

SPRACHROHR - MEGAFON

Sprachrohr

aus Wikipedia, der freien Enzyklopädie



Einfaches passives Sprachrohr



typisch für diese [unplugged](#) Jazzband ist die Flüstertüte des Vokalisten

Ein **Sprachrohr** (früher auch als **Sprachröhre** oder **Sprechrohr** bezeichnet) ist ein Gerät, das die Ausbreitung von [Schall](#) lenkt und damit die Verständlichkeit vor allem gesprochener Sprache auch in weiterer Entfernung des Hörers vom Sprecher verbessert.

Grundsätzlich sind zwei Bauformen zu unterscheiden: das offene und das geschlossene Sprachrohr.

Inhaltsverzeichnis

- [1 Offenes Sprachrohr \(Megafon\)](#)
 - [1.1 Elektrisches Megafon](#)
- [2 Geschlossenes Sprachrohr](#)
- [3 Metaphorische Bedeutung](#)
- [4 Quellen](#)
- [5 Weblinks](#)
- [6 Siehe auch](#)

Offenes Sprachrohr (Megafon)



Elektrisches Megafon

Das offene Sprachrohr, heutzutage meistens als **Megafon** oder **Megaphon** bezeichnet und umgangssprachlich lustig auch als *Flüstertüte*, ist eine [trichterförmige](#) Hülle, die häufig aus [Blech](#) besteht. Der Sprecher nimmt dabei die kleinere der beiden Öffnungen vor den [Mund](#), während er die größere den Hörern zuwendet.

Erfunden wurde das offene Sprachrohr als „Sprechtrompete“ [1670](#) von dem Engländer [Samuel Morland](#), der die ersten aus [Glas](#), [Eisen](#) und [Kupfer](#) verfertigte. Morland verwendete dabei einen [kegelförmigen](#) Trichter. Ihm war aber offensichtlich bewusst, dass diese Form die Schallausbreitung noch nicht optimal lenkt, da er andere Wissenschaftler dazu aufforderte, bessere Formen zu entwickeln. Dies gelang auch eher zufällig [Cassegrain](#) im Jahre [1672](#), der dem Trichter (zunächst aus ästhetischen Gründen) eine [hyperbolische](#) Form gab und dabei feststellte, dass dies die Wirkweise erheblich verbesserte.^[1]

Eine Theorie des Sprachrohrs stellte erstmals [Johann Heinrich Lambert](#) im [18. Jahrhundert](#) auf. Dadurch wurde nachgewiesen, dass die hyperbolische Form optimal ist, weswegen sie bei modernen Megafonen fast nur noch verwendet wird.

Elektrisches Megafon

Moderne Megafone verfügen in der Regel über einen elektrischen Sprachverstärker bestehend aus einem [Mikrofon](#), einem [Verstärker](#) und einem [Lautsprecher](#), hinter den das eigentliche Sprachrohr gesetzt wird. Der Wirkungsgrad ist mit größer 10 % höher als bei üblichen Lautsprechern, jedoch bei weit höherem [Klirrfaktor](#). In mobilen, meistens batteriebetriebenen Versionen werden sie wie die rein akustischen Vorläufer verwendet. In Deutschland ist die Ausgangsleistung mobiler Megafone auf [140 dB](#) begrenzt, um Hörschäden umstehender Personen zu vermeiden. In der sehr viel häufigeren stationären Ausführung, z. B. auf Bahnsteigen, stellen Megaphone gerichtete Lautsprecher dar, deren [Frequenzcharakteristik](#) im Gegensatz zu z. B. Konzertmusikboxen auf Sprache optimiert ist. Moderne Handmegaphone bieten zudem oft völlig neue Möglichkeiten, so verfügen sie über integrierte Sirenen-Signalgeber oder sind in der Lage, Melodien zu erzeugen. Somit kann eine schnelle

und für die Anwesenden angenehme Aufmerksamkeitserlangung erreicht werden, ohne direkt auf die menschliche Stimme angewiesen zu sein.



Kommunikation per Sprachrohr auf einem Schiff

Geschlossenes Sprachrohr

Beim geschlossenen Sprachrohr (auch **Kommunikationsrohr**) ist das **Rohr** nicht trichterförmig, sondern über die gesamte Länge gleich weit. Im Gegensatz zum offenen Sprachrohr muss das Rohr bis kurz vor das Gehör des Hörers reichen, weswegen geschlossene Sprachrohre normalerweise ungleich länger sind. Meistens dienen sie dazu, zwei entfernt liegende Räume direkt miteinander zu verbinden und so die Übermittlung von gesprochenen Worten zu ermöglichen. Durch ein 950 m langes Rohr hört man noch leise **Geräusche**. Diese Sprachrohre werden auf **Schiffen** benutzt, um technisch einfache und auch im Notfall sichere Sprechverbindungen zwischen den wichtigsten Punkten (z.B. Brücke und Maschinenraum) zu gewährleisten. Für diesen Zweck gibt es heute allerdings auch Telefone, die ohne externe Stromversorgung arbeiten.

Metaphorische Bedeutung

Im übertragenen Sinne ist ein Sprachrohr ein Organ, wie z. B. eine **Zeitung**, welches die Meinungen und Wünsche einer Person oder Gruppe nach außen hin vertritt. Der Ausdruck wird mitunter auch kritisch für Personen verwendet, die die Meinung eines anderen unkritisch und unreflektiert wiedergeben („jmds. Sprachrohr sein“).

Quellen

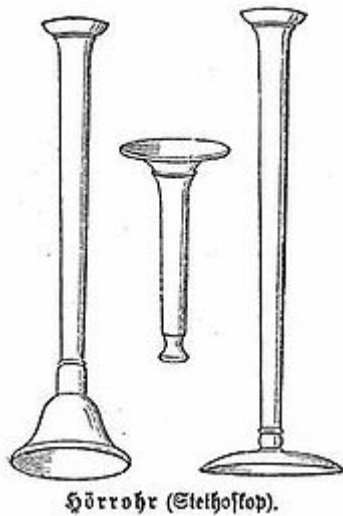
1. ↑ J.H. Hassenfratz: *Bemerkungen über die wahre Ursache der Schallverstärkung durch Sprachröhre*. in: *Annalen der Physik*. Berlin 19.1805, S.145. ISSN 0003-3804

Weblinks

- [Sir Samuel Morland](#) (engl.)

Hörrohr

aus Wikipedia, der freien Enzyklopädie



Hörrohre aus dem [19. Jahrhundert](#)

Hörrohre früher auch Hörmaschinen oder Schallstrahlenfänger genannt, sind röhren- oder trichterförmige Geräte, die [Schallwellen](#) sammeln und in den äußeren [Gehörgang](#) des menschlichen [Ohres](#) leiten sollen. Dadurch konnte eine Verstärkung der auf das [Trommelfell](#) fallenden Schallenergie und damit ein besseres Hören bei vermindertem oder nachlassendem Gehör erreicht werden.

Hörrohre wurden aus [Eisenblech](#), Silber, Holz, Schneckengehäusen oder Tierhörnern konstruiert.

Inhaltsverzeichnis

[1 Geschichtliches](#)

- [2 Literatur](#)
- [3 Weblinks](#)
- [4 Siehe auch](#)

Geschichtliches

- 1624 macht der Jesuit [Leurechon](#) unter dem Decknamen *H. van Etten* erstmalig das Prinzip des Hörrohrs in einem gedruckten Werk bekannt.
- [Athanasius Kircher](#) der sich neben zahlreichen anderen Wissensgebieten mit der Lehre vom Schall beschäftigte und 1650 in seiner MUSURGIA die Erfindung einer „Hörmaschine“ beschrieb, gilt als eigentlicher Erfinder des Hörrohrs. Es muss aber schon viel früher Hörrohre gegeben haben, auch wenn keine Abbildung mehr davon vorhanden ist. Der römische Arzt Archigenes (2. Jhdt. n.Chr.) erwähnte ein Hörrohr als Mittel gegen Schwerhörigkeit, ebenso der griechische Arzt Alexander von Tralles (5. Jhdt. n. Chr.) Eine mittelalterliche Miniatur aus dem 12. Jhdt., die sich heute in der französischen Nationalbibliothek befindet, zeigt König Artus mit einem Hörrohr bei der Jagd.

- 1706 benutzte [Duguet](#) in die Armlehnen eines [Fauteuils](#) eingebaute Röhren zum Empfang von Schallwellen. Diese Anordnung fand mehrfache Nachahmungen.
- 1879 konstruierte Rhodes in Chicago aus natürlichen [Muschelschalen](#) „Audiophone“ genannte Hörfächer, mit denen die Übertragung der Schallschwingungen über Knochenleitung erfolgte, indem der Fächer gegen die Zähne oder zwischen den Zähnen gehalten wurde.
- 1812 bis 1814 fertigte [Johann Nepomuk Mälzel](#) Hörrohre für [Ludwig van Beethoven](#) an, die heute im [Beethovenmuseum](#) in Bonn ausgestellt sind.
- 1816 erfand [René Théophile Hyacinthe Laënnec](#) in Frankreich das Hörrohr neu als [Stethoskop](#) zum Abhören von Herztönen.
- Die Firma [Kirchner & Wilhelm](#) in [Asperg](#) bei Stuttgart bot 1910 zahlreiche Hörrohr-Modelle im Katalog des „Medizinischen Waarenhauses“ an
- 1963: Der Hörrohr-Produzent [F. C. Rein and Son](#) in London beendete als letzte Firma ihrer Art die Tätigkeit.

Literatur

- F. M. Feldhaus Das Alter des Hörrohres, European Archives of Oto-Rhino-Laryngology, Volume 76, Numbers 3-4 / September 1908, Verlag Springer Berlin / Heidelberg, ISSN 0937-4477 (Print) 1434-4726 (Online)
- Hüls, Rainer, Die Geschichte der Hörakustik, Heidelberg 2000
- Hüls, Rainer, Die Hand am Ohr - Über die Versuche des Menschen besser zu hören, Hamburg 2008

HORN

Mit **Horn** bezeichnet man in der Beschallungstechnik eine Art von **Lautsprechern**, bei der ein oder mehrere Treiber über einen genau definierten, im Querschnitt ständig zunehmenden Schallkanal an die Umgebung angekoppelt sind. Eine Bauform wird auch als **Druckkammerlautsprecher** bezeichnet.

Inhaltsverzeichnis

- [1 Begriffe](#)
- [2 Grundlagen](#)
- [3 Hörner als Schallverstärker](#)
- [4 Vorteile](#)
- [5 Nachteile](#)
- [6 Horntypen](#)
 - [6.1 Exponentialhorn](#)
 - [6.2 Kugelwellenhorn](#)
 - [6.3 Konisches Horn](#)

Begriffe

Um die in diesem Artikel benutzten Begriffe klar voneinander trennen zu können, wird folgende Nomenklatur benutzt:

- *Treiber* ist das eigentliche Lautsprecherchassis, welches in die Boxenkonstruktion eingebaut wird.
- *Horn* ist der Schallkanal von der Halsöffnung (am Treiber) bis zur Mundöffnung (zur Außenwelt). Geometrisch und akustisch wird das Horn durch seine Kontur, d. h. durch den Verlauf der Querschnittsfläche über die Hornlänge, bestimmt.
- *Hornhals* ist die kleinere Endfläche des Hornes, an die direkt oder mittels eines Phasenkorrekturkörpers der Treiber montiert wird.
- *Hornmund* ist die größere Endfläche des Hornes, die die akustische Leistung an die Umgebung abgibt.
- *Raumwinkel* ist von dem Aufstellungsort des Lautsprechers abhängig. Es wird unterschieden zwischen völlig freier Aufhängung (4-Pi), Aufstellung auf einer Fläche (2-Pi), Aufstellung auf einer Fläche vor einer Wand (Pi) und Aufstellung in einer Ecke (Pi/2).
- *Gehäuse* ist die Konstruktion, in die sowohl Treiber als auch Horn eingebaut werden. Selbstverständlich können Teile des Gehäuses auch Bestandteile des Horns sein. Gelegentlich wird das Gehäuse dazu genutzt, einen Teil der vom Treiber rückseitig in das Gehäuse abgestrahlten akustischen Energie nach außen zu führen. Es entsteht z. B. eine Kombination zwischen Bassreflexbox und Hornlautsprecher. Auf weitere Gehäusebestandteile wie Anschlüsse, Schutzkanten, Transport- bzw. Montagefittings soll hier nicht eingegangen werden.

- *Lautsprecher* bzw. *Box* ist schließlich das gesamte Gebilde.

Grundlagen

Aufgabe eines Lautsprechers ist es, die ihm zugeführte elektrische Energie möglichst effizient an den ihn umgebenden Raum abzugeben. Dabei werden insbesondere drei Anforderungen gestellt:

- hoher Wirkungsgrad (aus der zugeführten Energie soll eine möglichst hohe Lautstärke erzielt werden, s. a. [Wellenwiderstand](#))
- hohe Wiedergabetreue (der Klang soll möglichst nicht verfälscht werden)
- geringe Baugröße, falls die Lautsprecher transportabel sein sollen. Bei Festeinbauten (z. B. in Theatern, Kinos oder Diskotheken) spielt die Größe keine so entscheidende Rolle mehr.
- möglichst grosse Bandbreite (Verhältnis von nutzbarer oberer und unterer Frequenz)

Diese vier Anforderungen beeinflussen sich gegenseitig. Die Schwierigkeit bei der Konstruktion eines Hornes besteht darin, zwischen diesen Anforderungen einen möglichst hochwertigen Kompromiss zu finden.

Da in diesem Artikel immer wieder von Frequenzen und den dazugehörigen Wellenlängen die Rede ist, folgen hier einige typische Töne und die dazugehörigen Frequenzen und Wellenlängen (ausgehend von einer Schallgeschwindigkeit von 340 m/s):

- Kammerton a: 440 Hz bzw. 0,77 m
- Untere Grenze des menschlichen Hörspektrums: 16 Hz bzw. 21,25 m
- Tiefster Ton auf einer modernen Bassgitarre (tiefes H): 30 Hz bzw. 11,33 m
- tiefster Ton auf dem Klavier: 27,5 Hz bzw. 12,36 m
- höchster Ton auf dem Klavier: 4,22 kHz bzw. 0,08 m

Ein direktstrahlender Lautsprecher, also ein Lautsprecherchassis, etwa in einer Schallwand, besitzt, wie jeder andere akustische Strahler auch, eine akustische Impedanz, die vor allem von seiner Geometrie (hier vor allem Durchmesser) und von der spezifischen Dichte und Kompressibilität der Umgebungsluft abhängig ist. Steigt die Wellenlänge des zu übertragenden Signals über den Umfang des kreisrunden Strahlers, entsteht eine Fehlanpassung, die den Wirkungsgrad des elektroakustischen Wandlers deutlich mindert. Eine Lösung wäre, den Durchmesser beträchtlich zu erhöhen. Dies scheidet jedoch regelmäßig wegen der Neigung einer sehr großen Lautsprechermembran, phasengedrehte Partialschwingungen zu erzeugen, aus. Zudem sprechen konstruktive Gründe oft dagegen.

Gerade bei großen Beschallungsanlagen ist es erwünscht, die Schallenergie dorthin zu lenken, wo sie benötigt wird; andersherum soll oft vermieden werden, andere Gebiete zu beschallen. Der Schall soll also gerichtet werden. Dies ist am einfachsten möglich, indem der Strahler (gemeint ist immer der aktive Teil eines Lautsprechers, also die phasenrichtig schwingenden Membranteile) eine der größten übertragenen Wellenlänge gleiche oder größere Abmessung besitzt. Bei sehr niedrigen Frequenzen ist dies nur durch die Verwendung einer Schallführung (z. B. eines Hornes) oder durch Lautsprecherarrays möglich.

Hörner als Schallverstärker

Kennzeichnend für ein Horn als Schallverstärker ist es, dass bei einer im weitesten Sinne trichterartigen, vom einen bis zum anderen Ende im Durchmesser stets zunehmenden Vorrichtung am kleinen Ende ein Schallerzeuger angebracht wird, dessen Töne vom Horn gebündelt und gerichtet abgestrahlt werden. Dieses Hornprinzip ist keine Erfindung der Neuzeit. Schon in der Antike machte man sich die spezielle Form von Tierhörnern zu Nutze, um damit möglichst laute Signale erzeugen zu können. Weitere Beispiele für die Anwendung des Hornprinzips außerhalb der Lautsprechertechnik sind:

- **Blechblasinstrumente** wie **Trompeten**, **Posaunen**, **Tuben** oder **Alphörner**
- „Flüstertüten“, die Vorläufer der **Megafone**, bestehend aus einem trichterförmigen Blechrohr mit einer Einsprechöffnung am kleinen Ende (bekannt z. B. vom **Steuermann** im **Ruderachter**, der auf diese Weise seine Kommandos verstärken kann)
- Schalltrichter eines **Trichtergrammophons**

Das Funktionsprinzip eines akustischen Horns ist das eines akustischen Impedanztransformators. Grob vereinfacht könnte man sagen, dass das Horn die Halsfläche (in der Regel die des Treibers) auf die Mundfläche vergrößert. Mit der Flächenzunahme ist eine deutlich bessere Anpassung der akustischen Impedanz des Lautsprechers an die des Umgebungsmediums gegeben, was neben anderen Effekten einen stark verbesserten Wirkungsgrad nach sich zieht.

Grundsätzlich gelten die Betrachtungen des Artikels für sogenannte „frontloaded-Hörner“, bei denen eine Seite der Treibermembran auf das Horn arbeitet (die andere in eine geschlossene Box), also ausschließlich über das Horn Schall abgestrahlt wird. Im PA- und Musikerbereich oder mit Breitbandtreibern werden jedoch auch „backloaded-Hörner“ gebaut, wo eine Seite der Membran bis in höhere Frequenzbereiche frei abstrahlt. Interferenzen und Laufzeiteffekte zwischen direkt und über das Horn abgestrahlten Schallanteilen führen jedoch zu kaum kalkulierbaren Auslöschungen und Überhöhungen. Im Idealfall belastet das Horn den Treiber im Tieftonbereich derartig, dass die Membrane praktisch keine Basshübe mehr ausführt, ergo direkt auch nicht abstrahlt. (Hochtonanteile werden manchmal durch einen Schwirrkonus abgestrahlt.) Durch einen mechanischen Tiefpaß (Vorkammer) wird die Einspeisung von höheren Frequenzanteilen in das Horn gedämpft, wie auch das Horn oft teilweise mit Dämpfungsmaterial gefüllt ist. Auch die Lautsprecherdaten nach Thiele und Small verursachen einen Pegelabfall bei höheren Frequenzen.

Die untere Grenzfrequenz wird durch das Momentum der Öffnungsfunktion (beim Exponentialhorn durch die Hornkonstante) und in ganz wesentlichem Sinne auch durch die Mundöffnungsfläche bestimmt. Ein den 4-Pi-Raum beschallendes Horn (freie Aufstellung, ohne benachbarte Wände in nennenswertem Abstand) erfordert eine Mundöffnung, deren Umfang der tiefsten zu übertragenden Wellenlänge entspricht. Kleiner Raumwinkel gestatten die Reduktion der Mundöffnung im gleichen Ausmaß, was bei einer Eckaufstellung die erforderliche Mundöffnung auf 1/8 reduziert (wie das Klipsch-Horn eindrucksvoll und erfolgreich demonstriert). Praktisch realisierte Hörner – insbesondere für den Tieftonbereich – werden allerdings oft mit deutlich zu geringen Mundöffnungen realisiert, was zwar die Baugröße drastisch

verringert, aber proportionale Nachteile in der Welligkeit des Frequenzganges und in der drastischen Verschlechterung des Impulsverhaltens nach sich zieht. (Viele „Hörner“ entpuppen sich damit nach genauer Betrachtung und Nachrechnung als Transmissionlineboxen – mit allen deren Vor- und Nachteilen.) Durch „Stacken“, das heißt Anordnen von gleichen Hörnern mit im einzelnen zu kleiner Mundöffnung zu Arrays (wie von Großkonzerten bekannt) werden diese Probleme erfolgreich beseitigt, während das modular aufgebaute Horn einfach transportierbar bleibt.

Seriöserweise wird deshalb von der Mundöffnung mit der Konstruktion begonnen; über die Halsfläche und das Momentum der Öffnungsfunktion ergibt sich dann die Länge bzw. das Bauvolumen des gesamten Lautsprechers. D.h. je größer die Halsfläche, durch Vergrößerung der Membranfläche, Einsatz mehrerer Treiber oder Reduktion des Verhältnisses Membranfläche zu Halsöffnung, desto kürzer fällt das Horn aus. Als Extremfall ergibt also ein Lautsprecher, dessen Umfang die Wellenlänge der tiefsten zu übertragenden Frequenz hat, die Hornlänge Null.)

Deshalb sind Basshörner meist als sogenannte Falthörner gebaut, d. h. die in der Theorie gerade Hornachse wird zugunsten einer optimalen Ausnutzung des (z. B.) quaderförmigen Gehäusevolumens ein- oder mehrfach um 90° bzw. 180° geknickt. Falls keine Stehwellen im Gehäuse auftreten, ist auf die Linearität des Frequenzganges keine negative Auswirkung zu befürchten; lt. Bruce Edgar wird damit sogar der Klirrfaktor durch Dämpfung der Oberwellen verbessert. Auf die obere Grenzfrequenz ist jedoch ein negativer Einfluss zu erwarten. Festgestellt muss jedoch werden, dass beim Aufbau großes Augenmerk auf die mechanische Stabilität gelegt wird, da hohe Wecheldrücke (insbesondere bei u. U. gegenphasig beaufschlagten Zwischenwänden eines Falthornes!) die Konstruktion belasten.

Vorteile

Der Strahlungswiderstand steigt durch das Ankoppeln eines Horns an einen Treiber frequenzmäßig früher an, als wenn derselbe Treiber frei strahlte. Allerdings ist der Endwert der Strahlungsimpedanz in beiden Fällen gleich und hängt nur vom Membrandurchmesser des Treibers ab. Im Falle der (hochfrequenten) vollständigen Anpassung des Treibers ergibt sich durch das Vorsetzen eines Horns also kein größerer Wirkungsgrad! Umgekehrt gedacht macht Hornbetrieb jenseits der Anpassungsfrequenz des freien Treibers keinen Sinn. Dies begrenzt bei gegebenem Membrandurchmesser die sinnvoll nutzbare obere Frequenz des Horns.

Trotzdem haben viele Hörner einen überlegenen Wirkungsgrad, der alle anderen Konzepte mehr als deutlich übertrifft (geschlossene Box: 0,1 bis 2 %, Horn bis 50 %). Bestimmte Verstärkerprinzipien mit geringem Wirkungsgrad oder geringer Leistungsabgabe (z. B. Class-A-Verstärker, auch mit [Elektronenröhren](#)) können nur mit Hornlautsprechern sinnvoll betrieben werden.

Bei breitbandigem Hornbetrieb (über ca. eine Dekade) ist dieser Gewinn aber nur möglich, indem wesentlich effizientere Treiber verwendet werden, als es bei Freistrahler üblich ist. Dies ist einerseits möglich, weil beim Horn die Treibermembran sehr viel stärker belastet wird und deshalb weitaus weniger weit ausgelenkt wird. Der Luftspalt kann somit mit sehr kleiner Oberfläche ausgeführt werden, das Magnetfeld ist somit hochkonzentriert. Dies allein reicht aber nicht aus, sondern es kommen andererseits beim typischen Horntrieb auch statt der [Ferrite](#) hochwertigere [Alnico](#) oder [Neodym](#)-Magnete zum Einsatz. Der typische Horntrieb

erreicht damit bei freier Anpassung Kennschalldrucke von 100 dB und mehr. So gesehen dient das Horn nur dazu, die Anpassungsgrenze weiter nach unten zu schieben, so dass über einen weiten unteren Frequenzbereich angepasst gearbeitet wird. Umgekehrt wird ein durchschnittlicher Treiber mit Horn enttäuschen, ein hoher Wirkungsgrad wird sich nur schmalbandig weit unterhalb der freien Anpassung erreichen lassen (näselse Charakteristik), versucht man breitbandige Abstrahlung zu erzielen, so wird der Wirkungsgrad nahe den Freistrahlerwerten liegen.

Durch die geringere Auslenkung des Hornsystems geringere lineare Verzerrungen bewirken und was schwerer wiegt, wesentlich geringere Intermodulationsverzerrungen. Ihre systembedingte Richtwirkung spielt vor allem dort eine entscheidende Rolle, wo Schall gezielt adressiert werden soll (long throw) und/oder wo bestimmte Flächen nicht oder nur gering beschallt werden sollen. Bei der professionellen Beschallung großer Flächen (Stadien) oder Volumina (Säle) sind Hornlautsprecher unverzichtbar.

Nachteile

Hornlautsprecher, ganz gleich für welchen Frequenzbereich, sind aufwändig und in aller Regel teuer in ihrer Entwicklung und Herstellung. Vor allem Hörner für tiefe Frequenzen sind entweder extrem groß (z. B. 3 m Länge mit 10 m² Mundfläche) oder benötigen eine Wand oder Raumecke als erweiterte Schallführung, was es gestattet, die erforderlichen Abmessungen zu reduzieren. (siehe weiter oben unter Raumwinkel). Das schränkt allerdings die Standortwahl ein und kann zu Problemen mit [Raummoden](#) führen.

Die durch den verbesserten Strahlungswiderstand vermehrte akustische Kopplung und vermehrte Abstrahlung akustischer Wirkleistung funktioniert auch umgekehrt (reziprok): Raumresonanzen beeinflussen den Hornstreiber stark, während direkt strahlende Chassis vom Raum praktisch nicht beeinflusst werden, so dass man elektrische oder mechanische Messungen an diesen in der Regel sogar ohne Absorberkammer und ohne Ausweichen ins [Freifeld](#) unternehmen kann.

Jede Art von Schallführung lässt stehende Wellen und somit Resonanzen zu. Solche Resonanzen sind bei Hörnern oft zu beobachten und gerade im Hochtonbereich sehr schwer zu vermeiden. Deshalb wurden sog. Multizellularhörner gebaut. Trotzdem sind bei Direktstrahlern in der Regel wesentlich weniger Resonanzen zu beobachten.

Hörner bilden einen akustischen Hochpass mit z. T. extrem steilem Schalldruckabfall. Die [Gruppenlaufzeiteffekte](#) dieses Abfalls sind weit stärker, als die von Direktstrahlern.

Bei der unteren Grenzfrequenz lässt die akustische Belastung der Membran stark nach. Gerade die Treiber, die für Hornbetrieb optimiert sind, können bei diesen Frequenzen mechanisch zerstört werden. Solche Hornstreiber sollte man niemals ohne Horn betreiben, auch nicht zu Testzwecken. Beim Einschalten von Verstärkern oder bei Überlastung oder durch Fehler können an den Klemmen des Treibers Signale mit tiefen Frequenzen oder gar mit Gleichanteil anliegen (Knall oder Knackse). Ein elektrisches Hochpassfilter (mindestens ein Kondensator in Serie) und ein steiles elektronisches Hochpassfilter ist daher meist unumgänglich, mit allen negativen Auswirkungen für die Gruppenlaufzeit.

Die Verzerrungen eines Chassis oder Treibers sind nicht allein von der Membranauslenkung abhängig, auch bei kleinsten Auslenkungen verbleibt stets ein

Rest an Verzerrung. Gerade Hochleistungshörner mit starker Kompression (**Druckkammer**) haben zusätzliche Verzerrungen durch nichtlineare Luftkompression sowie durch nichtlineare Verformungen der Treibermembran.

Das Horn transformiert die kleine Halsfläche in eine große Mundfläche. Die Situation am Mund ist dieselbe, als wenn ein eben so großer Direktstrahler eingesetzt würde, dessen Membran die Form der Wellenfront am Hornmund hat. Bei Wellenlängen, die klein gegenüber dem Hornmund sind, treten also Bündelungserscheinungen auf, die bei tieferen Frequenzen in eine kugelförmige Abstrahlung übergehen. Dies engt den nutzbaren Frequenzbereich weiter ein. Diese Gegebenheiten sind weitgehend unabhängig von der Hornkontur, treten also z. B. auch bei den sog. Kugelwellenhörnern auf. Vielfach wird jedoch falsch verstanden, dass solche Hörner am Mund die Situation einer tatsächlichen Kugelwelle (d. h. eines Strahlers, der sehr klein gegenüber der Wellenlänge ist) mit ihrer richtungsunabhängigen Charakteristik wiedergäben. Dies ist nicht der Fall.

Es gibt also eine Reihe von Problemen beim Einsatz von Hörnern. Andererseits sind gute Direktstrahler in normalen Wohnräumen durchaus ausreichend und in der Lage, sogar gehörschädigende Schallpegel zu erzeugen. Dies sind solche Chassis, die durch ihre starken (und somit etwas teureren Magneten) Referenzpegel von 96 dB SPL erzeugen, bei 1 Watt Eingangsleistung in einem Meter Abstand. Es ist sicher richtig, dass typische Erzeugnisse im Vergleich mit nur 86 dB SPL sehr schlechte Wirkungsgrade haben, nämlich nur ein Zehntel davon! Bei richtiger Auslegung vor allem im Tieftonbereich (mehrere Wege) erhält man nicht zu große Aufbauten ($< 0.5 \text{ qbm}$), die bis zu sehr tiefen Frequenzen ($< 20 \text{ Hz}$) ohne störendes Klirren spielen. Zudem ist es möglich, den Strahlungswiderstand und zugleich die Pegelfestigkeit von Direktstrahlern durch parallele Anordnungen (Gruppen) zu verbessern. Dem sind Grenzen gesetzt dadurch, dass bei größeren Gesamtabmessungen Bündelungserscheinungen früher einsetzen (was aber auch für Hörner gilt). Die zwingend technische Berechtigung von Hörnern kommt bei etwas größeren Räumen (kleine Hallen) und zwar zuerst bei den Hochtönern, die auf Grund der konstruktiven Anforderungen der geringen Treibermembranmasse und des geringen Durchmessers kaum mehr als 10 Watt Verlustleistung aufnehmen können (auch wenn stets wesentlich größere Zahlen angegeben werden) und somit in solchen Situationen die Anlage begrenzen oder selbst ausfallen. Ein typischer Hochtöner ohne Horn kann deshalb nur einen Dauerschallpegel von 100 dB SPL erreichen, ein solcher mit Horn jedoch etwa 115 dB. Das ist mehr als der fünffache Schalldruck und somit deutlich wahrnehmbar. Je größer der zu beschallende Raum (bis hin zur Freiluftsituation) desto mehr müssen auch die Chassis für tiefere Frequenzen aus derselben Argumentation mit Hörnern versehen werden. Im Freien kommt noch hinzu, dass man die Richtcharakteristik zusätzlich nutzen muss, um die verlangten Schallpegel überhaupt realisieren zu können, man ist deswegen sogar gezwungen, ganze Batterien von 20 oder mehr Hörnern zu kombinieren, wobei vertikale Türme oder Stapel bevorzugt werden. Es ist jedoch zu beobachten, dass bei tiefsten Frequenzen auch im Freien wegen ihrer kompakten Abmessungen immer noch Direktstrahler eingesetzt werden, oft massiv parallel, z. B. 40 oder 80 Chassis mit 18 Zoll Durchmesser. Durch elektronische Verzögerungsschaltungen kann die Richtcharakteristik einer solchen Vielzahl von Strahlern zusätzlich geformt werden, um den Schalldruck im erwünschten Bereich zu verbessern und um Abstrahlung in

unerwünschte Bereiche zu minimieren. Dies funktioniert in Analogie zu den Achter- oder Nierencharakteristiken von Mikrofonen.

Horntypen



Druckkammerlautsprecher

Die verschiedenen Hörner unterscheiden sich im wesentlichen durch ihre Geometrie, d. h. durch die Zunahme des Horndurchmessers von der Hals- bis zur Mundöffnung. Das bestimmende Merkmal für die erzielbare untere **Grenzfrequenz** des Hornes ist dabei die Größe der Mundöffnung. Jede dieser Formen hat ihre Vor- und Nachteile.

Exponentialhorn [Bearbeiten]

Der älteste und am weitesten verbreitete Horntyp ist das Exponentialhorn. Die Querschnittsfläche des Hornes vom Hals zum Mund erweitert sich entsprechend der Exponentialfunktion:

$$A_M = A_H \cdot e^{kx}$$

A_M = Mündungsquerschnitt des Hornes

A_H = Halsquerschnitt des Hornes

e = **eulersche Zahl**

x = Trichterlänge

k als Trichterkonstante ergibt sich aus der Funktion $k = \frac{f_g \cdot 4\pi}{c}$, wobei f_g die angestrebte untere **Grenzfrequenz** des Horns und c die **Schallgeschwindigkeit** bezeichnet.

Viele Klassiker der Hornlautsprecher arbeiten nach diesem Verfahren. Das Exponentialhorn optimiert die akustischen Vorgänge im Inneren des Horns, lässt aber die detaillierten Anpassungsvorgänge des Hornmundes z. T. außer Betracht. Es wird unterstellt, dass die ebene Wellenform im Horn sich als ebene Welle vom Hornmund löst.

Kugelwellenhorn

Letzteres Problem wird im Design des Kugelwellenhornes aufgegriffen und weitestgehend gelöst. Die Kontur des Kugelwellenhornes ist eine **Traktrix**, womit eine sphärische Wellenform im Design vorausgesetzt ist. Diese entsteht naturgemäß bei der Ablösung der Welle vom Hornmund.

Konisches Horn

Die akustische Impedanz am Hornhals des konischen Horns, die dem Frequenzgang im unteren Frequenzbereich eines Horns weitgehend proportional ist, weist einen vorzeitigen Abfall zu tiefen Frequenzen hin auf. Je nach gewählter Geometrie des zu vergleichenden in Länge, Hals- und Munddurchmesser identischen konischen Hornes und des Exponentialhorns liegt die untere Grenzfrequenz des konischen Horns um wenigstens zwei Oktaven über der des Exponentialhorns. Allerdings ist die Welligkeit im unteren Frequenzbereich deutlich geringer.

Andere Hornkonturen bzw. Regeln der Bestimmung der Querschnittsflächen bewirken entweder ungünstigere Impedanzanpassungen oder einen weitaus welligeren Frequenzgang.

Von „[http://de.wikipedia.org/wiki/Horn_\(Lautsprecher\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Horn_(Lautsprecher))“