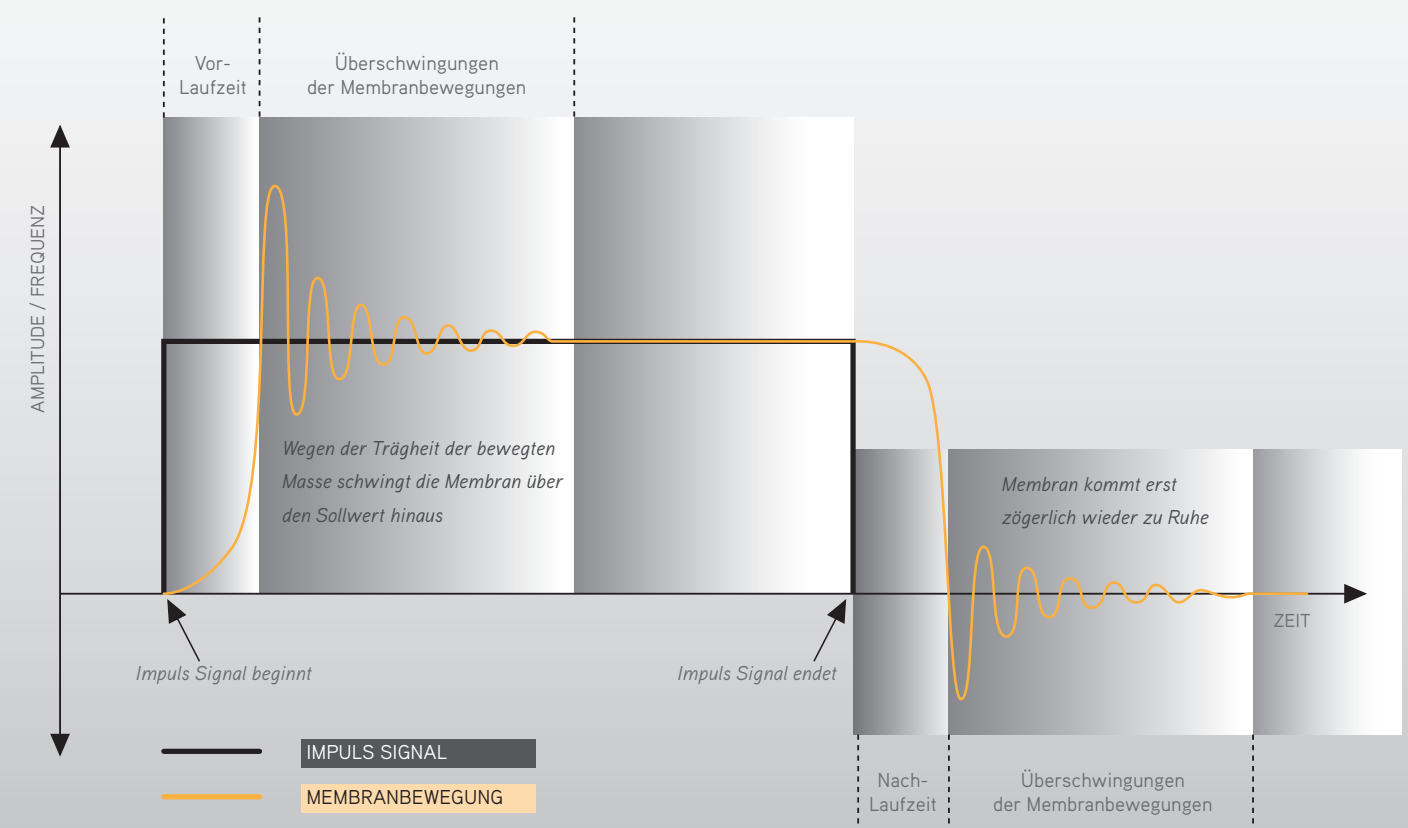
Jede Membran hat eine Masse, die z. B. bei einem großen Bass-Chassis über 100 g betragen kann. Masse hat die Eigenschaft, träge zu sein. Trägheit wiederum ist der Widerstand, den ein Körper der

Änderung seiner Geschwindigkeit (Beschleunigung oder Verzögerung) entgegensetzt. Eine Membran schwingt, um Schall abzustrahlen. Das heißt, sie wird ständig beschleunigt und verzögert, wobei die zur Verfügung stehende Zeit durch die Frequenz (= Schwingungen pro Sekunde) limitiert wird. Zudem wächst mit der Höhe der Auslenkung der Widerstand, den die Membran der Auslenkung entgegensetzt, mit zunehmender Auslenkung lässt die übertragene Kraft also überproportional stark nach. Auf Grund der geringen Membranauslenkung werden bei Hornlautsprechern Schalldruckspitzen extrem schnell aufgebaut, und die Membran kommt ebenso schnell wieder in ihre Ruhelage. Das kritische Nachschwingen der Membran wird somit ebenfalls wirkungsvoll unterdrückt.

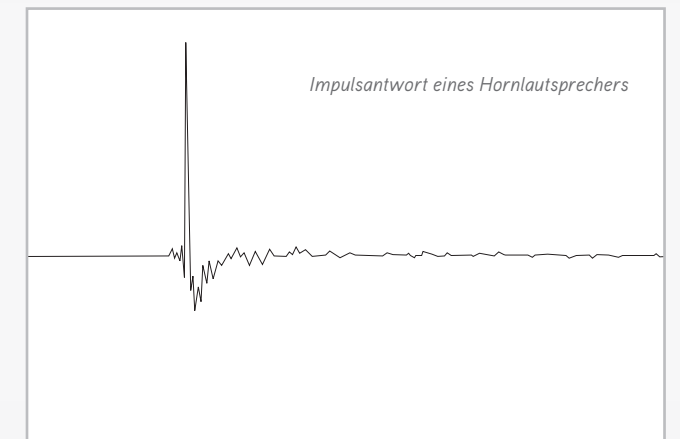
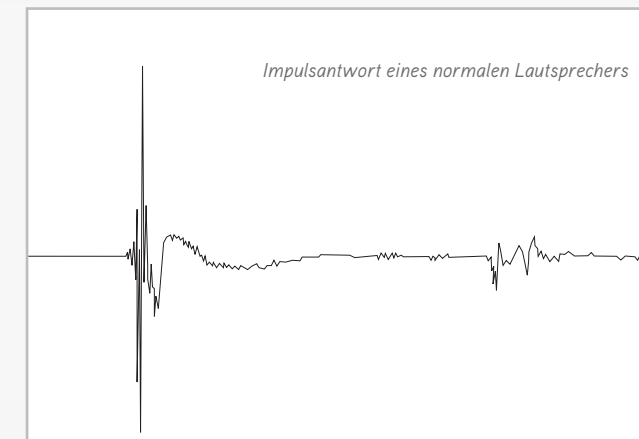
Aus dieser Impulsschnelligkeit resultiert letztlich ein enormes Auflösungsvermögen auch komplexester Musiksingale, die Wiedergabe ist packend, aber dennoch „seidig“. Ein Lautsprecher muss möglichst exakt den ständigen tonalen und dynamischen Wechseln in

der Musik folgen. Veranschaulichen wir uns die hohen Anforderungen, die diese Aufgabe stellt: Stellen Sie sich den engen, kurvigen Formel-1- Kurs in Monaco vor. Für einen Rennwagen kein Problem, für ein normales Auto jedoch eine beinahe unlösbare Aufgabe. Es kann zwar unter Umständen ebenbürtige Höchstgeschwindigkeiten erreichen, die Beschleunigung und der Bremsweg sind jedoch nicht ausreichend für auch nur annähernd vergleichbare Rundenzeiten.

Genauso ist es bei einem Lautsprecher. Es ist nicht wichtig, wie viel „Watt“ ein Lautsprecher hat, oder wie hoch seine Maximallautstärke ist, denn auch mit einer „normalen“ Box kann man schon laut genug hören. Wichtig ist vielmehr, wie schnell er beschleunigt. Denn jeder Lautsprecher kann nur Informationen verarbeiten, die langsamer sind als er selbst! Und aus diesem Grund hören Sie mit Avantgarde Acoustic Hornsystemen Dinge, die Sie vorher noch nie gehört haben.







## DIE MESSTECHNIK

Das Verhalten des Lautsprechers im Zeitbereich ist aus der üblichen Darstellung des Schalldruckfrequenzgangs nicht ersichtlich. Solche Kurven machen lediglich deutlich, ob ein Lautsprecher über den gemessenen Frequenzbereich gleichförmig laut ist. Man erhält zwar eine Aussage über die Amplitude der Membranauslenkung, bzw. den dadurch erzeugten Schalldruck. Völlig unklar bleibt jedoch, wie lange der Lautsprecher benötigt, um diesen Pegel zu erzeugen, bzw. wie lange es dauert, bis er wieder zur Ruhe kommt. Letzteres kann durch so genannte MLSSA-Wasserfalldiagramme oder Zerfallspektren dargestellt werden. Doch auch hier ist bei Vergleich und Bewertung der Messkurven Vorsicht geboten. Denn meist wird bei einer gegebenen Eingangsleistung gemessen. Das kann, je nach Einfluss der Rückstellkräfte durch die Federelemente (Zentrierspinne, Sicke, Randeinspannung) des Lautsprechers, dazu führen, dass ein sehr gutes Zerfallspektrum mit der Ineffizienz und Langsamkeit des Lautsprechers korreliert; frei nach dem Motto: je träger, desto besser.

Denken Sie an folgendes Beispiel: Man vergleicht das Innengeräusch zweier PKW bei einem vorgegebenen Treibstoffverbrauch. Auto A ist leiser als Auto B, gewinnt also den Vergleich. Nur leider blieb völlig unberücksichtigt, dass Auto A bei dieser Messvorgabe erst 50 km/h, Auto B jedoch – dank eines wesentlich effizienteren Motors – bereits 150 km/h schnell fuhr! Richtig wäre also erstens, das Zerfallspektrum nicht bei gegebener Eingangsleistung, sondern bei einem definierten Schalldruck zu messen. Dann wären die

Kurven aussagekräftig miteinander vergleichbar. Zweitens sollte das Interesse mehr dem Einschwingverhalten als dem Nachschwingverhalten gelten. Denn was interessiert der zweite Fehler, wenn man die Auswirkungen des ersten noch nicht kennt? Das bedeutet: Man misst die Zeitspanne zwischen dem Anstehen des elektrischen Signals an den Lautsprecherklemmen bis zum Erreichen eines definierten Schallpegels. Je träger ein Lautsprecher, desto größer ist diese Zeitspanne. Und beachten Sie, dass ein Lautsprecher nur Signale verarbeiten kann, die langsamer sind als er selbst; der Rest an Feininformation wird zwangsläufig verschluckt! Auf einen Rechteckimpuls reagiert ein Lautsprecher mit rasant wachsender Membranauslenkung. Die Trägheit der Membranmasse verursacht jedoch Über- und Nachschwingbewegungen. Dabei gilt: je größer der Hub, desto größer die Über- und Nachschwingbewegungen und desto länger auch die Zeitspanne, bis die Membran ihre Ursprungslage wieder erreicht. Neue Signale können nicht sauber wiedergegeben werden, da der Lautsprecher noch nicht wieder im Ruhezustand ist.

Beim Hornlautsprecher werden die Beschleunigungs- und Abbremsvorgänge sowie die Amplitude des Nachschwingens drastisch reduziert. Ein Überspringen tritt praktisch nicht auf. Zudem werden kritische Partialschwingungen der Membran wirkungsvoll verhindert. Verzerrungen bleiben deshalb sehr gering, und eine Dynamikkompensation tritt nicht auf.



## DIE TECHNOLOGIE

### DIE AVANTGARDE TECHNOLOGIE

Die theoretischen Vorzüge des Hornlautsprechers sind unter Fachleuten allgemein bekannt. Und trotzdem wird dieses Konstruktionsprinzip nur selten in der Praxis angewendet. Der große Aufwand und die damit verbundenen Kosten mögen ein Grund hierfür sein.

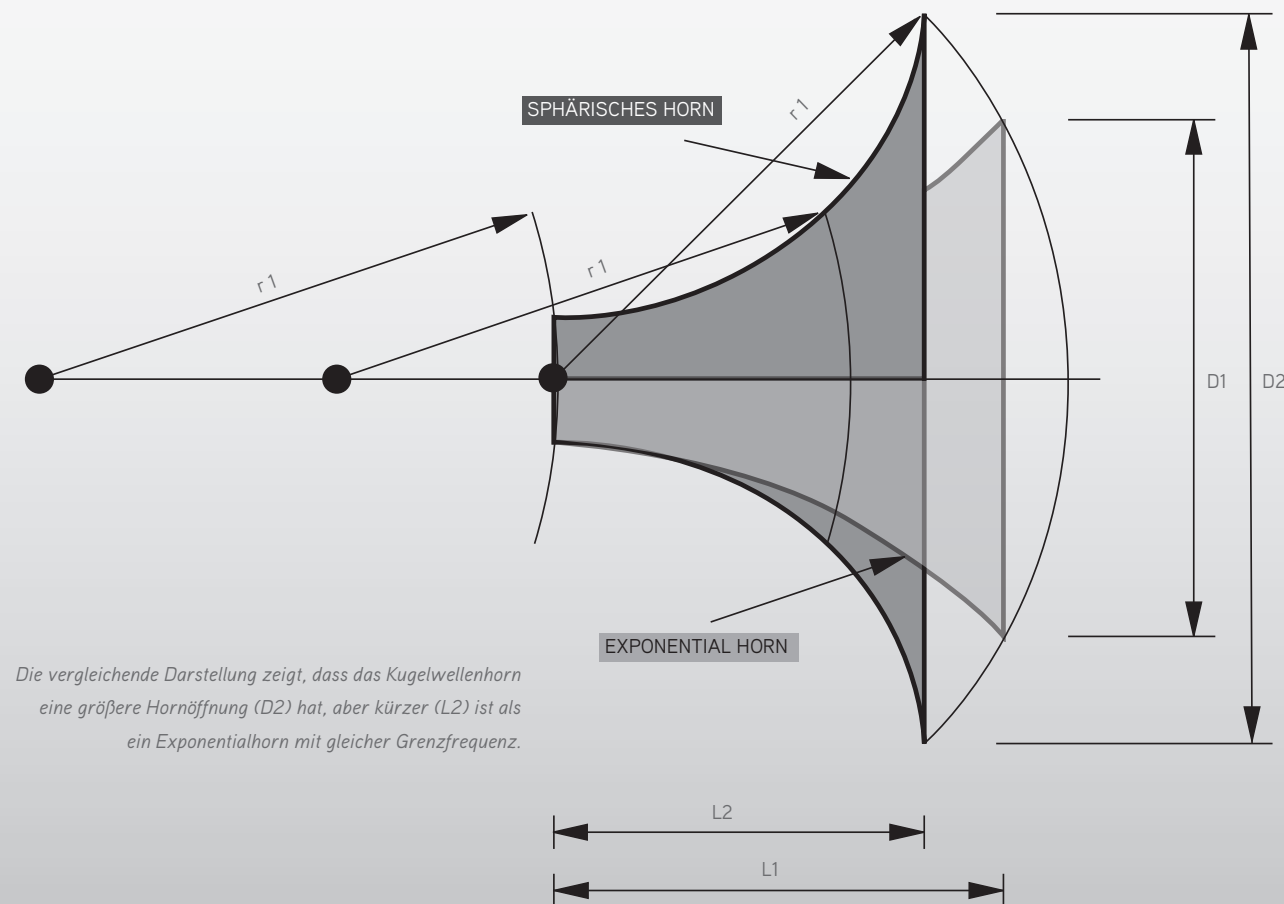
Die funktionsfähige Umsetzung der Theorie in die Praxis stellt jedoch meist das Haupthindernis dar. Denn ein Hornlautsprecher verstärkt nicht nur die positiven Seiten und macht erst hörbar, was vorher nicht hörbar war, sondern verstärkt auch Ungenauigkeiten. Stellen Sie sich einen Hornlautsprecher als „akustisches Vergrößerungsglas“ vor: Alles ist wesentlich besser sichtbar, das Schöne wie das weniger Schöne. Kleinste Fehler bei der Konzeption und Entwicklung werden somit schonungslos offenbart.

Deshalb sind Avantgarde Acoustic™ Lautsprecher auch nicht einfach nur ein paar schöne Trichter in einem eleganten Gestell. Sondern sie sind Ausdruck der Liebe zum Detail und der Akribie in der Ausführung. Der Anspruch, das Beste zu schaffen, von der Entwicklungsphase bis zur Fertigung neue Wege zu beschreiten und auch dem vermeintlich Unwichtigen eine besondere Beachtung zu schenken, ist Avantgarde Acoustic™s erklärte Philosophie – und Avantgarde Acoustic™ Produkte sind Ausdruck des gelebten Jetzt.

Die sphärischen Kugelwellenhornsysteme treten den Beweis an, zu welchen Höchstleistungen die Horntechnik fähig ist, wenn innovative Wege beschritten werden. Im Folgenden möchten wir Sie deshalb mit den technischen Feinheiten bekannt machen, die Avantgarde Acoustic™ Lautsprecher von anderen gängigen Hornkonzepten unterscheiden.

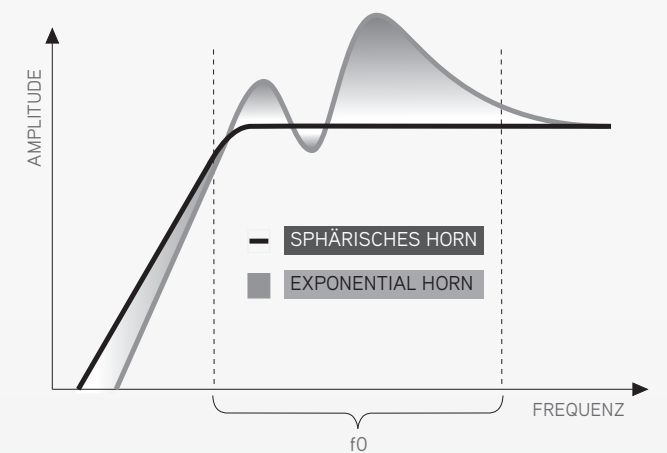






Die vergleichende Darstellung zeigt, dass das Kugelwellenhorn eine größere Hornöffnung ( $D_2$ ) hat, aber kürzer ( $L_2$ ) ist als ein Exponentialhorn mit gleicher Grenzfrequenz.

Frequenzgang eines Kugelwellenhorns und eines Exponentialhorns im Bereich der unteren Grenzfrequenz  $f_0$ . Die symbolischen Frequenzgangkurven zeigen, dass die durch Rückreflexionen in das Horn verursachte Pegelwelligkeit bei einem Kugelwellenhorn nicht auftritt.



## DIE HORNFUNCTION

Der Kurvenverlauf der Avantgarde Acoustic™ Hörner folgt nicht irgendeiner willkürlichen Laune, sondern wird mittels mathematischer Verfahren exakt berechnet. Ziel ist es, die von der Membran erzeugte Wellenfront kontrolliert über den Hornverlauf zu vergrößern und in den Raum abzustrahlen. Dabei können sich selbst kleinste Ungenauigkeiten auf die Schallwellen übertragen und diese „verformen“.

Nehmen Sie beispielsweise eine Trompete: Die Ausgestaltung ihres Trichters bewirkt eine „Verformung“ der Schallwellen, die zur Klangfarbe des Instruments beiträgt. Anders ein Hornlautsprecher: Dieser muss den Schall neutral und unverfälscht wiedergeben.

Zur Berechnung des Hornverlaufs gibt es diverse Algorithmen, die unterschiedliche Typen von Hornlautsprechern beschreiben:

Exponentialhörner entstanden in den 1920er Jahren. Sie basieren auf der Annahme, dass sich im und vor dem Trichter eine ebene Schallwelle ausbreitet. Der entlang der Mittelachse laufende Schall müsste dazu jedoch eine kürzere Strecke zur Schallebene zurücklegen als der Schall, der sich entlang der Hornkrümmung ausbreitet! Auf Grund dieser falschen Annahme ist die Wellenfront eines Exponentialhorns „verbogen“ und dies verursacht tonale Veränderungen.

Wesentlich verbesserte Abstrahlbedingungen ergibt ein Kugelwellenrichter. Statt einer mit 90 Grad abschließenden Hornmundöffnung (wie beim Exponentialhorn) erfolgt beim Kugelwellenhorn ein stetiger Übergang zu einer ebenen Hornmundfläche (= 180 Grad Öffnungswinkel). Grundlage ist die Erkenntnis, dass die Wellenfront keine senkrechte Ebene zur Trichterachse darstellt, sondern die Form einer Kalotte hat.

Denn in der Tat dringt der Schall entlang der Mittelachse weiter in den Raum vor als am Rande des Trichters! Berücksichtigt man diesen Einfluss und stellt die Forderung, dass die Kalottenoberfläche (nicht der ebene Querschnitt!) nach dem Exponentialgesetz ansteigen soll, erhält man die Kontur des Kugelwellenhorns (siehe Abb).

Beim Kugelwellenhorn ergibt sich eine gleichförmigere Abstrahlcharakteristik über das gesamte Frequenzband und eine geringere Richtwirkung bei hohen Frequenzen. Zudem weist das Kugelwellenhorn einen linearen Schalldruckabfall unterhalb seiner unteren Grenzfrequenz auf, die typische Welligkeit des Exponentialhorns tritt nicht auf.

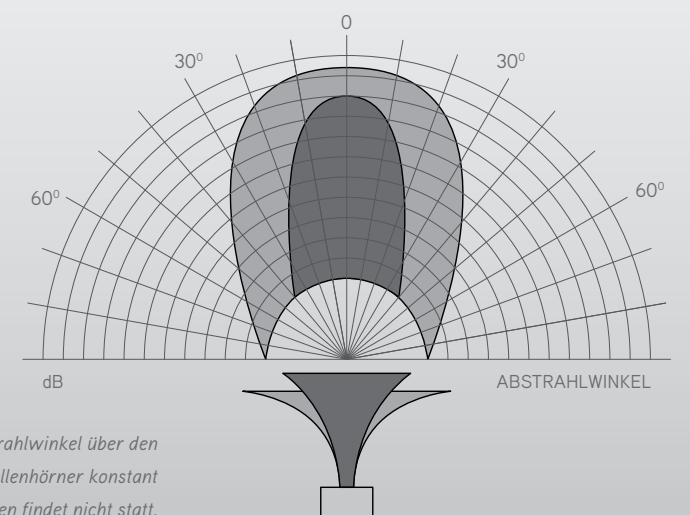


## DIE FORMGEBUNG DES HORNS

Man kann die mathematische Vorschrift zur Berechnung des Hornverlaufs auf eine beliebige Form anwenden – quadratisch, rechteckig uvm. Stellen Sie sich Autoscheinwerfer vor: Es gibt runde und rechteckige Reflektoren, und je nach Ausführung erzeugen sie Lichtkegel, die mal entfernte, mal seitliche Bereiche besser ausleuchten.

Genauso verhält es sich mit einem Horntrichter, mit dem man den Schall formen und einen Raum gezielt akustisch „ausleuchten“ kann. Dieses in der professionellen Beschallungstechnik angewandte Verfahren hat jedoch einen gravierenden Nachteil: Es verändert die Ursprungsform der Schallwelle. Man erhält so zwar die gewünschte Lautstärke am gewünschten Ort, hört allerdings nicht mehr überall den gleichen Klang. Wie beim Scheinwerfer: Man erreicht zwar gezielt eine gewisse Helligkeit, aber insgesamt ist es dunkler geworden!

Und weil wir es gerne hell haben, baut Avantgarde Acoustic™ seine Kugelwellenhörner einfach nach den Vorgaben der Natur – nämlich kreisrund. Und solange sich die Naturgesetze nicht ändern und Schallwellen sich so ausbreiten, wie sie sich ausbreiten, so lange sind Avantgarde Acoustic™ Kugelwellenhörner, so wie sie sind – richtig. Und das wird immer so sein!



*Im Gegensatz zum Exponentialhorn bleibt der Abstrahlwinkel über den gesamten Einsatzbereich der sphärischen Kugelwellenhörner konstant und die typische Bündelung zu hohen Frequenzen findet nicht statt.*



## DIE TECHNOLOGIE



### DAS FERTIGUNGSVERFAHREN

Von der Theorie zur Praxis: Wie setzt Avantgarde Acoustic™ diese Erkenntnisse in exzellente Produkte um? Möglich wäre, Hörner aus Holz, z. B. auf einer Drehbank, anzufertigen. Holz „arbeitet“ jedoch, und je nach Luftfeuchtigkeit, Temperatur und Luftdruck quillt es oder zieht sich zusammen – und verändert so den Hornverlauf.

Bessere Eigenschaften bietet Glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK). Dabei wird ein Gemisch aus Epoxidharz und Glasfaseranteilen auf eine negative Urform aufgetragen und anschließend entformt. Problematisch ist jedoch die minderwertige Oberflächenqualität, die durch dieses Verfahren entsteht. GFK-Hörner müssen daher aufwändig nachgearbeitet werden. Doch je mehr manuell korrigiert werden muss, desto schwieriger ist der exakte Hornverlauf einzuhalten. Kompromisslose Qualität ist so nicht zu realisieren.

Deshalb geht Avantgarde Acoustic™ neue Wege. Als erster Hersteller der Welt fertigt Avantgarde Acoustic Kugelwellenhörner mit aufwändigen Spritzgusswerkzeugen. Flüssiger Kunststoff wird

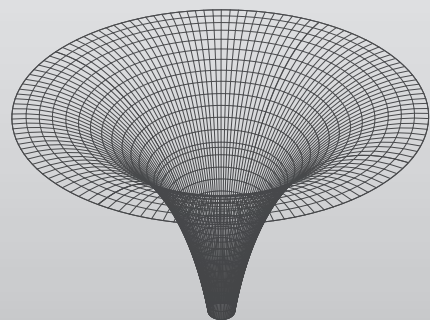
mit bis zu 2.500 t Druck in bis zu 8.000 kg schwere, massive Stahlformen gespritzt. Diese sind mit einer Genauigkeit von  $\pm 0,05$  mm gefertigt und gewährleisten eine bisher nicht zu realisierende Maßhaltigkeit des Hornverlaufs.

Zum einen garantiert dies eine definierte Schallausbreitung innerhalb des Horns und zum anderen eine extrem hohe Serienqualität. Ein Horn ist wie das andere, linker und rechter Kanal sind immer identisch – eine absolute Notwendigkeit für die exakte Stereoabbildung und Räumlichkeit.

### DAS HORN MATERIAL

Als Werkstoff kommt hochreines ABS (Acrylnitril-Butadien-Styrol) zum Einsatz. Diese hochwertige Kunststoffverbindung überzeugt durch ein neutrales Resonanzverhalten sowie durch extreme Oberflächenhärte und Schlagresistenz.

Schon die „nackten“ unlackierten ABS Kugelwellenhörner haben eine hoch glänzende Oberfläche von Vorder- und Rückseite. Neben der herausragenden Qualität des Finishs sind Avantgarde Acoustic™ Hörner auch extrem robust und pflegeleicht.





# DIE TECHNOLOGIE



## DAS TREIBER-HORN KOMPRESSIONVERHÄLTNIS

Stellen Sie sich einen Wasserschlauch vor, dessen Austrittsöffnung durch eine Düse verjüngt wird. Das Wasser fließt auf Grund der Verengung wesentlich schneller, und der Strahl bekommt einen höheren Druck.

Ähnlich beim Horn: Durch den reduzierten Anfangsquerschnitt im Trichterhals (die „Düse“) findet eine „Schnelletransformation“ statt. Die Druckkammer d. h. das Verhältnis von effektiver Membranfläche „D1“ zu Hornhalsöffnung „D2“, erhöht die Belastung der Membran (den „Druck“), und damit den Wirkungsgrad der Schallabstrahlung. Wird der Trichteranfang im Verhältnis jedoch zu stark verengt, können zu große Schallschnellen auch Verzerrungen hervorrufen.

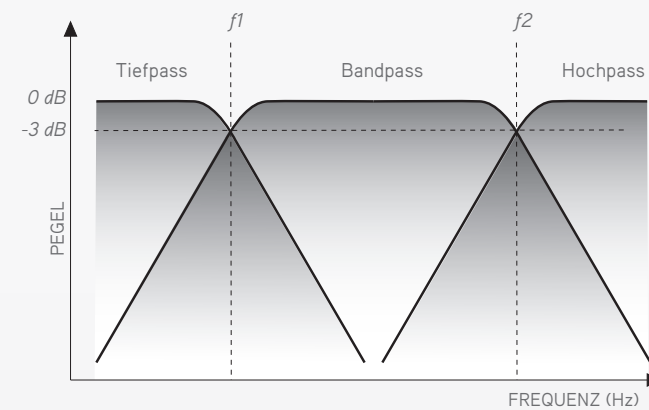
Hornlautsprecher wurden bisher primär für Beschallungszwecke entwickelt. Maximaler Schalldruck ist dabei wichtiger als minimale Verzerrungen. Für die Ansprüche von Avantgarde Acoustic™ sind solche Konstruktionen nicht tauglich.

Um Verzerrungen auszuschließen, wird bei den Avantgarde Acoustic™ Hornsystemen der Mittel- und Hochtonbereich ohne, und der Mitteltiefenbereich mit nur einer geringen Druckkammer betrieben.

## DIE PASSIVE FREQUENZWEICHE

Bei einem Mehrwegelautsprecher wird der Übertragungsbereich typischerweise in mehrere Arbeitsbereiche mit für ihre Aufgabe optimierten Treibern unterteilt. Bei einem 3-Wege Lautsprecher beispielsweise deckt der Basstreiber den Bereich von 30 bis 800 Hz, der Mitteltöner den Bereich von 800 bis 6.000 Hz und der Hochtöner den Bereich oberhalb von 6.000 Hz ab. In jedem Frequenzband arbeitet sozusagen ein Spezialist.

Das Problem ist, dass die Treiber auch außerhalb des spezifizierten Frequenzbereichs Schall abstrahlen. Es kommt also zwangsläufig zu Überlappungen, bestimmte Bereiche werden von zwei Treibern gleichzeitig abgestrahlt. Dies würde zu Auslöschung bzw. Anhebung einzelner Frequenzen, Verschiebung der Phasenlage usw. führen. Aus diesem Grund werden bei Mehrwege-Lautsprechern passive Frequenzweichen eingesetzt, die auf elektrischem Wege den Treibern den gewünschten Frequenzumfang zuteilen.



*Eine Frequenzweiche ordnet über so genannte Filter jedem Treiber einen bestimmten Übertragungsbereich zu. Ein Tiefpassfilter lässt tiefe und ein Hochpassfilter hohe Frequenzen passieren. Der Bandpass wird im Mitteltonbereich eingesetzt und filtert Frequenzen unter- und oberhalb eines definierten Bereiches.*

## DIE ARTEN VON FILTERN

Es ist außerordentlich schwierig, eine passive Frequenzweiche zu errechnen, da es in der Praxis immer zu Abweichungen vom theoretischen Ideal kommt. Da die Frequenzweiche ein dem Treiber vorgeschalteter Filter ist, entscheiden die Treiber maßgeblich über die Ausführung der Weiche. Frequenzgang, Phasenverlauf und Impedanz (frequenzabhängiger Widerstand) des Treibers sowie die Durchlasscharakteristik des Filters müssen gemeinsam betrachtet werden. Zudem machen die mechanische und elektrische Belastbarkeit des Treibers unter Umständen eine bestimmte Filtersteilheit erforderlich.

Deshalb wird bei der Entwicklung der Avantgarde Acoustic™ Systeme grundsätzlich jedes Modell in definierten, empirischen Untersuchungen akribisch „feingetunt“. Ein sehr aufwändiges und zeitraubendes Verfahren, die Ergebnisse sprechen jedoch für sich. Grundsätzlich unterscheidet man verschiedene Filtertypen mit diversen Flankensteilheiten oder „Ordnungen“ (die Flankensteilheit wird in dB/Oktave gemessen und gibt an, wie stark die Signalspannung am Lautsprecher im Sperrbereich des Filters reduziert wird).

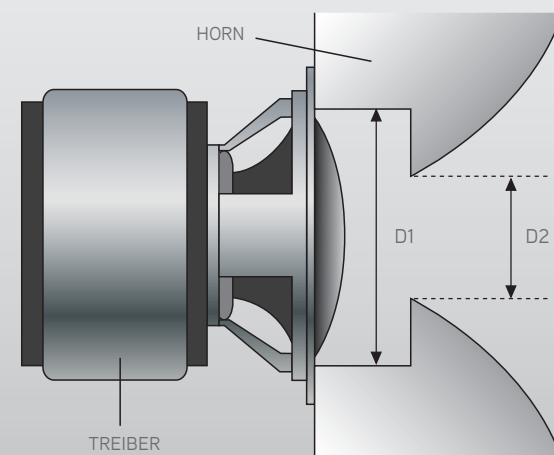
Steilflankige Filtertypen („höherer Ordnung“) wurden für beste Sperrwirkung entwickelt. Sie entlasten zwar die Treiber erheblich

(durch die stärkere Filterwirkung wird z. B. der Tieftonlautsprecher nicht als Mittel- oder Hochtonlautsprecher „missbraucht“), das Impulsverhalten wird jedoch nachteilig beeinflusst. Filter niedriger Ordnung haben ein optimiertes Impuls- und Phasenverhalten, die Sperrwirkung im Bereich der Trennfrequenz ist allerdings gering; die Treiber müssen also auch außerhalb ihres eigentlichen Einsatzbereichs noch möglichst linear arbeiten.

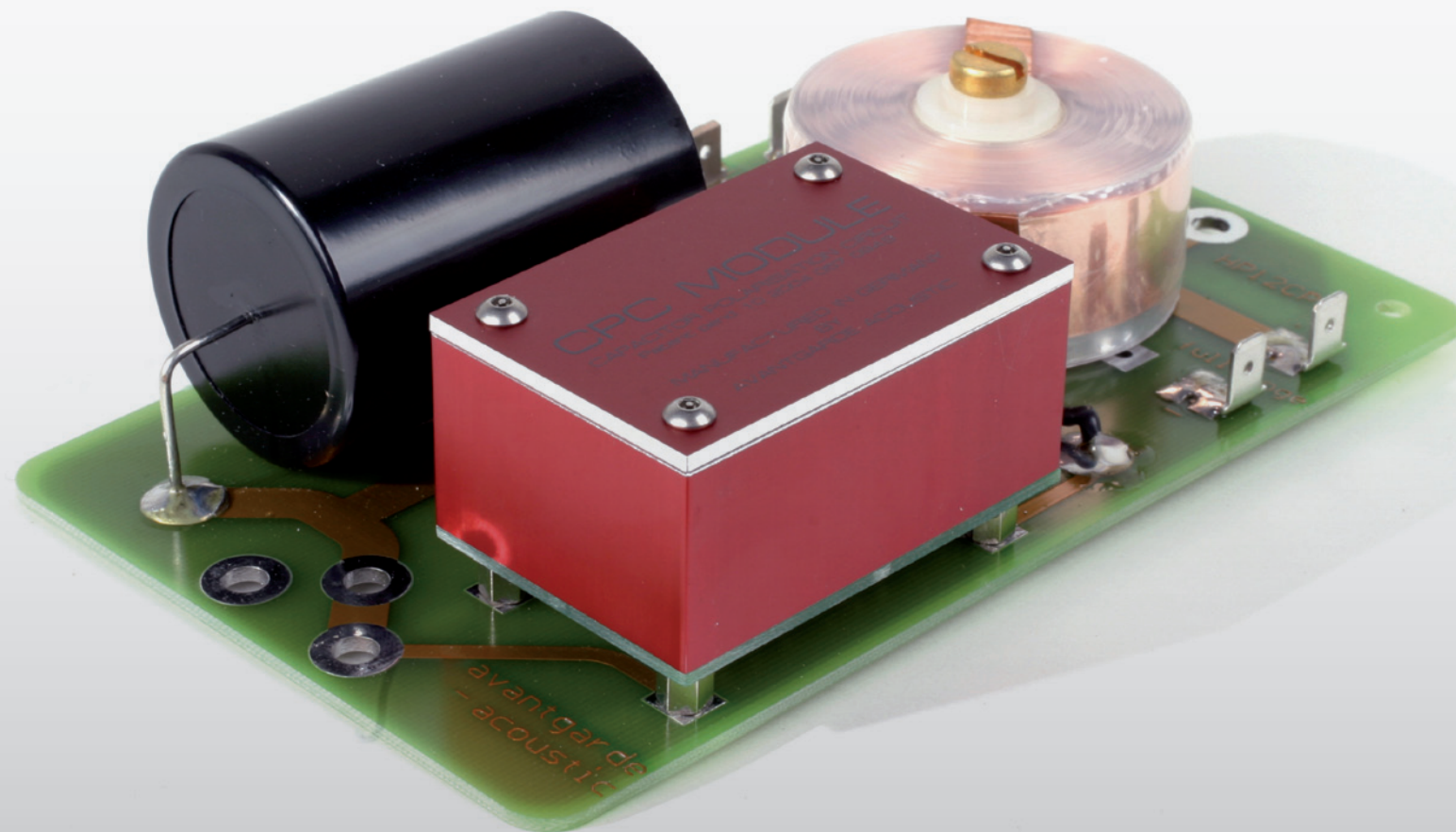
Diesem Dilemma begegnet Avantgarde Acoustic™ mit einer klaren Zielsetzung: Das Bestreben, ein optimales Impulsverhalten zu erzielen, führt automatisch zur Verwendung der simpelsten Filter (vorwiegend 1. Ordnung). Diese Filter führen zwar zu größeren Überlappungsbereichen, aber um die Vorteile dieses Frequenzweichentyps dennoch voll nutzen zu können, setzt Avantgarde Acoustic™ hoch belastbare Treiber ein, die auch noch weit außerhalb des definierten Arbeitsbereichs exzellente Eigenschaften aufweisen.

Zudem unterstützt das im Folgenden beschriebene CDC-System darüber hinaus die elektrische Filterwirkung auf akustischem Wege. So ist im Übertragungsbereich eine saubere, impulsschnelle Wiedergabe ohne störende Nebeneffekte gewährleistet.

*Avantgarde Acoustic™ Treibersysteme erzielen ihren Schalldruck durch einen linearen Membranhub. Auf den Einsatz von großen Druckkammerrelationen (D1 : D2) kann deshalb verzichtet werden und die Systeme können im optimalen 1 : 1 Betrieb gefahren werden.*







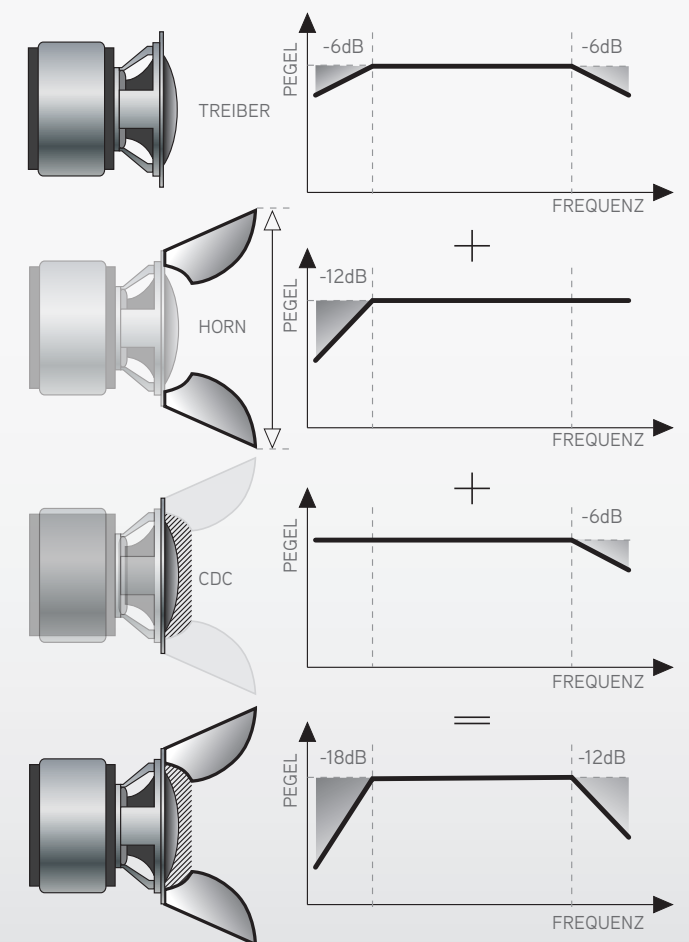
## DAS CDC-SYSTEM

Normalerweise können Frequenzweichen niederer Ordnung nur bei wenigen Lautsprechern durchgängig angewandt werden. Mit dem CDC-System hat Avantgarde Acoustic™ jedoch für diese Problematik eine elegante Lösung entwickelt.

CDC steht für „Controlled Dispersion Characteristics“ und sorgt dafür, dass jeder Treiber „automatisch“ genau in einem definierten Frequenzbereich arbeitet. Die untere Grenzfrequenz eines Hornlautsprechers wird maßgeblich durch die Hornmundfläche determiniert. Das heißt, je größer die Hornmundfläche, desto tiefer die Frequenz, die abgestrahlt werden kann. Unterhalb dieser Grenzfrequenz fällt der Pegel steilflankig (mit 18 dB/oct.) ab. Der Lautsprecher wird in diesem Bereich quasi von selbst, also ohne jegliche elektrische Filterung, leiser.

Die obere Grenzfrequenz wird maßgeblich durch den Treiber selbst determiniert, kann jedoch auch über das Horn beeinflusst werden. Hier setzt das CDC-System an: Strahlt der Treiber nicht direkt, sondern über eine vorgesetzte Luftkammer in die Hornhalsöffnung, wirkt dieses Volumen als eine Art Filterkammer und bedämpft automatisch Frequenzen oberhalb der Volumenresonanz der Vorkammer mit 6 dB/Oktave.

Durch die Auswahl eines geeigneten Treibers, mit einem natürlichen Pegelabfall von ebenfalls 6 dB ab diesem Frequenzbereich, erhält man so einen akustischen Pegelabfall von 12 dB – und das ohne jegliche elektrische Frequenzweiche. CDC ist also eine Art „akustische Frequenzweiche“, die ohne jegliche elektrische Bauteile im Signalweg arbeitet. CDC erlaubt so, die elektrischen Filter ohne Nachteile auf bestmögliche Impulstreue zu optimieren und somit überwiegend den „schnellsten“ Filtertyp 1. Ordnung einzusetzen. Die verwendeten Treiber haben darauf abgestimmte Spezifikationen. Die steilflankige akustische Filterwirkung der Kugelwellenhörner, kombiniert mit der hohen Belastbarkeit der Treiber, ermöglicht so die Verwendung phasenneutraler Hochpassfilter 1. Ordnung oder sogar den völligen Verzicht auf Frequenzweichen. So ist bei allen unseren Tiefmitteltönern zur unteren Grenzfrequenz hin keine elektrische Filterung nötig, sie laufen also quasi im „full range“ Betrieb.



Wenn Sie sich Avantgarde Acoustic™ Frequenzweichen ansehen, wundern Sie sich also nicht, nur wenige Bauteile vorzufinden. Dies ist kein Zeichen falscher Sparmaßnahmen, sondern zeigt die konstruktive Ausgewogenheit des Gesamtsystems. Denn hier gilt: Weniger ist mehr! Die Frequenzweichen der Avantgarde Acoustic™ Systeme sind Teil einer Gesamtkonzeption und dienen nicht dem nachträglichen Ausgleich konstruktiver Fehler in anderen Bereichen. Die Simplizität der Frequenzweiche ist also letztlich ein Zeichen der hohen Qualität der Avantgarde Acoustic™ Hornsysteme.



Sie haben nun viel über die Horntechnologie von Avantgarde Acoustic™ erfahren. Die Entwicklung der Avantgarde Acoustic™ Hornlautsprecher geht auf Hörerfahrungen zurück, die ganz und gar unabhängig von der klanglichen Oberfläche sind und sich völlig auf den unmittelbar erfahrbaren musikalischen Kern einer Aufnahme beziehen.

Die Überzeugung, mit dem Kugelwellenhorn den idealen „Musikvermittler“ gefunden zu haben, der die Musikwiedergabe mit Leben und Plastizität erfüllt, ist der Grundstein für die Avantgarde Acoustic™ Entwicklungen. Und mit weniger als diesem Anspruch müssen Sie sich nicht zufrieden geben, wenn Sie ein Avantgarde Acoustic™ Hornsystem besitzen.

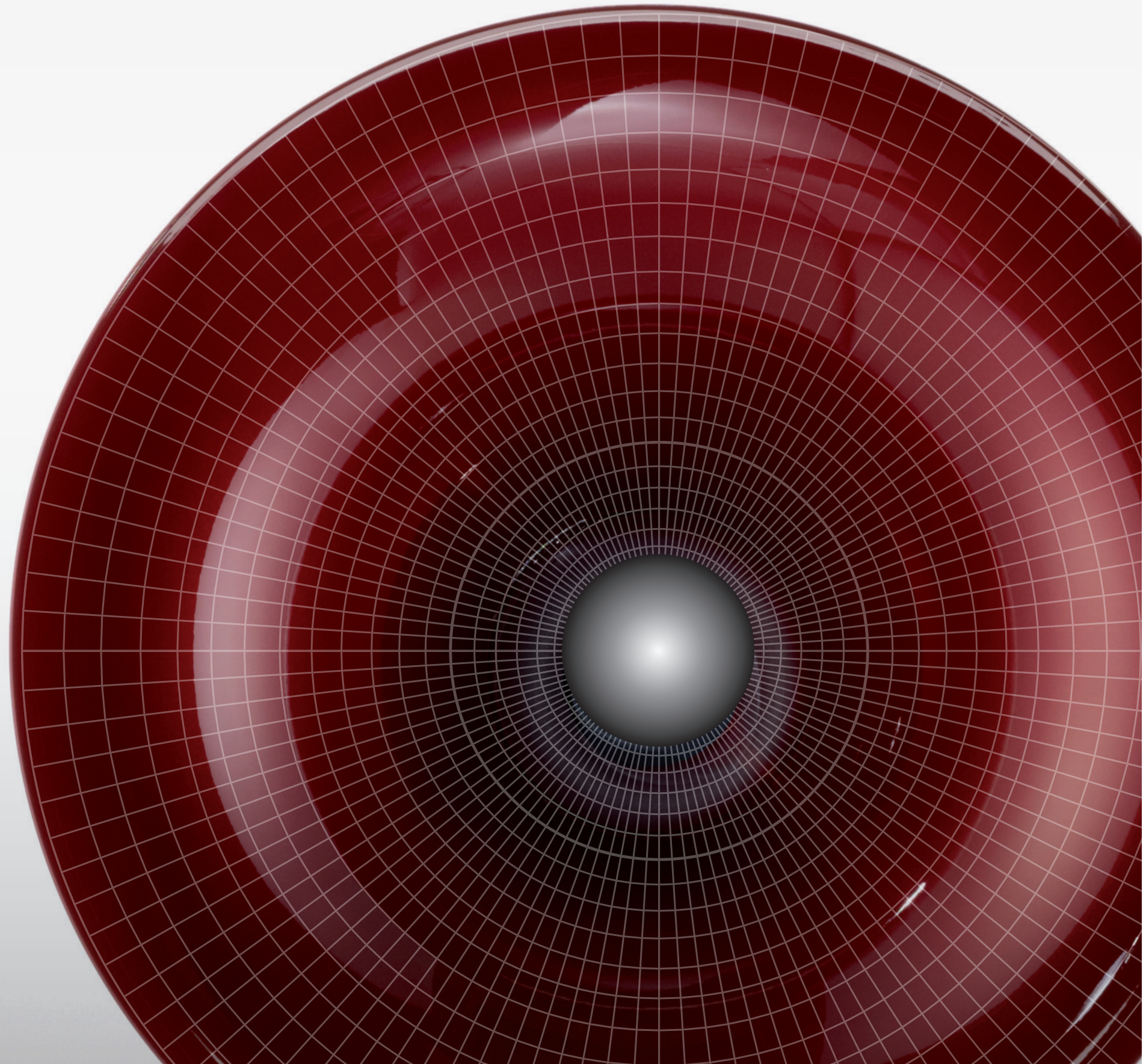
Genießen Sie Musik, wie Sie es möchten: laut oder leise, klassisch oder modern, konzentriert oder nebenbei. Ein Avantgarde Acoustic™ Hornlautsprecher sorgt immer für den richtigen Draht zur Musik.

Viel Spaß nun also bei Ihren realen Begegnungen mit den Avantgarde Acoustic™ Hornsystemen. Wir würden uns sehr freuen, wenn Ihnen die Lektüre dieses Kompendium Lust auf neue Hörerfahrungen gemacht hat. Nutzen Sie die nächstmögliche Gelegenheit, um die einzigartigen Kugelwellenhörner und ihre Klangwelten kennen zu lernen.

Dieses Kompendium hat ihren Zweck erfüllt, wenn es Ihnen einige Fragen beantworten konnte. Aber vielleicht wollen Sie ja noch mehr wissen. Wir würden uns daher sehr freuen, wenn Sie zum Telefon greifen oder über die Website Kontakt zu uns aufnehmen. Und am meisten freuen wir uns natürlich, wenn Sie mit uns einen Hörtermin in unserem Master Showroom vereinbaren und Sie uns in Lautertal besuchen.

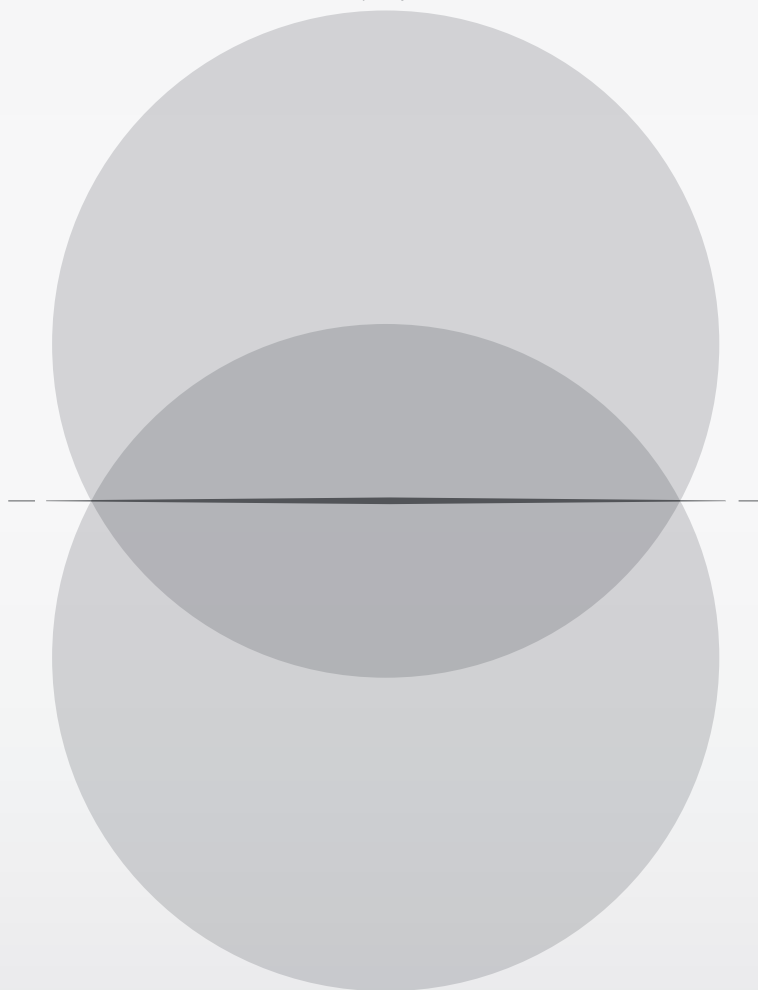
Herzlichst aus dem Odenwald,  
Ihr Team von Avantgarde Acoustic™

*Kontaktieren Sie uns:  
Telefon 06254.306100  
info@avantgarde-acoustic.de*





purity



performance



**avantgarde**  
ACOUSTIC

Avantgarde Acoustic GmbH  
Nibelungenstraße 349  
D-64686 Lautertal  
Germany

Tel: 06254.306100  
info@avantgarde-acoustic.de  
www.avantgarde-acoustic.de