

(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 2133/94

(51) Int.Cl.⁶ : **H04R 1/28**

(22) Anmeldetag: 17.11.1994

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 3.1996

(45) Ausgabetag: 25.11.1996

(73) Patentinhaber:

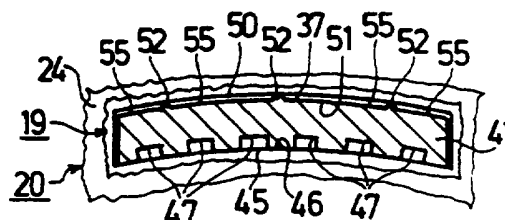
PHILIPS ELECTRONICS N.V.
NL-5621 BA EINDHOVEN (NL).

(72) Erfinder:

POLDY CARL DR.
WIEN (AT).
RUBERL ERNST ING.
WIEN (AT).

(54) ELEKTROAKUSTISCHER WANDLER MIT EINER DURCHSTECKREIBUNG

(57) Bei einem elektroakustischen Wandler (1) mit einem ersten Wanderteil (19) und mit einem zweiten Wanderteil (20) und mit einem ersten akustisch wirksamen Hohlraum (35) und mit einem zweiten akustisch wirksamen Hohlraum (36), welche beiden Hohlräume (35, 36) durch den ersten Wanderteil (19) voneinander getrennt sind, ist in dem ersten Wanderteil (19) mindestens ein die beiden Hohlräume (35, 36) verbindender Durchgang (37, 38, 39, 40) vorgesehen, durch den ein vom zweiten Wanderteil (20) absteher Fortsatz (41, 42, 43, 44) hindurchgesteckt ist, wobei zwischen zwei einander gegenüberliegenden ersten Begrenzungswandbereichen (45, 46) des Durchganges (37, 38, 39, 40) und des Fortsatzes (41, 42, 43, 44) Engstellen (47) zur Bildung von akustischen Reibungen und wobei zwischen zwei den ersten Begrenzungswandbereichen (45, 46) gegenüberliegenden zweiten Begrenzungswandbereichen (50, 51) des Durchganges (37, 38, 39, 40) und des Fortsatzes (41, 42, 43, 44) mindestens eine von einem der zweiten Begrenzungswandbereiche (50, 51) abstehende, an dem anderen der zweiten Begrenzungswandbereiche (50, 51) sich abstützende deformierbare Erhebung (52) zum Zwecke eines Toleranzausgleiches von Querschnittsabmessungen des Durchganges (37, 38, 39, 40) und des Fortsatzes (41, 42, 43, 44) vorgesehen ist.



Die Erfindung bezieht sich auf einen elektroakustischen Wandler mit einem ersten Wandlerteil und mit einem zweiten Wandlerteil und mit einem ersten akustisch wirksamen Hohlraum und mit einem zweiten akustisch wirksamen Hohlraum, von welchen beiden Hohlräumen der erste Hohlraum an einer Seite des ersten Wandlerteiles und der zweite Hohlraum an einer anderen Seite des ersten Wandlerteiles liegt, wobei
 5 in dem ersten Wandlerteil mindestens ein den ersten Wandlerteil in Richtung von dem ersten Hohlraum zu dem zweiten Hohlraum durchsetzender Durchgang vorgesehen ist und wobei an dem zweiten Wandlerteil mindestens ein von dem zweiten Wandlerteil abstehender Fortsatz vorgesehen ist, der durch den Durchgang im ersten Wandlerteil hindurchgesteckt ist, wobei zwischen einem ersten Begrenzungswandbereich des Durchganges und einem diesem ersten Begrenzungswandbereich des Durchganges gegenüberliegenden ersten Begrenzungswandbereich des Fortsatzes mindestens eine für einen Fluidstrom durchlässige Engstelle vorgesehen ist, die eine akustische Reibung zwischen den beiden Hohlräumen bildet.

Ein solcher Wandler ist im Handel erhältlich und daher bekannt. Bei dem bekannten Wandler weist der mindestens eine den ersten Wandlerteil in Richtung von dem ersten Hohlraum zu dem zweiten Hohlraum durchsetzende Durchgang einen quadratischen Querschnitt auf. Der von dem zweiten Wandlerteil abstehende, durch den Durchgang mit einem quadratischen Querschnitt hindurchgesteckte Fortsatz ist als zylindrischer Stift ausgebildet und weist dementsprechend einen kreisförmigen Querschnitt auf. Aufgrund dieser Querschnittsverhältnisse eines Durchganges und eines Fortsatzes einer akustischen Reibung, die oft als Durchsteckreibung bezeichnet wird und die beispielsweise zur Dämpfung von mechanischen und/oder akustischen Resonanzen in einem elektroakustischen Wandler dient, sind bei dieser Ausbildung vier
 15 Engstellen vorgesehen, die in den Eckenbereichen des Durchganges mit einem quadratischen Querschnitt liegen und von Zylinderwandbereichen des zylindrischen stiftförmigen Fortsatzes begrenzt sind. Bei dieser Ausbildung besteht das Problem, daß die Querschnittsdimensionen der Engstellen relativ stark von den Toleranzen der Querschnittsabmessungen des Durchganges und des Fortsatzes abhängig sind. Abmessungsunterschiede der Querschnitte des Durchganges und des Fortsatzes, die aufgrund von Herstellungstoleranzen vorliegen, wirken sich unmittelbar auf die Querschnittsabmessungen der Engstellen aus, was zur Folge hat, daß die durch die Engstellen gebildeten akustischen Reibungen und die dadurch festgelegten komplexen akustischen Impedanzen hinsichtlich ihrer Werte relativ großen Streuungen unterworfen sind. Dies deshalb, weil der Wert des Realteiles der komplexen akustischen Impedanz einer akustischen Viskositätsreibung zu der dritten Potenz der kleinsten akustisch wirksamen und akustisch wesentlichen
 20 Querschnittsabmessung der Engstelle, die die komplexe akustische Impedanz bildet, umgekehrt Proportional ist. Eine Änderung der kleinsten akustisch wirksamen und akustisch wesentlichen Querschnittsabmessung einer Engstelle hat somit eine sehr starke Änderung des Wertes des Realteiles der komplexen akustischen Impedanz einer akustischen Reibung zur Folge, was eine starke Änderung des akustischen Einflusses eines solchen akustischen Elementes bewirkt, was selbstverständlich unerwünscht ist.

Die Erfindung hat sich zur Aufgabe gestellt, die bei einem bekannten Wandler gemäß der eingangs im ersten Absatz angeführten Gattung auftretenden Schwierigkeiten zu vermeiden und einen Wandler zu schaffen, bei dem trotz toleranzbedingter unterschiedlicher Querschnittsabmessungen eines Durchganges und eines durch diesen Durchgang hindurchgesteckten Fortsatzes einer akustischen Reibung, also einer sogenannten Durchsteckreibung, nur sehr geringe und in der Praxis akzeptierbare Änderungen der mit einer
 40 solchen Durchsteckreibung erzielbaren komplexen akustischen Impedanz erreicht werden. Hiefür ist die Erfindung dadurch gekennzeichnet, daß zwischen einem dem ersten Begrenzungswandbereich des Durchganges zumindest im wesentlichen gegenüberliegenden zweiten Begrenzungswandbereich des Durchganges und einem diesem zweiten Begrenzungswandbereich des Durchganges gegenüberliegenden zweiten Begrenzungswandbereich des Fortsatzes mindestens eine beim Durchstecken des Fortsatzes durch den
 45 Durchgang deformierbare Erhebung vorgesehen ist, die von einem der beiden zweiten Begrenzungswandbereiche absteht und sich an dem anderen der beiden zweiten Begrenzungswandbereiche abstützt. Auf diese Weise ist erreicht, daß die für die Bildung mindestens einer Engstelle zur Realisierung einer akustischen Reibung verantwortlichen Begrenzungswandbereiche auch bei toleranzbedingt unterschiedlichen Querschnittsabmessungen des Durchganges und des durch diesen Durchgang hindurchgesteckten Fortsatzes stets dieselben Relativlagen zueinander einnehmen, so daß stets dieselbe Komplexe akustische Impedanz erhalten wird, weil die für die Realisierung einer komplexen akustischen Impedanz verantwortlichen Begrenzungswandbereiche, zwischen denen mindestens eine Engstelle vorgesehen ist, mit Hilfe der deformierbaren Erhebungen unabhängig von den Toleranzen der Querschnittsabmessungen des Durchganges und des Fortsatzes stets sicher aneinandergedrückt gehalten sind.

Die mindestens eine deformierbare Erhebung bei einem erfindungsgemäßen Wandler kann unterschiedliche Ausbildungen aufweisen. Beispielsweise kann eine solche Erhebung kegelförmig, kuppelförmig, warzenförmig oder zylinderförmig ausgebildet sein. Eine besonders vorteilhafte Ausbildung eines erfindungsgemäßen Wandlers ist aber dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens eine Erhebung durch eine

in Richtung von dem ersten Hohlraum zu dem zweiten Hohlraum verlaufende längliche Rippe gebildet ist. Dies ist im Hinblick auf ein einfaches und gleichmäßiges Durchstecken des Fortsatzes durch den Durchgang und auch im Hinblick auf ein möglichst gleichmäßiges Deformieren, also Verformen der mindestens einen Erhebung vorteilhaft.

5 Als vorteilhaft hat sich hiebei weiters erwiesen, wenn die eine Erhebung bildende Rippe vor dem Durchstecken des Fortsatzes durch den Durchgang eine Rippenhöhe zwischen 20 μm und 200 μm aufweist. Diese Werte haben sich in der Praxis als sehr günstig erwiesen.

Als besonders günstig hat sich in der Praxis erwiesen, wenn die eine Erhebung bildende Rippe vor dem Durchstecken des Fortsatzes durch den Durchgang eine Rippenhöhe mit einem Nominalwert von 60 μm aufweist.

10 Bei einem erfindungsgemäßen Wandler hat sich weiters als vorteilhaft erwiesen, wenn die mindestens eine Engstelle durch einen in Richtung von dem ersten Hohlraum zu dem zweiten Hohlraum verlaufenden länglichen Kanal mit einem im wesentlichen rechteckförmigen Querschnitt gebildet ist. Dies ist im Hinblick auf eine möglichst einfache Herstellbarkeit der die mindestens eine Engstelle bildenden Wandlerteile vorteilhaft. Dies insbesondere dann, wenn die die mindestens eine Engstelle bildenden Wandlerteile eines Wandlers in Kunststoff-Spritztechnik hergestellt werden.

Hiebei hat sich weiters als sehr vorteilhaft erwiesen, wenn der eine Engstelle bildende Kanal eine senkrecht zu den ersten Begrenzungswandbereichen des Durchganges und des Fortsatzes vorliegende Kanaltiefe zwischen 50 μm und 300 μm aufweist. Mit diesen Werten für die Kanaltiefe werden in der Praxis sehr vorteilhafte Ergebnisse erzielt.

In der Praxis hat sich als besonders vorteilhaft erwiesen, wenn der eine Engstelle bildende Kanal eine Kanaltiefe mit einem Nominalwert von 140 μm aufweist.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von zwei in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen beschrieben, auf die die Erfindung aber nicht beschränkt ist. Die Fig.1 zeigt in einem Querschnitt und gegenüber der natürlichen Größe vergrößert einen elektroakustischen Wandler gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung, der einen inneren ersten Gehäuseteil und einen äußeren zweiten Gehäuseteil aufweist und der zwei akustisch wirksame Hohlräume einschließt, die über vier Durchsteckreibungen miteinander verbunden sind. Die Fig.2 zeigt analog wie die Fig.1 und entsprechend einem Schnitt längs der Linie II-II in Fig.3 von dem Wandler gemäß Fig.1 den äußeren zweiten Gehäuseteil, der zur Bildung von vier Durchsteckreibungen des Wandlers gemäß Fig.1 vier abstehende Fortsätze aufweist. Die Fig.3 zeigt in einem Schnitt längs der Linie III-III in Fig.2 den äußeren zweiten Gehäuseteil des Wandlers gemäß Fig.1. Die Fig.4 zeigt ähnlich wie die Fig.3, aber in einer reinen Draufsicht den inneren ersten Gehäuseteil des Wandlers gemäß Fig.1 samt dem in dem inneren ersten Gehäuseteil aufgenommenen Magnetsystem des Wandlers, wobei der innere erste Gehäuseteil zur Bildung der vier Durchsteckreibungen des Wandlers gemäß Fig.1 vier Durchgänge aufweist. Die Fig.5 zeigt in einem gegenüber der Fig.3 stark vergrößerten Maßstab einen nur schematisch dargestellten Ausschnitt aus dem äußeren zweiten Gehäuseteil des Wandlers gemäß Fig.1 mit zwei in einem Querschnitt dargestellten Fortsätzen zur Bildung je einer Durchsteckreibung. Die Fig.6 zeigt in einer Draufsicht eine mit einem in den Figuren 5 und 6 in einem Querschnitt dargestellten Fortsatz gebildete Durchsteckreibung des Wandlers nach Fig.1 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung. Die Fig.7 zeigt in derselben Weise wie die Fig.6 eine Durchsteckreibung eines Wandlers gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

In der Fig.1 ist ein elektroakustischer Wandler 1 dargestellt, der als dynamischer Wandler ausgebildet ist. Der Wandler 1 ist beispielsweise hinter einer in der Fig.1 mit strichpunktierten Linien dargestellten Gehäusewand 2 eines weiters nicht dargestellten Telefonhörers angeordnet. In der Gehäusewand 2 sind eine Mehrzahl von Löchern 3 als Schalldurchtrittsöffnungen vorgesehen.

Der Wandler 1 weist eine bezüglich einer Achse 4 des Wandlers 1 rotationssymmetrisch ausgebildete Membran 5 auf, die beispielsweise aus Kunststoff hergestellt ist. Die Membran 5 besteht im wesentlichen aus einem Trichterteil 6, der von einem ringförmigen Randbereich 7 begrenzt ist. In seinem Innenbereich geht der Trichterteil 6 in einen ringförmigen Zwischenteil 8 über, der seinerseits einen Kuppenteil 9 umrandet. Mit dem Zwischenteil 8 ist eine im wesentlichen ringförmige bzw. hohlzylindrische Schwingspule 10 verbunden. Die Schwingspule 10 ist beispielsweise in Kunststoff eingegossen und selbsttragend ausgebildet und an der Membran 5, und zwar an deren Zwischenteil 8, mittels einer Klebeverbindung befestigt.

Der Wandler 1 weist weiters ein zu der Achse 4 koaxial angeordnetes Magnetsystem 11 auf. Das Magnetsystem 11 enthält einen in axialer Richtung magnetisierten Dauermagneten 12, der zwischen einem kreisscheibenförmigen Jochteil 13 und einem kreisringförmigen Jochteil 14 liegt. Mit dem kreisscheibenförmigen Jochteil 13 ist ein zylinderförmiger Jochteil 15 einstückig verbunden, dessen Endabschnitt 16 von dem kreisringförmigen Jochteil 14 umrandet ist, wobei zwischen dem zylinderförmigen Jochteil 15 und dem

kreisringförmigen Jochteil 14 ein ringförmiger Luftspalt 17 gebildet bzw. vorgesehen ist. In dem Luftspalt 17 ist die Schwingspule 10 angeordnet, so daß die Schwingspule 10 mit dem Magnetsystem 11 zusammenwirkt, wodurch bei stromdurchflossener Schwingspule 10 dieselbe in Schwingungen in Richtung der Achse 4 versetzt wird, welche Schwingungen auf die Membran 5 übertragen werden, wodurch die Membran 5 zur Erzeugung von Schallwellen in Schwingungen versetzt wird.

Der Wandler 1 weist ein Gehäuse 18 auf, das aus einem inneren ersten Gehäuseteil 19 und aus einem äußeren zweiten Gehäuseteil 20 besteht. Beide Gehäuseteile 19 und 20 bestehen aus Kunststoff und sind im wesentlichen topfförmig ausgebildet. Der erste Gehäuseteil 19 weist einen im wesentlichen hohlzylindrischen ersten Gehäuseabschnitt 21 und der zweite Gehäuseteil 20 weist einen ebenso im wesentlichen hohlzylindrischen zweiten Gehäuseabschnitt 22 auf. Mit dem ersten Gehäuseabschnitt 21 des ersten Gehäuseteiles 19 ist ein im wesentlichen topfförmiger weiterer Gehäuseabschnitt 23 verbunden. Mit dem zweiten Gehäuseabschnitt 22 des zweiten Gehäuseteiles 20 ist ebenso ein im wesentlichen topfförmiger weiterer Gehäuseabschnitt 24 verbunden. Der weitere Gehäuseabschnitt 23 des innen liegenden ersten Gehäuseteiles 19 dient zum Halten des Magnetsystems 11 des Wandlers 1, wobei das Magnetsystem 11 und der erste Gehäuseteil 19 eine Baueinheit bilden, die in einem Spritzvorgang erhalten wird, wobei das Magnetsystem 11 mit dem ersten Gehäuseteil 19 durch Umspritzen verbunden wird. Der topfförmige weitere Gehäuseabschnitt 24 des außen liegenden zweiten Gehäuseteiles 20 ist im Bereich seiner Bodenwand 25 mit einer Einbuchtung 26 versehen. Aus dieser Einbuchtung 26 ragen insgesamt vier je im Querschnitt kreisbogenförmig verlaufende, federnd ausgebildete Lappen 27 heraus, die in Form eines Kreises angeordnet sind und die zum Zusammenwirken mit einem in dem nicht dargestellten Telefonhörer vorgesehenen Positionierteil dienen, um den in den Telefonhörer eingesetzten Wandler 1 auf einfache Weise in seiner Betriebsposition zu positionieren und zu halten. Der innere erste Gehäuseteil 19 weist eine der Membran 5 zugewandte erste Seite 28 und eine der ersten Seite 28 gegenüberliegende, von der Membran 5 abgewandte zweite Seite 29 auf. Der äußere zweite Gehäuseteil 20 weist eine der zweiten Seite 29 des ersten Gehäuseteiles 19 gegenüberliegende erste Seite 30 und eine der ersten Seite 30 gegenüberliegende zweite Seite 31 auf, die die Außenseite des Gehäuses 18 des Wandlers 1 bildet.

Die Membran 5 weist eine Vorderseite 32 und eine Hinterseite 33 auf. Vor der Vorderseite 32 liegt im Betrieb des Wandlers 1, wenn also der Wandler 1 in einen Telefonhörer eingebaut ist und hinter der Gehäusewand 2 liegt, ein Vorraum 34, der von der Membran 5 und von der Gehäusewand 2 sowie von einem Gehäuseabschnitt des inneren ersten Gehäuseteiles 19 begrenzt ist. Hinter der Membran 5 liegt ein erster akustisch wirksamer Hohlraum 35, in dem sich das Magnetsystem 11 befindet und der hauptsächlich von der ersten Seite 28 des inneren ersten Gehäuseteiles 19 und von den Teilen 12, 13, 14, 15 des Magnetsystems 11 begrenzt ist. Weiters weist der Wandler 1 einen zweiten akustisch wirksamen Hohlraum 36 auf, der von der zweiten Seite 29 des inneren ersten Gehäuseteiles 19 und von der ersten Seite 30 des äußeren zweiten Gehäuseteiles 20 begrenzt ist.

Wie aus Fig.4 ersichtlich ist, sind in dem inneren ersten Gehäuseteil 19 vier den inneren ersten Gehäuseteil 19 in Richtung von dem ersten Hohlraum 35 zu dem zweiten Hohlraum 36 durchsetzende Durchgänge 37, 38, 39 und 40 vorgesehen, die je einen kreisbogenförmigen schlitzartigen Querschnitt aufweisen. Wie aus Fig.3 und teilweise aus Fig.2 ersichtlich ist, sind an dem äußeren zweiten Gehäuseteil 20 vier von dem äußeren zweiten Gehäuseteil 20 abstehende Fortsätze 41, 42, 43 und 44 vorgesehen, deren Querschnittsform im wesentlichen der Querschnittsform der Durchgänge 37, 38, 39 und 40 angepaßt ist und im Detail aus den Figuren 5 und 6 ersichtlich ist. Im zusammengebauten Zustand des Wandlers 1 sind die Fortsätze 41, 42, 43 und 44 des äußeren zweiten Gehäuseteiles 20 durch die Durchgänge 37, 38, 39 und 40 im ersten Gehäuseteil 19 hindurchgesteckt, wodurch akustische Reibungen erhalten werden, worauf unmittelbar nachfolgend noch hingewiesen wird. Aufgrund der Realisierung dieser zumindest in einer Querschnittsdimension mechanisch kleinen akustischen Reibungen mit einem mechanisch groß dimensionierten Durchgang und mit einem durch diesen Durchgang durchgesteckten, mechanisch groß dimensionierten Fortsatz werden solche akustischen Reibungen oft als Durchsteckreibungen bezeichnet.

Wie aus Fig.6 für den Durchgang 37 ersichtlich ist, weisen nur die Durchgänge 37, 38, 39 und 40 glatt verlaufende Begrenzungswandbereiche auf, wogegen die Begrenzungswandbereiche der Fortsätze 41, 42, 43 und 44 teilweise nicht glatt verlaufend ausgebildet sind. Wie aus Fig.6 weiters ersichtlich ist, sind zwischen einem ersten Begrenzungswandbereich 45 des Durchganges 37 und einem diesem ersten Begrenzungswandbereich 45 des Durchganges 37 gegenüberliegenden ersten Begrenzungswandbereich 46 des Fortsatzes 41 je für einen Fluidstrom, nämlich im vorliegenden Fall für einen Luftstrom, durchlässige Engstellen 47 vorgesehen, die je eine akustische Reibung zwischen den beiden Hohlräumen 35 und 36 bilden. Die Engstellen 47 sind hierbei je durch einen in Richtung von dem ersten Hohlraum 35 zu dem zweiten Hohlraum 36 verlaufenden länglichen Kanal mit einem im wesentlichen rechteckigen Querschnitt gebildet. In Fig.6 sind die Engstellen 47 vergrößert dargestellt. Bei Untersuchungen hat sich ergeben, daß

es in der Praxis vorteilhaft ist, wenn jeder eine Engstelle 47 bildende Kanal eine senkrecht zu den ersten Begrenzungswandbereichen 45 und 46 vorliegende Kanaltiefe zwischen 50 μm und 300 μm aufweist. Besonders günstig ist eine Kanaltiefe mit einem Nominalwert von 140 μm . Es sind aber auch Kanäle mit anderen Querschnittsformen und anderen Dimensionen hinsichtlich ihrer Kanaltiefe möglich.

5 Korrespondierend zu den vorstehend beschriebenen, je durch einen Kanal gebildeten Engstellen 47 bei dem Fortsatz 41 und dem Durchgang 37 sind auch bei den anderen Fortsätzen 42, 43 und 44 und Durchgängen 38, 39 und 40 entsprechende Engstellen vorgesehen. Hiefür weist der Fortsatz 42 in seinen Begrenzungswandbereich 48 mündende, vier Engstellen 49 bildende Kanäle auf, wie dies aus Fig.5 ersichtlich ist.

10 Bei derartigen Durchsteckreibungen, die durch Engstellen zwischen zwei einander gegenüberliegenden Begrenzungswandbereichen eines Durchganges und eines durch den Durchgang hindurchgesteckten Fortsatzes gebildet sind, ist es besonders wichtig, daß die kleinste akustisch wirksame und akustisch wesentliche Querschnittsabmessung der Engstellen, also im vorliegenden Fall die Kanaltiefe der Engstellen 47 und 49, stets einen gleichbleibenden festgelegten Wert aufweist, weil der Wert der Reibung, das heißt der Wert
15 des Realteiles der durch eine Engstelle gebildeten akustischen Impedanz, zu der dritten Potenz der kleinsten akustisch wirksamen und akustisch wesentlichen Querschnittsabmessung umgekehrt proportional ist, so daß sich Änderungen im Wert der kleinsten akustisch wirksamen und akustisch wesentlichen Querschnittsabmessung sehr ausgeprägt in Änderungen der erzielten Reibung niederschlagen, was aber unerwünscht ist. Die Realisierung von stets gleichbleibenden festgelegten Werten für die kleinsten akustisch
20 wirksamen und akustisch wesentlichen Querschnittsabmessungen von Engstellen ist wegen des Einflusses von variierenden Toleranzen der Querschnittsabmessungen von Durchgängen und Fortsätzen bisher praktisch nicht erfolgt.

Um nunmehr auch bei variierenden Toleranzen der Querschnittsabmessungen von Durchgängen und Fortsätzen stets gleichbleibende festgelegte Werte für die kleinsten akustisch wirksamen und akustisch
25 wesentlichen Querschnittsabmessungen von Engstellen zwischen zwei Begrenzungswandbereichen von Durchgängen und Fortsätzen zu gewährleisten, sind bei dem Wandler 1 gemäß Fig.1 vorteilhafterweise die nachfolgend anhand der Fig.6 beschriebenen Maßnahmen vorgesehen. Und zwar sind zwischen einem dem ersten Begrenzungswandbereich 45 des Durchganges 37 gegenüberliegenden zweiten Begrenzungswandbereich 50 des Durchganges 37 und einem diesem zweiten Begrenzungswandbereich 50 des Durchganges
30 37 gegenüberliegenden zweiten Begrenzungswandbereich 51 des Fortsatzes 41 im vorliegenden Fall drei beim Durchstecken des Fortsatzes 41 durch den Durchgang 37 deformierbare Erhebungen 52 vorgesehen, die von einem der beiden zweiten Begrenzungswandbereiche 50 und 51 abstehen und sich an dem anderen der beiden zweiten Begrenzungswandbereiche 50 und 51 abstützen. Die deformierbaren Erhebungen 52 sind bei dem vorliegenden Wandler 1 an dem Fortsatz 41 vorgesehen und stehen von dem zweiten
35 Begrenzungswandbereich 51 des Fortsatzes 41 ab und stützen sich an dem zweiten Begrenzungswandbereich 50 des Durchganges 37 ab. Anstelle von drei deformierbaren Erhebungen kann auch eine andere Anzahl von deformierbaren Erhebungen vorgesehen sein.

Korrespondierend zu den deformierbaren Erhebungen 52 zwischen dem Fortsatz 41 und dem Durchgang 37 sind auch bei den anderen Fortsätzen 42, 43 und 44 und Durchgängen 38, 39 und 40
40 entsprechende deformierbare Erhebungen vorgesehen. Hiefür weist der Fortsatz 42 an seinem Begrenzungswandbereich 53 ebenfalls drei deformierbare Erhebungen 54 auf, wie dies aus Fig.5 ersichtlich ist.

Wie bereits erwähnt, sind die Erhebungen 52 und 54 beim Durchstecken des betreffenden Fortsatzes 41 bzw. 42 durch den zugehörigen Durchgang 37 bzw. 38 deformierbar, wobei die Höhe der Erhebungen 52 und 54 während des Durchsteckens verkleinert wird. In der Fig.5 sind die Erhebungen 52 und 54 in
45 ihrem Ausgangszustand schematisch stark vergrößert dargestellt, welcher Ausgangszustand vor dem Durchstecken des Fortsatzes 41 bzw. 42 durch den betreffenden Durchgang 37 bzw. 38 vorliegt. In der Fig.6 sind die Erhebungen 52 in ihrem deformierten Zustand nach dem Durchstecken des Fortsatzes 41 durch den Durchgang 37 dargestellt, wobei die Erhebungen 52 eine gegenüber ihrer ursprünglichen Höhe verkleinerte Höhe aufweisen. Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, daß die Höhe der nach dem
50 Durchstecken deformierten Erhebungen 52 und 54 wesentlich geringer ist als die Kanaltiefe der die Engstellen 47 und 49 bildenden Kanäle. In der Praxis können die deformierten Erhebungen 52 und 54 eine Höhe zwischen 10 μm und 50 μm und die die Engstellen 47 und 49 bildenden Kanäle eine Kanaltiefe von 140 μm aufweisen. In der Fig.6 ist die Höhe der deformierten Erhebungen 52 und 54 aus zeichnungstechnischen Gründen übertrieben groß dargestellt.

55 Durch das Vorsehen der deformierbaren Erhebungen 52 zwischen den zweiten Begrenzungswandbereichen 50 und 51 des Durchganges 37 und des Fortsatzes 41 ist gewährleistet, daß die beiden anderen Begrenzungswandbereiche 45 und 46 des Durchganges 37 und des Fortsatzes 41 unabhängig von den Toleranzen der Querschnittsabmessungen des Durchganges 37 und des Fortsatzes 41 nach dem Durch-

stecken des Fortsatzes 41 durch den Durchgang 37 stets satt aneinander in Anlage gehalten sind und daß daher die durch die Kanaltiefe der als Engstellen 47 vorgesehenen Kanäle festgelegte kleinste akustisch wirksame und akustisch wesentliche Querschnittsabmessung der Engstellen stets einen gleichbleibenden festgelegten Wert aufweist. Auf diese Weise ist erreicht, daß die durch die Engstellen 47 festgelegten akustischen Reibungen stets einen im wesentlichen gleichen und im wesentlichen genau definierten Wert aufweisen.

Die deformierbaren Erhebungen 52 und 54 sind bei dem Wandler 1 gemäß Fig.1 je durch eine in Richtung von dem ersten Hohlraum 35 zu dem zweiten Hohlraum 36 verlaufende längliche Rippe gebildet. Die je eine deformierbare Erhebung 52 bzw. 54 bildenden Rippen weisen vor dem Durchstecken eines Fortsatzes 41, 42, 43 und 44 durch den betreffenden Durchgang 37, 38, 39 und 40 eine Rippenhöhe zwischen 20 µm und 200 µm auf, weil sich eine solche Rippenhöhe als in der Praxis sehr vorteilhaft erwiesen hat. Besonders günstig ist eine Rippenhöhe mit einem Nominalwert von 60 µm.

Bei dem Wandler 1 gemäß der Fig.1 sind die Fortsätze 41, 42, 43 und 44 an ihren der Achse 4 des Wandlers 1 zugewandten Begrenzungswandbereichen 46 und 48 mit Kanälen versehen, die zur Bildung der Engstellen 47 und 49 dienen. Es sei angenommen, daß auf die vier Fortsätze 41, 42, 43 und 44 aufgeteilt insgesamt zwanzig (20) Kanäle mit einer Kanaltiefe von 140 µm und einer Kanalbreite von 0,5 mm vorgesehen sind, wobei die Kanäle durch Stege der Begrenzungswandbereiche mit einer Stegbreite von 0,5 mm voneinander getrennt sind. Die Summe der Kanalbreiten ergibt sich somit mit $20 \times 0,5 \text{ mm} = 10 \text{ mm}$. Weiters sei angenommen, daß - unter Berücksichtigung allfälliger akustischer Endkorrekturen - die effektive Abmessung der Kanäle in Strömungsrichtung, also die effektive Kanallänge, gleich 1,2 mm ist. Unter diesen Voraussetzungen ergibt sich für die durch die zwanzig Kanäle gebildete Nutzreibung bei einer Frequenz von 1000 Hz eine komplexe akustische Impedanz

$$(R + j\omega L)_N = 100\Omega + j 77,5\Omega,$$

wobei R im Übertragungsfrequenzbereich des Wandlers 1 gemäß Fig.1 frequenzunabhängig ist.

Bei dem Wandler 1 gemäß Fig.1 wird die vorstehend beschriebene Nutzreibung durch eine parallel geschaltete zusätzliche Reibung beeinflusst, die durch die zwischen den deformierbaren Erhebungen 52 (54) und den zweiten Begrenzungswandbereichen 50 und 51 (53) liegenden Schlitz 55 (siehe Fig.6) bestimmt ist. Da die Breite der Erhebungen 52 (54) gegenüber der Gesamtbreite der Fortsätze 41 und 42 sowie 43 und 44 vernachlässigbar ist, ergibt sich bei den vorstehend festgehaltenen Querschnittsabmessungen für die Summe der Schlitzbreiten ein Wert von etwa 20 mm. Unter der Annahme - daß die Erhebungen 52 (54) mit einer Nominalhöhe von 60 µm auf minimal 10 µm bzw. auf maximal 50 µm deformiert, nämlich gequetscht werden können, was einem Toleranzbereich von 40 µm entspricht - ergeben sich für die durch die Schlitz 55 gebildeten zusätzlichen Reibungen bei einer Frequenz von 1000 Hz folgende komplexe akustische Impedanzen:

$$\text{Höhe der Erhebungen} = 10 \mu\text{m}: (R + j\omega L)_{Z1} = 137 \text{ k}\Omega + j 542\Omega$$

$$\text{Höhe der Erhebungen} = 50 \mu\text{m}: (R + j\omega L)_{Z2} = 1098\Omega + j 108\Omega$$

Die Parallelschaltung der Nutzreibung mit entweder der ersten oder der zweiten zusätzlichen Reibung ergibt für die jeweilige resultierende Nutzreibung bei einer Frequenz von 1000 Hz folgende komplexe akustische Impedanzen:

$$(R + j\omega L)_{R1} = 99,97\Omega + j 77,4\Omega \text{ bzw.}$$

$$(R + j\omega L)_{R2} = 95\Omega + j 65\Omega$$

Aus einem Vergleich der erstgenannten Gleichung und der den beiden letztgenannten Gleichungen geht hervor, daß der Einfluß der zusätzlichen Reibung auf die Nutzreibung nur gering ist und nur eine Verfälschung der Nutzreibung von maximal 5% zur Folge hat, was in der Praxis meist akzeptabel ist.

Zum Vergleich sei noch festgehalten, daß bei einer Wandlerausführung - bei der keine wie vorstehend beschriebenen deformierbaren Erhebungen vorgesehen sind und sich Toleranzen der Querschnittsabmessungen beispielsweise zur Gänze im Bereich der kleinsten akustisch wirksamen und akustisch wesentlichen Querschnittsabmessungen von Engstellen, also im Bereich von beispielsweise Kanaltiefen, in einer Vergrö-

berung dieser kleinsten Querschnittsabmessungen auswirken - eine Vergrößerung einer Nominal-Kanaltiefe von 140 μm auf einen Wert von 150 μm bzw. auf einen Wert von 190 μm , was auch einem Toleranzbereich von 40 μm entspricht, eine Änderung des Wertes der effektiven Reibung bei einer Frequenz von 1000 Hz von ursprünglich

5

$$(R + j\omega L)_{140 \mu\text{m}} = 100\Omega + j 77,5\Omega$$

auf Werte der effektiven Reibung bei einer Frequenz von 1000 Hz von

10

$$(R + j\omega L)_{150 \mu\text{m}} = 81\Omega + j 72\Omega \text{ bzw.}$$

$$(R + j\omega L)_{190 \mu\text{m}} = 40\Omega + j 57\Omega$$

zur Folge hat.

15

Aus einem Vergleich der beiden letztgenannten Gleichungen mit der davor angeführten Gleichung geht hervor, daß in diesem angenommenen Fall eine sehr starke Auswirkung von Toleranzen auf die realisierte effektive Reibung sich ergibt, was selbstverständlich unerwünscht ist und was durch die erfindungsgemäßen Maßnahmen vermieden ist.

20

Durch die deformierbaren Erhebungen 52 und 54 wird bei dem Wandler 1 gemäß Fig.1 ein Toleranzausgleich für die akustisch wirksamen und akustisch wesentlichen Querschnittsabmessungen der Fortsätze 41 und 42 und der Durchgänge 37 und 38 erreicht, wodurch gewährleistet ist, daß die ersten Begrenzungswandbereiche 46 und 48 sowie 45 dieser Fortsätze 41 und 42 und dieser Durchgänge 37 und 38 im Bereich der Engstellen 47 und 49 stets satt aneinander anliegen, wodurch eine durch diese Engstellen 47 und 49 realisierte Nutzreibung erhalten wird, die unabhängig von Toleranzen der akustisch wirksamen Querschnittsabmessungen der Fortsätze 41 und 42 usw. und der Durchgänge 37 und 38 usw. bei allen Wandlern stets denselben genau definierten Wert des Realteiles ihrer komplexen akustischen Impedanz aufweist. Vorteilhafterweise wird dieser Toleranzausgleich für die akustisch wirksamen und akustisch wesentlichen Querschnittsabmessungen für Fortsätze und Durchgänge von Durchsteckreibungen auch bei im Betrieb eines Wandlers auftretenden Temperaturerhöhungen während der gesamten Lebensdauer des Wandlers erhalten, weil auch bei solchen Temperaturerhöhungen und den dadurch bewirkten Materialausdehnungen ein Deformieren der deformierbaren Erhebungen stattfindet.

30

35

Bei dem vorstehend beschriebenen Wandler weisen die Fortsätze und die Durchgänge der Durchsteckreibungen je einen kreisbogenförmigen schlitzzartigen Querschnitt auf. Die Querschnitte können auch rechteckförmig, quadratförmig oder ellipsenförmig sein. Auch können die Querschnitte dreieckförmig sein, wobei dann die Fortsätze durch Prismen mit dreieckiger Grundfläche gebildet sind und wobei in einem ersten Prismenbegrenzungswandbereich nebeneinanderliegende Kanäle zur Bildung von Engstellen vorgesehen sind und von den beiden anderen zweiten Prismenbegrenzungswandbereichen je mindestens eine deformierbare Erhebung zum Aufnehmen von Toleranzen der Querschnittsabmessungen absteht. Es können auch mehr oder weniger als vier Fortsätze und Durchgänge pro Wandler zur Bildung von Durchsteckreibungen vorgesehen sein. Die Kanäle zur Bildung der Engstellen können auch einen trapezförmigen, dreieckförmigen, halbkreisförmigen, halbellipsenförmigen und auch andersförmigen Querschnitt aufweisen. Die Kanäle können anstatt in einem ersten Begrenzungswandbereich eines Fortsatzes auch in einem ersten Begrenzungswandbereich eines Durchganges vorgesehen sein. Die Kanäle können aber auch zum Teil in einem ersten Begrenzungswandbereich eines Fortsatzes und zum anderen Teil in einem dem ersten Begrenzungswandbereich eines Fortsatzes gegenüberliegenden ersten Begrenzungswandbereich eines Durchganges vorgesehen sein. Die deformierbaren Erhebungen können anstatt von einem zweiten Begrenzungswandbereich eines Fortsatzes von einem zweiten Begrenzungswandbereich eines Durchganges abste-
hen.

45

50

Die Fig.7 zeigt in derselben Weise wie die Fig.6 eine Durchsteckreibung eines elektroakustischen Wandlers 1 gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung. Die Durchsteckreibung besteht aus einem in einem inneren ersten Gehäuseteil 19 vorgesehenen Durchgang 37 und aus einem von einem äußeren zweiten Gehäuseteil 20 abstehenden, durch den Durchgang 37 hindurchgesteckten Fortsatz 41. Sowohl der Durchgang 37 als auch der Fortsatz 41 weisen eine im wesentlichen quadratförmige Querschnittsform auf.

55

Der Fortsatz 41 ist in einem ersten Begrenzungswandbereich 46 mit Kanälen versehen, die zur Bildung von Engstellen 47 mit Hilfe eines gegenüberliegenden ersten Begrenzungswandbereiches 45 des Durchganges 37 vorgesehen sind. Der Fortsatz 41 ist zusätzlich in einem weiteren ersten Begrenzungswandbereich 56 mit Kanälen versehen, die zur Bildung von Engstellen 57 mit Hilfe eines gegenüberliegenden

weiteren ersten Begrenzungswandbereiches 58 des Durchganges 37 vorgesehen sind. Von dem Fortsatz 41 stehen von einem zweiten Begrenzungswandbereich 51 desselben deformierbare Erhebungen 52 ab, die sich an einem gegenüberliegenden zweiten Begrenzungswandbereich 50 des Durchganges 37 abstützen und die zum Ausgleichen von Toleranzen der Querschnittsabmessungen des Fortsatzes 41 und des Durchganges 37 in der senkrecht zu den Begrenzungswandbereichen 45, 46, 50 und 51 verlaufenden Richtung vorgesehen sind. Von dem Fortsatz 41 stehen von einem weiteren zweiten Begrenzungswandbereich 59 desselben weitere deformierbare Erhebungen 60 ab, die sich an einem gegenüberliegenden weiteren zweiten Begrenzungswandbereich 61 des Durchganges 37 abstützen und die zum Ausgleichen von Toleranzen der Querschnittsabmessungen des Fortsatzes 41 und des Durchganges 37 in der senkrecht zu den Begrenzungswandbereichen 56, 58, 59 und 61 verlaufenden Richtung vorgesehen sind. Bei dieser Ausbildung ist vorteilhafterweise ein Toleranzausgleich in zwei zueinander senkrechten Richtungen erzielt.

Die erfindungsgemäßen Maßnahmen sind nicht nur bei einem wie vorstehend beschriebenen elektrodynamischen Wandler einsetzbar, sondern auch bei anderen Wandlern, beispielsweise bei piezoelektrischen und elektrostatischen Wandlern.

Patentansprüche

1. Elektroakustischer Wandler mit einem ersten Wandlerteil und mit einem zweiten Wandlerteil und mit einem ersten akustisch wirksamen Hohlraum und mit einem zweiten akustisch wirksamen Hohlraum, von welchen beiden Hohlräumen der erste Hohlraum an einer Seite des ersten Wandlerteiles und der zweite Hohlraum an einer anderen Seite des ersten Wandlerteiles liegt, wobei in dem ersten Wandlerteil mindestens ein den ersten Wandlerteil in Richtung von dem ersten Hohlraum zu dem zweiten Hohlraum durchsetzender Durchgang vorgesehen ist und wobei an dem zweiten Wandlerteil mindestens ein von dem zweiten Wandlerteil abstehender Fortsatz vorgesehen ist, der durch den Durchgang im ersten Wandlerteil hindurchgesteckt ist, wobei zwischen einem ersten Begrenzungswandbereich des Durchganges und einem diesem ersten Begrenzungswandbereich des Durchganges gegenüberliegenden ersten Begrenzungswandbereich des Fortsatzes mindestens eine für einen Fluidstrom durchlässige Engstelle vorgesehen ist, die eine akustische Reibung zwischen den beiden Hohlräumen bildet, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwischen einem dem ersten Begrenzungswandbereich des Durchganges zumindest im wesentlichen gegenüberliegenden zweiten Begrenzungswandbereich des Durchganges und einem diesem zweiten Begrenzungswandbereich des Durchganges gegenüberliegenden zweiten Begrenzungswandbereich des Fortsatzes mindestens eine beim Durchstecken des Fortsatzes durch den Durchgang deformierbare Erhebung vorgesehen ist, die von einem der beiden zweiten Begrenzungswandbereiche absteht und sich an dem anderen der beiden zweiten Begrenzungswandbereiche abstützt.
2. Wandler nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die mindestens eine Erhebung durch eine in Richtung von dem ersten Hohlraum zu dem zweiten Hohlraum verlaufende längliche Rippe gebildet ist.
3. Wandler nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die eine Erhebung bildende Rippe vor dem Durchstecken des Fortsatzes durch den Durchgang eine Rippenhöhe zwischen 20 μm und 200 μm aufweist.
4. Wandler nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die eine Erhebung bildende Rippe vor dem Durchstecken des Fortsatzes durch den Durchgang eine Rippenhöhe mit einem Nominalwert von 60 μm aufweist.
5. Wandler nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die mindestens eine Engstelle durch einen in Richtung von dem ersten Hohlraum zu dem zweiten Hohlraum verlaufenden länglichen Kanal mit einem im wesentlichen rechteckförmigen Querschnitt gebildet ist.
6. Wandler nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß der eine Engstelle bildende Kanal eine senkrecht zu den ersten Begrenzungswandbereichen des Durchganges und des Fortsatzes vorliegende Kanaltiefe zwischen 50 μm und 300 μm aufweist.
7. Wandler nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß der eine Engstelle bildende Kanal eine Kanaltiefe mit einem Nominalwert von 140 μm aufweist.

