



Gesuch eingereicht: 16. November 1949, 12 Uhr. — Patent eingetragen: 31. Dezember 1951.  
 (Priorität: Deutschland, 27. Dezember 1948.)

**HAUPTPATENT**
**Klangfilm GmbH., Karlsruhe (Deutschland).**
**Lautsprecher mit Exponentialtrichter.**

Die Erfindung bezieht sich auf einen Lautsprecher mit Exponentialtrichter; sie hat den Zweck, die akustische Wirkung solcher Trichter zu verbessern; dies wird erfindungsgemäß durch einen Verlauf der Mantellinien des Trichters erreicht, bei dem der Erweiterungsfaktor bezogen auf ebene Wellenflächen in verschiedenen Abständen vom Anfangsquerschnitt in Richtung der Trichteröffnung größer wird.

Im folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung näher erläutert.

Der Verlauf der Mantellinien ist bei Lautsprechertrichtern bekanntlich bestimmt durch die Vergrößerung des Trichterquerschnittes senkrecht zur Achse gegenüber dem Anfangsquerschnitt. Jeder Trichterquerschnitt  $F$  vergrößert sich dabei gegenüber dem Anfangsquerschnitt  $F_0$  nach einer Funktion des Schallweges  $s$  derart, daß die Querschnittsvergrößerung der Gleichung

$$F = F_0 \cdot f(s) \quad (1)$$

genügt (Erweiterungsgesetz). Bei einem Exponentialtrichter z. B. ist diese Funktion  $f(s)$  durch den Ausdruck  $e^{\gamma s}$  gegeben; darin bedeutet  $s$  den Schallweg und  $\gamma$  den Erweiterungsfaktor; der Erweiterungsfaktor  $\gamma$  ist nach der bekannten Anschauung durch die Formel:

$$n_0 = \frac{c \cdot \gamma}{4 \cdot \pi}$$

gegeben, worin  $n_0$  die untere Grenzfrequenz und  $c$  die Schallgeschwindigkeit ist. Obschon es bekannt war, daß die Schallwellen sich kugelförmig ausbreiten, wurden bei der Bestimmung des Mantelverlaufes von Trichtern unter Anwendung des Erweiterungsgesetzes innerhalb des Trichters ebene Wellenflächen (Wellenfronten) vorausgesetzt, von denen angenommen wurde, daß die Schallstrahlen diese an allen Orten in gleicher Phase durchstoßen. Neuere Untersuchungen haben jedoch gezeigt, daß diese Voraussetzung bzw. Annahme unrichtig ist und deswegen die bisherigen Methoden zur Bestimmung des Mantelverlaufes kein befriedigendes Ergebnis brachten. Der konstante Erweiterungsfaktor, bezogen auf ebene Wellenflächen, hat nämlich zur Folge, daß der Trichter theoretisch unendlich lang werden müßte; ein solcher Trichter würde aber mit Rücksicht auf den in der Praxis zur Verfügung stehenden Raum nicht anwendbar sein; deswegen wurde er vor seinem theoretischen Ende entsprechend der vorgegebenen Bautiefe abgeschnitten und allenfalls in der Austrittsöffnung abgerundet. Es hat sich gezeigt, daß derartige Trichter Reflexionen insbesondere im Bereich der Austrittsöffnungen aufweisen und ferner Resonanzerscheinungen, was die Güte der Schallübertragung beeinträchtigt.

Aus diesen Untersuchungen wurde die für die vorliegende Erfindung grundlegende Erkenntnis gewonnen, daß die Wellenflächen

im Innern des Trichters, welche bei Anwendung des Erweiterungsgesetzes für die Bestimmung des Mantelverlaufes zugrunde zu legen sind, nicht eben, sondern in Richtung der Schallstrahlen gesehen konkav gekrümmte Flächen, und zwar in erster Annäherung kugelige Flächen sind. Diese Flächen sind für die Schallwellen der Ort gleicher Phase und damit die wahren Wellenflächen im Gegensatz zu den bisher angenommenen ebenen Querschnittsflächen; dementsprechend wird bei den nachstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen der Erfindung zur Bestimmung des Mantelverlaufes von den wahren Wellenflächen ausgegangen.

Wenn von ebenen Wellenflächen, wie es bisher bekannt war, ausgegangen wird, so bedeutet das praktisch, daß der Trichter sich nicht genügend stark erweitere, und rechnerisch, daß der Erweiterungsfaktor, der ja definitionsgemäß konstant sein sollte, unter Anwendung der bisherigen Methode in Richtung der Schallstrahlen stetig zunehmen müßte, wenn gekrümmte Wellenflächen unterstellt werden. Es muß also der Erweiterungsfaktor eines nach der bisherigen Methode mit ebenen Wellenflächen bestimmten Mantelverlaufes in Richtung der Schallstrahlen stetig größer werden, um zu einem Trichter zu gelangen, dessen Mantelverlauf nach der wahren Wellenfläche bestimmt ist; denn für diesen Mantelverlauf gilt die Regel, daß der Erweiterungsfaktor auf gekrümmte, vorzugsweise kugelige Wellenflächen in verschiedenen Abständen vom Anfangsquerschnitt zu beziehen und konstant ist. Zu dem sich hieraus ergebenden Resultat kann man aber nach der bisherigen Methode nur mit veränderlicher Erweiterungskonstante gelangen. Der erfindungsgemäß ausgebildete Trichter kann im Gegensatz zu den bekannten theoretisch endlich sein; es kann also seine praktische Länge der theoretischen entsprechen. Bei der endlichen Länge des Trichters ist seine Erweiterung bereits so groß, daß in der Austrittsfläche die Tangenten an die Mantellinien senkrecht zur Trichterachse stehen. Die Mantellinien können dabei unter Umständen über

die Berührungspunkte der Tangenten senkrecht zur Trichterachse hinaus verlängert werden, beispielsweise mit stetiger Krümmung so weit, daß die Tangenten parallel zur Trichterachse verlaufen. Die Krümmung kann auch noch darüber hinaus weiter fortgesetzt werden, so daß die Mantellinie schließlich wieder in sich zurückläuft. Es kann aber auch vorteilhafterweise in der Tangentialebene senkrecht zur Trichterachse eine Schallwand vorgesehen werden, in welche die Mantellinien des Trichters übergehen. Der Mantelverlauf des Trichters kann empirisch, graphisch bzw. rechnerisch ermittelt werden.

Abb. 1 zeigt in schematischer Darstellung einen erfindungsgemäß ausgebildeten Trichter mit den Mantellinien  $M_1$  und  $M_2$ , in welchem ein Trichter nach der alten Konstruktion mit den Mantellinien  $M_3$  und  $M_4$  untergebracht ist. Dieser Trichter liegt coaxial zu dem ersten Trichter, und beide Trichter gehen von derselben theoretischen Grenzfrequenz aus, welche den Erweiterungsfaktor bestimmt. Der alte Trichter mit den Mantellinien  $M_3$  und  $M_4$  sei beispielsweise unter Zugrundelegung von drei ebenen Wellenflächen  $F_1—F_3$  mit den Abständen  $s_1—s_3$  vom Anfangsquerschnitt  $F_0$  aus unter Zugrundelegung des Erweiterungsgesetzes bei konstantem Erweiterungsfaktor in bekannter Weise berechnet. Die Mantellinien  $M_1$  und  $M_2$  des erfindungsgemäß ausgebildeten Trichters sind, wie weiter unten noch näher dargelegt wird, unter Zugrundelegung von gekrümmten Wellenflächen  $F'_1, F'_2$  und  $F'_3$  ebenfalls mit demselben konstanten Erweiterungsfaktor und damit für die gleiche Grenzfrequenz bestimmt. Dieser Trichter erreicht dann, wie die Darstellung zeigt, bereits in der Ebene der Wellenfläche  $F_3$  sein reelles Ende; er erweitert sich also stärker als der alte Trichter, der in der Ebene  $F_3$  abgeschnitten ist und bis ins Unendliche fortgesetzt werden müßte, wenn er eine angenähert gleiche akustische Wirkung wie der erfindungsgemäß ausgebildete Trichter erreichen sollte. Selbst wenn er beispielsweise bis zu der Ebene  $F_4$  gemäß den gestrichelten Linien fortgesetzt würde, so würde

der alte Trichter zwar denselben Ausgangs-  
 querschnitt haben, aber trotzdem noch nicht die  
 günstige akustische Wirkung wie der erfindungs-  
 gemäß ausgebildete Trichter; auch in  
 5 dieser Ebene wäre der Trichter noch vor sei-  
 nem Ende abgeschnitten, und durch dieses  
 Abschneiden würden Reflexionen und Reso-  
 nanzen auftreten, welche die akustische  
 Übertragung verzerren. Aus diesem Grunde  
 10 sind die bekannten Trichter auch unbefriedi-  
 gend.

Wie die Darstellung zeigt, erweitert sich  
 der erfindungsgemäß ausgebildete Trichter  
 durch die Bezugnahme auf die gekrümmte  
 15 Wellenfläche stärker als der alte Trichter,  
 weil gekrümmte Wellenflächen  $F'$  in irgend-  
 einem bestimmten Abstand vom Anfangsquer-  
 schnitt  $F_0$  größer sind als die zugehörigen  
 ebenen Wellenflächen  $F$ , welche die gleichen  
 20 Durchstoßpunkte auf den Mantellinien haben.  
 Dementsprechend müßte die Erweiterungs-  
 konstante, wenn sie auf eine ebene Wellen-  
 fläche bezogen würde, stetig größer werden,  
 um zu dem Trichter zu gelangen. Das ist ein  
 25 entscheidendes Kriterium, in welchem sich der  
 Trichter von den bisherigen unterscheidet.  
 Dieses Kriterium kann aber auch so ausgedrückt  
 werden, daß der Erweiterungsfaktor  
 für die Mantellinien des Trichters bezogen  
 30 auf eine gekrümmte Wellenfläche in belie-  
 bigen Abständen vom Anfangsquerschnitt  
 konstant ist, wobei das Erweiterungsgesetz gilt  
 und die Erweiterungskonstante durch die  
 Grenzfrequenz bestimmt ist.

35 Anhand der Abb. 2, welche einen Exponen-  
 tialtrichter gemäß der Funktion

$$f(s) = e^{\gamma s} \quad (3)$$

darstellt, soll ein Ausführungsbeispiel des er-  
 40 findungsgemäßen Trichters und eine Methode  
 zur Bestimmung seines Mantelverlaufes näher  
 beschrieben werden.

Im Anfang des Trichters mit den Mantel-  
 linien  $M_1$  und  $M_2$ , etwa im Bereich I, kann der  
 45 Mantelverlauf des Trichters mit hinreichen-  
 der Genauigkeit wie bisher nach der Formel  
 (1) berechnet werden; diese lautet dann hier:

$$F_1 = F_0 \cdot e^{\gamma s_1} \quad (4)$$

Wenn man als Beispiel  $F_1$  als erste Wellen-  
 fläche annimmt, die hier gleich der ebenen  
 50 Querschnittsfläche ist, ist  $F_0$  der Anfangs-  
 querschnitt des Trichters,  $\gamma$  die Erweiterungs-  
 konstante und  $s_1$  der Abstand der Fläche  $F_1$  vom  
 Anfangsquerschnitt; in diesem Anfangsbereich  
 kann nämlich, solange der Trichter noch  
 55 schlank ist, die wahre, gekrümmte Wellen-  
 fläche praktisch gleich groß der Querschnitts-  
 fläche senkrecht zur Trichterachse angenom-  
 men werden. Der Erweiterungsfaktor ergibt  
 sich dabei in bekannter Weise aus der Bezie-  
 60 hung:

$$n_0 = \frac{c \cdot \gamma}{4 \pi} \quad (5)$$

Zur Erhöhung der Genauigkeit können natür-  
 lich auch in diesem Bereich mehrere Quer-  
 schnittsflächen in verschiedenen Abständen  
 65 vom Anfang betrachtet werden.

In dem anschließenden Bereich II weicht  
 die wahre Wellenfläche von einer ebenen  
 Fläche so weit ab, daß ihre wirkliche Gestalt  
 zu berücksichtigen ist. Die Form der wahren  
 70 Wellenfläche entspricht nämlich in diesem  
 Bereich einer Kugelkalotte oder wenigstens  
 annähernd einer Kugelkalotte; die Erzeugende  
 der Wellenfläche ist also hier nicht wie vor-  
 her eine Gerade, sondern ein Kreisbogen, des-  
 75 sen Mittelpunkt auf der Trichterachse liegt.  
 Diese Wellenflächen sind Kugelkalotten mit  
 demselben Radius. Dieser Radius ergibt sich  
 aus einer physikalisch qualitativen Überlegung  
 bei der Betrachtung der Verhältnisse im Aus-  
 80 gangsquerschnitt. In diesem Querschnitt stellt  
 die Kugelkalotte wenigstens angenähert eine  
 Halbkugel dar mit dem Radius  $r_0$ . Die Größe  
 dieses Radius ist dabei gegeben durch die  
 Wellenlänge  $\lambda_0$  der untern Grenzfrequenz  $n_0$ ,  
 85 die der Trichter über diesen Querschnitt noch  
 übertragen soll, und zwar gilt die Beziehung

$$r_0 = \frac{\lambda_0}{\pi} \quad (6)$$

Über diese Halbkugel hinaus vergrößert  
 90 sich die Wellenfläche, während sie sich zum  
 Trichteranfang hin verkleinert; zum Innern  
 des Trichters hin entsprechen also die Wellen-

flächen immer kleiner werdenden Ausschnitten aus der Halbkugel, dessen Radius konstant bleibt. Diese Wellenflächen sind in dem Erweiterungsgesetz (Formel 3) anzuwenden und können in einfacher Weise dadurch gewonnen werden, daß in den gewünschten Querschnitten in Punkten auf der Trichterachse Kreisbögen mit  $r_0$  geschlagen werden; hier sind es die Punkte  $A_2—A_4$ ; damit ergeben sich die einen geometrischen Punkte für die Mantellinie, die andern ergeben sich aus den Schnittpunkten der jeweiligen Kreisbögen mit ihren zugehörigen Sehnen  $s_2—s_4$  bei der hier vorliegenden zweidimensionalen Darstellung; in Wirklichkeit ist zu berücksichtigen, daß der Trichter ein räumliches Gebilde ist, im Beispiel ein Rotationskörper mit kreisförmigem Querschnitt, und dementsprechend werden die geometrischen Orte durch Kalottenflächen und ihre Basisflächen festgelegt. Diese Verhältnisse sind aber an Hand der Darstellung ohne weiteres zu überblicken. Es fehlt dazu aber noch die Bestimmung der Kalottenhöhen  $h$  bzw. hier der Abstände  $h_2$  bis  $h_4$  der Sehnen von den zugehörigen Kreisbögen (Wellenflächen). Für die Bestimmung der Größe von  $h$  wird zuerst die Größe der Kalottenfläche  $F'$  aus dem Erweiterungsgesetz (Formel 3) ermittelt mit ihrem Abstand  $s$  vom Anfangsquerschnitt. Da die Kalotte ein Ausschnitt aus der Kugel mit dem Radius  $r_0$  ist und die Kalottenfläche errechnet werden kann, ist damit die Kalottenhöhe  $h$  festgelegt. Damit können nun in beliebigen Abständen vom Anfangsquerschnitt aus geometrische Punkte für die Mantellinie gefunden werden. Es wird auf der Trichterachse z. B. um den Punkt  $A_3$  ein Kreisbogen mit dem Radius  $r_0$  geschlagen, der die Trichterachse in dem Punkt  $B_3$  mit dem dazugehörigen Schallweg  $s_3$  schneidet. Von diesem Schnittpunkt aus wird die Strecke  $h_3$  in Richtung des Anfangsquerschnittes auf der Trichterachse abgetragen und durch den Endpunkt eine Senkrechte zur Trichterachse gelegt, deren Schnittpunkte mit dem Kreisbogen bzw. der Kugelkalotte geometrische Punkte für die Mantellinie bilden. Auf diese Weise können

entsprechend der geforderten Genauigkeit eine beliebige Zahl von geometrischen Punkten aus den Wellenflächen in beliebigem Abstand vom Anfang des Trichters ermittelt und so der Mantelverlauf durch Verbindung dieser Punkte bestimmt werden.

Ein solcher Trichter weist gemäß den praktischen Versuchen auch noch unterhalb der Grenzfrequenz  $n_0$ , welche der Rechnung zugrunde gelegt ist, einen beachtlichen Strahlungswiderstand auf, so daß der Rechenwert hier im Gegensatz zu den bekannten Trichtern, bei denen die Grenzfrequenz unterhalb der tiefsten zu übertragenden Frequenz liegen muß, nur die theoretische Grenzfrequenz darstellt. Ein Trichter, der also nach dem beschriebenen Verfahren z. B. mit einer theoretischen Grenzfrequenz von 60 Hz berechnet bzw. konstruiert worden ist, überträgt noch Frequenzen bis herab zu 30 Hz. Diese Erscheinung ist besonders bei Tieftontrichtern vorteilhaft und wirkt sich allgemein noch insofern günstig aus, als damit die Möglichkeit gegeben ist, die Trichterlänge zu verkürzen, da die theoretische Grenzfrequenz höher gelegt werden kann. Dies ist für praktische Brauchbarkeit von besonderem Vorteil.

Im Endgebiet des Trichters kann der Trichter vorteilhaft in eine tangential angelegte Schallwand  $W$  auslaufen, die senkrecht zur Trichterachse verläuft. Diese Schallwand ist besonders zweckmäßig, wenn z. B. aus besonderen Gründen die Austrittsöffnung verkleinert worden ist. An Stelle dieser Schallwand kann aber die Mantellinie in einer Krümmung gemäß dem gestrichelten Ansatz  $D$  weitergeführt werden, derart, daß die Tangente  $T$  bzw.  $T'$  an die Mantellinie parallel zur Trichterachse verläuft. Es ist unter Umständen zweckmäßig, den Teil  $D$  noch weiter zu verlängern, wie es der Kurventeil  $E$  zeigt; diese Formung des Trichters ist besonders geeignet, Wirbelbildungen am Trichterende zu vermeiden, die bei abgebrochener Mantelkurve entstehen können. Wenn keine Schallwand vorgesehen wird, müßte der Trichter etwa gemäß den gestrichelten Linien  $D—E$  weitergeführt werden, um eine möglichst ein-

wandfreie Ablösung der Schallwellen vom Trichter zu erreichen; hierzu kann der Mantelverlauf auch in diesem Gebiet nach den vorher beschriebenen Grundsätzen festgelegt werden, und zwar so weit, daß er wieder in sich zurückläuft, wie die Zeichnung mit den gestrichelten Linien  $D-E$  zeigt.

Ein gemäß der Erfindung konstruierter Trichter kann als Vorlage für Trichter dienen, die mit andern Grenzfrequenzen  $n_0$  arbeiten sollen. Hierzu ist eine Abänderung der Lineardimensionen des Trichters im Verhältnis der Wellenlängen der entsprechenden Grenzfrequenzen erforderlich. Soll also beispielsweise aus einem Trichter mit einer theoretischen Grenzfrequenz von 225 Hz ein solcher mit einer Grenzfrequenz von 450 Hz gewonnen werden, so sind die Lineardimensionen im Verhältnis 2 : 1 zu verkleinern. Wenn ein Trichter auf eine tiefere Grenzfrequenz abgestimmt werden soll, so sind die Lineardimensionen entsprechend zu vergrößern. Bei Verkleinerung bzw. Vergrößerung ergibt sich nun nicht nur eine Verkleinerung bzw. Vergrößerung des Querschnittes, sondern auch des Anfangsquerschnittes. Diese Veränderung des Anfangsquerschnittes kann unter Umständen zu Schwierigkeiten bei der Membrananpassung führen. Wenn nach dem vorher beschriebenen Verfahren ein 50-Hz-Trichter mit der Länge  $L$  in Abb. 3 im Verhältnis 2 : 1 verkleinert wird, so entsteht ein Trichter gemäß Abb. 4 mit der Länge  $L'$ , der auf 100 Hz abgestimmt ist. Wenn nun die Anfangsfläche  $F_0$  des Ausgangstrichters für eine bestimmte Membrangröße bemessen ist, so kann dieselbe Membran in dem verkleinerten Eingangsquerschnitt  $F'_0$  nicht benutzt werden. Wenn nun eine passende Membran für die Fläche  $F'_0$  nicht zur Verfügung steht, so kann ein bestimmter Teil des Trichters abgeschnitten werden, und zwar vom Trichteranfang her bis zu einer Stelle, wo der verkleinerte Trichter einen Querschnitt von der Größe der zur Verfügung stehenden Membran aufweist. Wenn also dieselbe Membran benutzt werden soll, die für den Trichter nach Abb. 3 verwendet wird, so wäre dies möglich, wenn der verkleinerte

Trichter in Abb. 3 auf die Länge  $L''$  verkürzt würde, wo der Anfangsquerschnitt ebenfalls eine Fläche  $F_0$  besitzt. Bei Vergrößerung des Vorlagetrichters ist analog unter entsprechender Verlängerung des Trichters zu verfahren. Das Abschneiden des Trichters erfolgt dabei zweckmäßig in einem Bereich, in dem die Wellenfläche annähernd noch als Ebene angesehen werden kann. Das Prinzip des Abschneidens kann außerdem nutzbringend dafür angewendet werden, um ein und dasselbe Endstück eines Trichters für Lautsprecher verschiedener Leistungen bzw. verschiedener Membranflächen zu verwenden oder die Trichterlänge an die zur Verfügung stehende Einbautiefe anzupassen. Dabei kann eine Leistungssteigerung bei vergrößertem Anfangsquerschnitt durch Anbau eines größeren Antriebssystems erreicht werden. In der Praxis ist es unter Umständen, insbesondere bei Tieftrichtern, zweckmäßig, den Trichter aus mehreren Teilstücken, die je für sich denselben Erweiterungsfaktor besitzen wie das Endstück, aufzubauen, wie dies Abb. 5 zeigt, und zwar für einen dreiteiligen Trichter mit den Teilstücken  $a, b, c$ , aus denen sich zwei verschiedene Trichter bilden lassen. Die Erfindung ist nicht nur bei Trichtern mit kreisförmigen Querschnitten anwendbar, sondern auch bei eckigen Querschnitten, z. B. quadratischen. Der Querschnitt kann auch vom Trichteranfang zum Ende in eine andere Form übergehen, z. B. vom kreisförmigen in den quadratischen. Wenn auch bei quadratischen Querschnitten die beschriebene Methode weniger genau ist als bei kreisförmigen Querschnitten, so kann doch die Konstruktion derartiger Trichter nach den beschriebenen Prinzipien mit hinreichender Annäherung ausgeführt werden; es kann ebenso wie in dem Beispiel von einem Rotationskörper ausgegangen werden. Dieser Rotationskörper wird quadratisch umschrieben. Gegebenenfalls kann er auch einbeschrieben werden.

Die Trichter können mit allen Antriebssystemen erregt werden, z. B. mit Druckkammersystem oder Freistrahlersystem. Wenn für die Erregung ein Membranantriebssystem be-

nutzt wird, so ist es vorteilhaft, die darin enthaltene Membran in Form einer Kugelkalotte auszubilden, deren Radius der Kugelwellenfläche entspricht, die bei der Berechnung des Trichters zugrunde gelegt ist. Der hierin liegende Grundgedanke kann auch bei Erregung durch mehrere Antriebssysteme verwirklicht werden; in diesem Falle werden die Membranen zweckmäßig so geordnet, daß ihre Austrittsöffnungen etwa Sehnen- oder Tangentenflächen einer Kugelkalottenfläche bilden, deren Radius der Kugelwellenfläche des Trichters entspricht. Dabei können die einzelnen Antriebssysteme unter sich gleich sein und z. B. nach dem elektrodynamischen System arbeiten. Es ist aber unter Umständen zweckmäßig, verschiedenartige Systeme zu verwenden, z. B. Trichtersysteme, die gegebenenfalls bevorzugt höhere Frequenzen wiedergeben. Ein solches Trichtersystem könnte beispielsweise zweckmäßig in der zentralen Achse des Trichters liegen. Die Wirkungsweise des Trichters kann durch eine besondere Ausgestaltung der Eigenresonanz beim Antrieb weiter verbessert werden, nämlich dadurch, daß das Antriebssystem des Trichters eine Eigenresonanz aufweist, die im Bereich unterhalb der theoretischen Grenzfrequenz des Trichters liegt, also in einem Trichterbereich, in dem der Strahlungswiderstand des Trichters nach den Tiefen zu abfällt. Bei Anwendung mehrerer Antriebssysteme erhalten diese zweckmäßig unterschiedliche Eigenresonanzen, so daß deren Resonanzen in dem untern Frequenzbereich so liegen, daß sich für den abgestrahlten Schall eine ausgeglichene Frequenzkurve auch unterhalb der Grenzfrequenz des Trichters ergibt. Diese vorteilhafte Wirkung beruht dabei darauf, daß der Trichter auch unterhalb der theoretischen Grenzfrequenz noch eine bestimmte Abstrahlung hat, deren Abfall durch die Eigenresonanz ganz oder wenigstens teilweise ausgeglichen werden kann.

#### PATENTANSPRUCH:

Lautsprecher mit Exponentialtrichter, gekennzeichnet durch einen Verlauf der Man-

tellinien des Trichters, bei dem der Erweiterungsfaktor bezogen auf ebene Wellenflächen in verschiedenen Abständen vom Anfangsquerschnitt in Richtung der Trichteröffnung größer wird.

#### UNTERANSPRÜCHE:

1. Lautsprecher nach Patentanspruch, dadurch gekennzeichnet, daß der Erweiterungsfaktor fortlaufend und stetig derart größer wird, daß die Mantellinien in der Austrittsfläche des Trichters in eine Ebene senkrecht zur Trichterachse übergehen.

2. Lautsprecher nach Patentanspruch, dadurch gekennzeichnet, daß der Erweiterungsfaktor bezogen auf eine kugelartige Wellenfläche in verschiedenen Abständen vom Anfangsquerschnitt des Trichters konstant ist.

3. Lautsprecher nach Unteranspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Tangenten an die Mantellinien in der Austrittsfläche des Trichters senkrecht zur Trichterachse stehen.

4. Lautsprecher nach Unteranspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Mantellinien über die Berührungspunkte der Tangenten senkrecht zur Trichterachse hinaus verlängert sind.

5. Lautsprecher nach Unteranspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Mantellinien mit stetiger Krümmung so weit verlängert sind, daß sie Tangenten parallel zur Trichterachse aufweisen.

6. Lautsprecher nach Unteranspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Mantellinien über die Berührungspunkte der Tangenten parallel zur Trichterachse hinaus in stetig gekrümmten Bogen zur ursprünglichen Mantellinie zurückgeführt sind.

7. Lautsprecher nach Unteranspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß in der Tangentialebene senkrecht zur Trichterachse eine Schallwand ( $W$ ) liegt, in welche die Mantellinien des Trichters übergehen.

8. Lautsprecher nach Unteranspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die theoretische Grenzfrequenz des Trichters über der tiefsten Ansprechfrequenz des Antriebssystems liegt.

9. Lautsprecher nach Unteranspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Länge des Trichters erheblich kleiner ist als die Wellenlänge seiner Grenzfrequenz.
- 5 10. Lautsprecher nach Unteranspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Trichter aus mehreren Teiltrichtern zusammengesetzt ist.
- 10 11. Lautsprecher nach Unteranspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Schnittflächen zwischen den Teiltrichtern senkrecht zur Trichterachse liegen.
- 15 12. Lautsprecher nach Unteranspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Antriebssystem für die Erregung eine schallabstrahlende Fläche in solcher Form besitzt, daß diese Fläche im wesentlichen mit der Kugelwellenfläche übereinstimmt, die der Berechnung des Trichters zugrunde liegt.
- 20 13. Lautsprecher nach Unteranspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Antrieb durch mehrere Membranen erfolgt, deren Austrittsöffnungen praktisch Sehnenflächen einer Kugelkalottenfläche bilden, deren Radius der Kugelwellenfläche entspricht.
14. Lautsprecher nach Unteranspruch 2, 25 dadurch gekennzeichnet, daß der Antrieb durch mehrere Membranen erfolgt, deren Austrittsöffnungen praktisch Tangentenflächen einer Kugelkalottenfläche bilden, deren Radius der Kugelwellenfläche entspricht. 30
15. Lautsprecher nach Unteranspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere unterschiedliche Antriebssysteme vorgesehen sind.
16. Lautsprecher nach Unteranspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein 35 Hochtonsystem neben wenigstens einem andern Antriebssystem vorgesehen ist.
17. Lautsprecher nach Unteranspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Antriebssystem eine Eigenresonanz aufweist, die unterhalb der theoretischen Grenzfrequenz des Trichters liegt. 40
18. Lautsprecher nach Unteranspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß unterschiedliche Eigenresonanzen der Antriebssysteme derart 45 vorgesehen sind, daß sich für den abgestrahlten Schall auch unterhalb der Grenzfrequenz des Trichters eine möglichst ausgeglichene Frequenzkurve ergibt.

**Klangfilm GmbH.**

Vertreter: Max Kieser, Zürich.

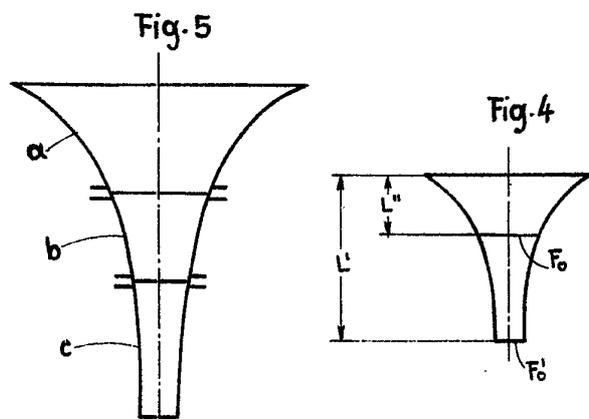
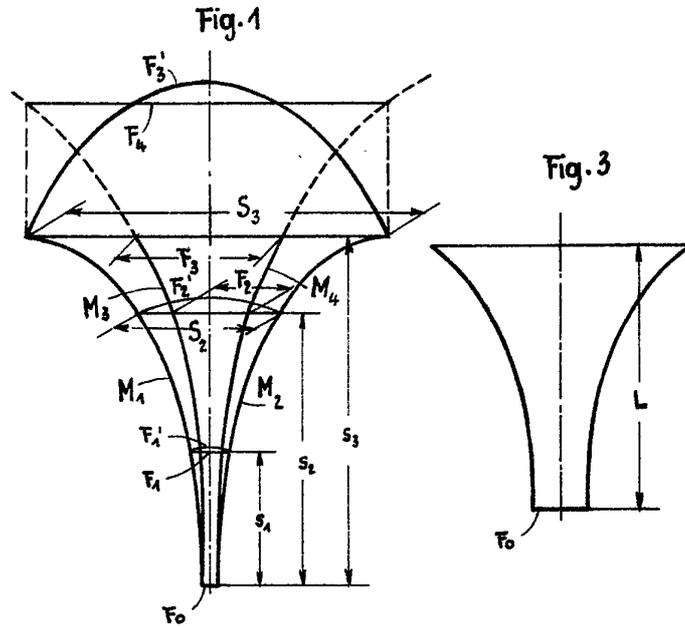


Fig. 2

