

(12)

## Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 355/2011  
(22) Anmeldetag: 16.03.2011  
(45) Veröffentlicht am: 15.07.2012

(51) Int. Cl. : **G10K 11/00** (2006.01)  
**G01H 11/00** (2006.01)  
**G01H 3/04** (2006.01)

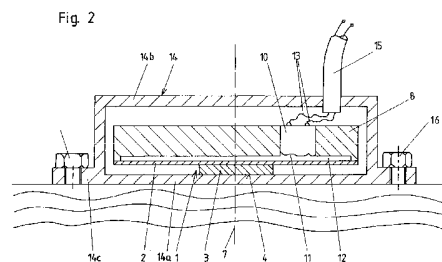
(56) Entgegenhaltungen:  
EP 1313089 A2  
WO 199931933 A1  
WO 199743754 A1  
DE 102010015400 A1  
EP 0862158 A1

(73) Patentinhaber:  
SCHERTLER SA  
6850 MENDRISIO (CH)

(72) Erfinder:  
SCHERTLER STEPHAN  
MENDRISIO (CH)

### (54) **VIBRATIONSERFASSUNGSEINRICHTUNG FÜR FREQUENZEN IM HÖRBEREICH**

(57) Eine Vibrationserfassungseinrichtung für Frequenzen im Hörbereich umfasst ein Mikrofon (10) mit einer Mikrofonmembran (11). Die Vibrationserfassungseinrichtung weist einen spaltförmigen geschlossenen Hohlraum (12) auf, wobei die Mikrofonmembran (11) und ein Membranteil (1) jeweils eine Begrenzung dieses Hohlraums (12) bilden und die den Hohlraum begrenzende Fläche des Membranteils (1) mindestens zehnmal größer als die den Hohlraum (12) begrenzende Fläche der Mikrofonmembran (1) ist.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf eine Vibrationserfassungseinrichtung für Frequenzen im Hörbereich umfassend ein Mikrofon mit einer Mikrofonmembran.

**[0002]** Beschleunigungssensoren zur Erfassung von Vibrationen mit Frequenzen im Hörbereich sind in verschiedenen Ausführungsformen bekannt. Bekannte Sensoren arbeiten nach dem piezoelektrischen oder elektrostatischen Prinzip. In beiden Fällen wird die Beschleunigung, die ein Festkörper auf Grund von Vibrationen erfährt, über eine Masse, „seismische Masse“ genannt, im Sensor in eine Kraft umgesetzt. Diese wirkt ihrerseits auf ein piezoelektrisches Element oder auf einen elektrostatischen Film und erzeugt an diesem eine der Beschleunigung entsprechende elektrische Spannung. Um eine hohe Ausgangsspannung zu generieren, demnach also eine hohe Empfindlichkeit zu erreichen, wird die Masse entsprechend hoch gewählt. Solche Sensoren werden damit schwer und unhandlich. Dies stellt in vielen Anwendungsfällen einen bedeutenden Nachteil dar oder verunmöglicht gar die Anwendung des Sensors.

**[0003]** Bekannt sind weiters elektronische Stethoskope, die insbesondere im medizinischen Bereich eingesetzt werden. Zur Schallwandlung können unterschiedliche Sensoren herangezogen werden, die u.a. nach dem genannten piezoelektrischen Prinzip oder auch nach dem elektrostatischen Prinzip arbeiten können. Bekannt ist auch der Einsatz von Mikrofonen, die im Bruststück angeordnet sind. Auf Grund von Störungen durch Umgebungsgeräusche gilt letztere Art von elektronischen Stethoskopen als veraltet.

**[0004]** Aufgabe der Erfindung ist es eine Vibrationserfassungseinrichtung der eingangs genannten Art bereitzustellen, mit der bei einem geringen Gewicht eine hohe Empfindlichkeit erreicht werden kann. Erfindungsgemäß gelingt dies durch eine Vibrationserfassungseinrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

**[0005]** Bei einer Vibrationserfassungseinrichtung gemäß der Erfindung ist ein spaltförmiger geschlossener Hohlraum vorhanden, wobei die Mikrofonmembran des Mikrofons und ein zusätzlich vorhandenes Membranteil jeweils eine Begrenzung dieses Hohlraums bilden. Der Ausdruck „spaltförmig“ bedeutet, dass die Ausdehnung des Hohlraums in eine Richtung wesentlich kleiner als in die hierzu rechtwinkelig stehenden Richtungen ist, vorzugsweise mindestens zehn mal kleiner. Hierbei ist die den Hohlraum begrenzende Fläche des Membranteils mindestens zehn mal größer als die den Hohlraum begrenzende Fläche der Mikrofonmembran. Es kann dadurch eine Übersetzung erreicht werden, ähnlich der hydraulischen Übersetzung bei unterschiedlichen Kolbenflächen. Um Verluste, insbesondere durch die Komprimierbarkeit des im Hohlraum enthaltenen Gases, bei dem es sich bevorzugterweise um Luft handelt, gering zu halten, wird der Hohlraum vorteilhafterweise mit einem möglichst geringen Volumen ausgebildet. Durch eine solche „pneumatische Übersetzung“ wird die Schwingungsamplitude, die auf die Mikrofonmembran wirkt, verstärkt. Dies resultiert in einem höheren Ausgangssignal des Mikrofons, wodurch das Signal-Rauschverhältnis und damit die Empfindlichkeit verbessert wird. Trotz einer hohen Empfindlichkeit kann die Masse der erfindungsgemäßen Einrichtung hierbei klein gehalten werden.

**[0006]** Das Membranteil ist vorteilhafterweise in einem eine Mittelachse durch das Membranteil umgebenden Verbindungsbereich mit einem Begrenzungsteil verbunden, wobei das Begrenzungsteil und ein radial innerhalb des Verbindungsbereichs liegender Bereich des Membranteils bezüglich einer Erfassungsrichtung, in welche Vibrationen messbar sind und welche parallel zur Mittelachse liegt, gegeneinander auslenkbar sind. Der spaltförmige Hohlraum, der sich zwischen dem innerhalb des Verbindungsbereichs liegenden Bereich des Membranteils und dem Begrenzungsteil erstreckt, kann damit in einfacher Weise ausgebildet werden. Vorzugsweise wird hierbei der geschlossene Hohlraum insgesamt vom Membranteil, vom Begrenzungsteil und von der Mikrofonmembran begrenzt (d.h. also nur von diesen Teilen).

**[0007]** Vibrationen eines Festkörpers im Hörbereich werden durch vom Festkörper übertragenem Körperschall in diesem Frequenzbereich hervorgerufen. Dessen Komponente in die Erfassungsrichtung kann mittels einer erfindungsgemäßen Vibrationserfassungseinrichtung erfasst

(=detektiert) werden, falls gewünscht kann eine quantitative Messung durchgeführt werden. Die erfindungsgemäße Einrichtung kann somit auch als Körperschallsensor oder als Vibrationsmessrichtung bezeichnet werden. Es handelt sich um einen Beschleunigungssensor zur Erfassung von Vibrationen bzw. Körperschall.

**[0008]** Der Hörbereich reicht definitionsgemäß von 16 Hz bis 20 kHz.

**[0009]** Die Mikrofonmembran kann beispielsweise Teil eines dynamischen Mikrofons sein und eine Spule in einem Magnetfeld antreiben. Die Mikrofonmembran kann auch Teil eines Kondensatormikrofons sein, welches über eine elektrische Ladung zwischen der Mikrofonmembran und einer Gegenelektrode die Membranbewegung über einen elektronischen Verstärker in eine korrespondierende elektrische Spannung umsetzt.

**[0010]** Vorteilhafterweise ist der mittlere Abstand zwischen dem Begrenzungsteil und dem radial innerhalb des Verbindungsbereichs liegenden Bereich des Membranteils über die Ausdehnung des zwischen dem Begrenzungsteil und dem Membranteil sich erstreckenden Spalts kleiner als 2 mm, vorzugsweise kleiner als 1 mm. Die den Hohlraum begrenzende Oberfläche des Membranteils kann hierbei auch eine unebene Ausbildung, beispielsweise eine zumindest abschnittsweise gewellte Ausbildung, aufweisen. In diesem Fall ist es bevorzugt, dass der Abstand zwischen dem Begrenzungsteil und dem radial innerhalb des Verbindungsbereichs liegenden Bereich des Membranteils über die gesamte Ausdehnung des zwischen dem Begrenzungsteil und dem Membranteil liegenden Spalts kleiner als 3 mm ist.

**[0011]** Eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass die Vibrationen eines zu erfassenden Objekts auf das Membranteil übertragen werden. Hierzu weist das Membranteil ein zentrales Anlageelement mit einer Anlagefläche auf, mit welcher das Membranteil an einem zu erfassenden Objekt, dessen Vibrationen bzw. dessen Körperschall zu erfassen sind bzw. ist, anlegbar ist oder in welchem das Membranteil an ein Teil anlegbar ist, welches seinerseits (direkt oder über mindestens ein weiteres Teil) an das zu erfassende Objekt anlegbar ist. Die Verbindung mit dem zu erfassenden Objekt kann gegebenenfalls eine starre Verbindung sein, die beispielsweise durch eine Verklebung ausgebildet wird. Jedenfalls ist das Membranteil mit seinem Anlageelement ständig in Anlage am zu erfassenden Objekt oder an einem Teil, welches (direkt oder über mindestens ein weiteres Teil) am zu erfassenden Objekt anlegbar ist.

**[0012]** Damit übertragen sich Schwingungen des zu erfassenden Objekts im Wesentlichen amplituden- und phasengleich auf das Anlageelement des Membranteils.

**[0013]** In einem radial außerhalb des Anlageelements liegenden Bereich ist das Membranteil in die Erfassungsrichtung, in welche die Vibrationserfassungseinrichtung wirkt, beidseitig frei (also auch vom zu erfassenden Objekt bzw. einem am zu erfassenden Objekt direkt oder über mindestens ein weiteres Teil anliegenden Teil beabstandet).

**[0014]** In dieser Ausführungsform ist das Begrenzungsteil vorzugsweise durch seine Verbindung mit dem Membranteil schwingfähig aufgehängt. Das Begrenzungsteil kann damit zumindest im Wesentlichen frei schwingen. „Im Wesentlichen“ bezieht sich darauf, dass z.B. elektrische Zuleitungen für das Mikrofon vorhanden sein können. Das Begrenzungsteil ist hierbei günstigerweise innerhalb eines Gehäuses der Vibrationserfassungseinrichtung angeordnet, wobei es allseitig vom Gehäuse beabstandet ist.

**[0015]** In dieser Ausführungsform ist es bevorzugt, dass das Mikrofon in eine Durchtrittsöffnung im Begrenzungsteil eingesetzt ist.

**[0016]** In einer anderen vorteilhaften Ausführungsform werden die Vibrationen des zu erfassenden Objekts auf das Begrenzungsteil übertragen, mit dem das Membranteil verbunden ist. Hierzu ist das Begrenzungsteil an das zu erfassende Objekt oder an ein Teil anlegbar, welches seinerseits (direkt oder über mindestens ein weiteres Teil) an das zu erfassende Objekt anlegbar ist. Das Begrenzungsteil ist hierbei am zu erfassenden Objekt oder am Teil, welches seinerseits am zu erfassenden Objekt direkt oder über mindestens ein weiteres Teil anliegt, ständig in Anlage gehalten.

**[0017]** Schwingungen des zu erfassenden Objekts übertragen sich damit im Wesentlichen amplituden- und phasengleich auf das Begrenzungsteil.

**[0018]** Beim Teil, an welchem das Begrenzungsteil anliegt, kann es sich beispielsweise um einen Abschnitt eines Gehäuses der Vibrationserfassungseinrichtung handeln. Falls das Begrenzungsteil direkt an das zu erfassende Objekt anlegbar ist, kann das Begrenzungsteil selbst einen Abschnitt eines Gehäuses der Vibrationserfassungseinrichtung bilden.

**[0019]** Das Membranteil ist in dieser Ausführungsform durch seine Verbindung mit dem Begrenzungsteil schwingfähig aufgehängt. Das Membranteil kann somit im Wesentlichen frei schwingen. „Im Wesentlichen“ bezieht sich darauf, dass beispielsweise elektrische Zuleitungen vorhanden sein können, die zu einem mit dem Membranteil verbundenen Teil führen können. In dieser Ausführungsform wäre es möglich, das Mikrofon in eine Durchtrittsöffnung im Membranteil einzusetzen, beispielsweise in einem zentralen Abschnitt des Membranteils, in welchem ein Masseteil stoffschlüssig mit einer Membran des Membranteils verbunden ist.

**[0020]** In beiden zuvor genannten vorteilhaften Ausführungsformen ist somit ein den Hohlraum begrenzendes Teil (das Begrenzungsteil oder das Membranteil) schwingfähig aufgehängt. Die Schwingfähigkeit resultiert hierbei aus der Elastizität mindestens eines Abschnitts des Membranteils (wobei die Elastizität gegenüber einer Auslenkung eine federelastische Rückstellkraft hervorruft). Grundsätzlich möglich, obwohl weniger bevorzugt, wäre es auch, das Membranteil lediglich flexibel und nicht elastisch auszubilden und eine federelastische Rückstellkraft durch eine separate elastische Aufhängung des schwingfähigen Teils (beispielsweise durch eine Federverbindung mit dem Gehäuse) auszubilden.

**[0021]** In Abhängigkeit von der Elastizität der Aufhängung und der Masse des schwingfähigen Teils besitzt dieses eine Resonanz bei einer bestimmten Eigenfrequenz. Es kommt dadurch im Bereich der Eigenfrequenz zu einer Verstärkung (=Überhöhung der Übertragung im Resonanzbereich). In vielen Anwendungen, beispielsweise beim Abhören von Herztönen, ist eine strenge Linearität der Übertragung bezogen auf die erfassten Frequenzen nicht von Interesse, sondern vielmehr eine möglichst klare Übertragung des als Körperschall übertragenen akustischen Geschehens in einem bestimmten Frequenzbereich. Die Eigenfrequenz kann an die Stelle der gewünschten größten Empfindlichkeit gelegt werden. In verschiedenen Anwendungsfällen kann die Eigenfrequenz beispielsweise im Bereich von 50 Hz bis 500 Hz liegen.

**[0022]** Um die Linearität zu verbessern bzw. die Resonanz bei der Eigenfrequenz zu begrenzen, kann eine Dämpfung des schwingfähig aufgehängten Teils vorgesehen sein. Vorzugsweise kann diese Dämpfung durch die Materialauswahl des Membranteils erreicht werden. So können beispielsweise Membrane aus einem Elastomer, insbesondere aus Natur- und/oder Synthetikgummi, eine geeignete Dämpfung aufweisen. Die Shorehärte kann hierbei beispielsweise im Bereich von 50 bis 80 Shore A liegen.

**[0023]** Die Dämpfung kann beispielsweise derart ausgebildet sein, dass die Schwingungsamplitude bei der Eigenfrequenz nicht mehr als doppelt so groß ist als beim zehnfachen Wert der Eigenfrequenz.

**[0024]** Eine mögliche Anwendung einer Vibrationserfassungseinrichtung gemäß der Erfindung besteht beispielsweise darin Schadinsekten (z.B. Holzkäfer) im lebenden Gehölz aufzufinden, wobei die Vibrationserfassungseinrichtung mit einem Baumstamm in Kontakt gebracht wird und die sehr schwachen Fressgeräusche dieser Holzkäfer deren Auffinden erlauben. Eine andere Anwendung besteht in der Überwachung von Gebäuden, da kleinster Trittschall erfasst werden kann. Eine weitere Anwendungsmöglichkeit besteht in der Ausbildung eines elektronischen Stethoskops. Diese Beispiele dienen lediglich zur Veranschaulichung. Viele weitere Anwendungsmöglichkeiten für einen hochsensiblen Vibrationssensor mit kleinem Gewicht und kleinen Abmessungen bestehen.

**[0025]** Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung werden im Folgenden anhand der beiliegenden Zeichnung erläutert. In dieser zeigen:

**[0026]** Fig. 1 eine Prinzipdarstellung einer erfindungsgemäßen Vibrationserfassungseinrichtung gemäß einer ersten möglichen Ausführungsform der Erfindung;

**[0027]** Fig. 2 eine schematische Darstellung der in ein Gehäuse eingebauten Vibrationserfassungseinrichtung entsprechend der ersten Ausführungsform der Erfindung;

**[0028]** Fig. 3 eine schematische Darstellung einer Vibrationserfassungseinrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung.

**[0029]** Die Vibrationserfassungseinrichtung gemäß der Prinzipdarstellung von Fig. 1 besitzt ein Schwingungsaufnehmendes Membranteil 1, auf welches die Vibrationen des zu erfassenden Objekts 5 übertragen werden. Das Membranteil 1 weist eine Membran 2 aus einem elastischen Material und ein Anlageelement 3 auf, welches in einem zentralen Bereich der Membran 2 an dieser festgelegt ist, insbesondere stoffschlüssig, beispielsweise durch Verklebung. Das Anlageelement 3 besitzt eine Anlagefläche 4, mit der die Vibrationserfassungseinrichtung an ein Teil, dessen Vibrationen zu erfassen sind, anliegt oder anlegbar ist. Bei diesem Teil kann es sich direkt um das zu erfassende Objekt 5 handeln, oder um ein Teil, das an diesem Objekt 5 anliegt. Das Anlageelement 3 bildet also einen Vorsprung des Membranteils 1 auf der dem Objekt 5 zugewandten Seite des Membranteils 1.

**[0030]** Die Membran 2 und das Anlageelement 3 könnten auch aus einem einzelnen Teil (=materialeinstückig) ausgebildet sein.

**[0031]** In einem Verbindungsbereich 6 des Membranteils 1, welcher eine Mittelachse 7 durch das Membranteil 1 umgibt, ist das Membranteil 1 mit einem starren Begrenzungsteil 8 umfanglich verbunden, beispielsweise durch Verklebung.

**[0032]** Das Begrenzungsteil 8 weist eine Durchtrittsöffnung 9 auf. In diese ist ein Mikrofon 10 eingesetzt, welches eine Mikrofonmembran 11 besitzt. Das Mikrofon 10 verschließt die Durchtrittsöffnung 9.

**[0033]** Die Vibrationserfassungseinrichtung weist einen geschlossenen Hohlraum 12 auf, wobei ein Teil der Begrenzung dieses Hohlraums 12 vom Membranteil 1 und ein weiterer Teil der Begrenzung des Hohlraums 12 von der Mikrofonmembran 11 gebildet wird. Ein weiterer Teil der Begrenzung des Hohlraums 12 wird vom Begrenzungsteil 8 gebildet. Im gezeigten Ausführungsbeispiel wird der Hohlraum 12 vom Membranteil 1, der Mikrofonmembran 11 und dem Begrenzungsteil 8 insgesamt vollumfänglich begrenzt.

**[0034]** Der Hohlraum 12 ist spaltförmig, wobei seine rechtwinkelig zur Mittelachse 7 gemessene Erstreckung wesentlich größer, vorzugsweise mehr als zehn mal größer, als seine parallel zur Mittelachse 7 gemessene Erstreckung ist. Die parallel zur Mittelachse 7 gemessene Erstreckung des Hohlraums wird in dem Bereich, in welchem sich der Hohlraum 12 zwischen dem Membranteil 1 und dem Begrenzungsteil 8 erstreckt, vom in die Richtung der Mittelachse 7 gemessenen Abstand zwischen dem Membranteil 1 und dem Begrenzungsteil 8 gebildet. Im Fall einer ebenen Ausbildung der gegenüberliegenden, den Hohlraum 12 begrenzenden Flächen des Membranteils 1 und des Begrenzungsteils 8, wie dies in Fig. 1 dargestellt ist, ist dieser Abstand zwischen dem Membranteil 1 und dem Begrenzungsteil 8 vorteilhafterweise überall kleiner als 2mm, besonders bevorzugt überall kleiner als 1 mm. Falls diese gegenüberliegenden, den Hohlraum 12 begrenzenden Flächen des Membranteils 1 und des Begrenzungsteils 8 nicht (überall) eben sind, beispielsweise bei einer zumindest teilweise gewellten Ausbildung des Membranteils 1, ist der in Richtung der Mittelachse 7 gemessene mittlere Abstand zwischen dem Membranteil 1 und dem Begrenzungsteil 8 vorzugsweise kleiner als 2 mm, besonders bevorzugt kleiner als 1 mm.

**[0035]** Der mittlere Abstand zwischen der Mikrofonmembran 11 und dem Membranteil 1 ist vorzugsweise ebenfalls kleiner als 2mm, besonders bevorzugt kleiner als 1 mm.

**[0036]** Das Volumen des Hohlraums 12 ist vorzugsweise kleiner als 2 mm, besonders bevorzugt kleiner als 1 mm, mal der vom Verbindungsbereich 6 umschlossenen Fläche.

**[0037]** Durch einen solchen Hohlraum 12 mit einem kleinen Gasvolumen, insbesondere Luftvolumen, in Verbindung mit einer größeren Fläche des Membranteils 1 im Vergleich zur Fläche der Mikrofonmembran 11 kann eine vorteilhafte Übersetzung zwischen der Amplitude des

Membranteils 1, welche dieses gegenüber dem Begrenzungsteil 8 aufweist, und der Amplitude der Mikrofonmembran 11, welche diese gegenüber einem die Mikrofonmembran haltenden Teil des Mikrofons aufweist, erreicht werden, wobei die Amplitude der Mikrofonmembran 11 größer als die des Membranteils ist. Die den Hohlraum 12 begrenzende Fläche des Membranteils 1 ist hierbei mindestens zehn mal größer, vorzugsweise mindestens dreißig mal größer als die den Hohlraum begrenzende Fläche der Mikrofonmembran 11. Im Falle eines ausgeprägten gebogenen, beispielsweise wellenförmigen, Verlaufs des Membranteils 1 oder der Mikrofonmembran 11 ist für die „den Hohlraum 12 begrenzende Fläche“ eine „effektive“ Fläche heranzuziehen, welche gradlinig zwischen den Randpunkten des auslenkbaren Bereichs des Membranteils 1 bzw. der Mikrofonmembran 11 verläuft.

**[0038]** Auf Grund der Kleinheit des Volumens des Hohlraums 12 können Verluste durch die Komprimierbarkeit des im Hohlraum 12 enthaltenen Gases, insbesondere Luft, gering gehalten werden. Auch werden Störungen bzw. Verluste durch Reflektionen, durch die es andernfalls zu durch Phasenverschiebungen hervorgerufene destruktive Interferenzen kommen könnte, verhindert bzw. gering gehalten.

**[0039]** In vorteilhaften praktischen Ausführungsformen der Erfindung kann die in Richtung der Mittelachse 7 gemessene Spaltbreite des Hohlraums 12 im Bereich von 0,1mm bis 0,5mm liegen.

**[0040]** Das Flächenverhältnis zwischen der den Hohlraum 12 begrenzenden Fläche des Membranteils 1 und der den Hohlraum 12 begrenzenden Fläche der Mikrofonmembran 11 kann in vorteilhaften Ausführungsformen der Erfindung im Bereich von 10 bis 200 liegen.

**[0041]** Der Durchmesser der Mikrofonmembran 11 kann beispielsweise bei 3 mm bis 10 mm liegen. Der Durchmesser des Membranteils 1 kann beispielsweise im Bereich von 10mm bis 100mm liegen. Der Durchmesser des Membranteils 1 beträgt hierbei mehr als das Dreifache des Durchmessers der Mikrofonmembran 11. Wenn vom Durchmesser des Membranteils 1 bzw. der Mikrofonmembran 11 die Rede ist, so ist hierbei immer der auslenkbare Bereich des Membranteils 1 bzw. der Mikrofonmembran 11 gemeint.

**[0042]** Mit der erfindungsgemäßen Vibrationserfassungseinrichtung sind im Hörbereich liegende Vibrationen in eine Erfassungsrichtung detektierbar, die parallel zur Mittelachse 7 liegt.

**[0043]** Eine Mittelebene durch die Membran 2 des Membranteils 1 liegt rechtwinkelig zur Erfassungsrichtung, also rechtwinkelig zur Mittelachse 7. Eine Mittelebene durch die Mikrofonmembran 11 liegt vorzugsweise ebenfalls rechtwinkelig zur Erfassungsrichtung, also rechtwinkelig zur Mittelachse 7.

**[0044]** Der Hörbereich erstreckt sich definitionsgemäß von 16Hz bis 20kHz.

**[0045]** Das Membranteil 1 ist in einem Bereich, der bezogen auf die radiale Richtung zwischen dem Verbindungsbereich 6 und der Anlagefläche 4 liegt, elastisch biegsam ausgebildet. Durch diese elastische Ausbildung des Membranteils 1 ist das Begrenzungsteil 8 durch seine Verbindung mit dem Membranteil 1 schwingfähig aufgehängt. Das Begrenzungsteil 8 kann hierdurch im Wesentlichen frei schwingen. Im Wesentlichen bezieht sich darauf, dass elektrische Zuleitungen 13 für das Mikrofon 10 vorhanden sind (prinzipiell könnte auch eine drahtlose Datenübertragung des vom Mikrofon 10 gelieferten elektrischen Signals, gegebenenfalls nach seiner Verstärkung, vorgesehen sein).

**[0046]** Wenn in dieser Schrift von einer radialen Koordinate (also beispielsweise einer radialen Erstreckung oder radialen Lage) die Rede ist, so wird hierbei immer auf ein auf die Mittelachse 7 bezogenes Polarkoordinatensystem Bezug genommen.

**[0047]** Das von der Membran 2 des Membranteils 1 und dem Begrenzungsteil 8 gebildete schwingfähige System besitzt eine Resonanz bei einer Eigenfrequenz (=Resonanzfrequenz). Die Größe der Eigenfrequenz hängt hierbei von der schwingenden Masse, also insbesondere von der Masse des Begrenzungsteils 8 mit von von diesem getragenen Teilen, hier dem Mikrofon 10, und der Elastizität der Membran 2 ab. Beispielsweise kann diese Eigenfrequenz im

Bereich von 50Hz bis 500Hz liegen.

**[0048]** Bei Vibrationsfrequenzen, die deutlich unter der Eigenfrequenz liegen erfolgt keine bedeutende Anregung der Mikrofonmembran 11 und solche Vibrationen können somit nicht erfasst werden. Beispielsweise ist das Signal bei der Hälfte der Eigenfrequenz auf etwa ein Fünftel der Signalstärke bei der Eigenfrequenz abgefallen. Der Frequenzgang entspricht hierbei einem Filter zweiter Ordnung.

**[0049]** Bei der Eigenfrequenz schwingen das Membranteil 1 und das Begrenzungsteil 8 gegenphasig. Bei Frequenzen ober- und unterhalb der Eigenfrequenz kommt es demgegenüber zu einer Phasenverschiebung.

**[0050]** Durch die Ausbildung einer Resonanz bei der Eigenfrequenz kommt es zu einer Überhöhung des Ausgangssignals bei der Eigenfrequenz. Diese Überhöhung ist umso geringer, je größer die Dämpfung des schwingfähigen Systems ist. Wenn also ein möglichst linearer Frequenzgang gewünscht ist, kann ein entsprechend dämpfendes Material für die Membran 2 herangezogen werden. So kann beispielsweise erreicht werden, dass sich mit der gleichen Größe der anregenden Amplitude bei einer anregenden Frequenz, die der Eigenfrequenz entspricht, eine nicht mehr als doppelt so große Amplitude der Mikrofonmembran ausbildet wie bei einer anregenden Frequenz, die dem zehnfachen Wert der Eigenfrequenz entspricht. Membranen mit solchen Dämpfungseigenschaften können beispielsweise aus Natur- oder Synthetikgummi mit einer Shore-Härte von weniger als 90 Shore A ausgebildet werden. Ein geeignetes Material ist beispielsweise Neopren. Beispielsweise könnten Membranen mit solchen Dämpfungseigenschaften auch aus Kork ausgebildet sein.

**[0051]** In vielen Anwendungsfällen kommt es aber nicht auf eine Linearität des Frequenzgangs an, vielmehr ist eine Verstärkung bestimmter Frequenzanteile durch eine Eigenresonanz gerade gewünscht, beispielsweise wenn es nur auf diese Frequenzanteile ankommt oder wenn es nur auf eine möglichst große Verstärkung, wenn auch nur eines Teils des gesamten Frequenzspektrums, ankommt. Solche Anwendungsbereiche betreffen beispielsweise qualitative Auswertungen oder eine Detektion, ob überhaupt Vibrationen vorhanden sind.

**[0052]** Neben den genannten Materialien könnte die Membran 2 oder das gesamte Membranteil auch aus einem anderen geeigneten Material bestehen, welches (je nach gewünschten Dämpfungseigenschaften) eine mehr oder weniger dämpfende Wirkung hat und (beispielsweise je nach gewünschter Eigenfrequenz) mehr oder weniger elastisch ist. Geeignete Materialien sind neben anderen Kunststoffen beispielsweise Metallfolien aus verschiedenen Metallen. Beispielsweise könnte die Membran 2 auch aus mit Glasfaser verstärktem Papier bestehen.

**[0053]** Der in Fig. 1 dargestellte Aufbau könnte beispielsweise eingesetzt werden, wenn die Anlagefläche 4 am Objekt 5 festgeklebt wird.

**[0054]** In der Praxis wird häufig ein Einbau in ein Gehäuse gewünscht sein, wie dies beispielhaft in Fig. 2 dargestellt ist. Das Anlageelement 3 liegt mit seiner Anlagefläche 4 an einem Gehäuseboden 14a des Gehäuses 14 an. Beispielsweise ist das Anlageelement 3 am Gehäuseboden 14a angeklebt. Eine elektrische Leitung 15, deren elektrische Adern die Zuleitungen 13 für das Mikrofon 10 bilden, ist aus dem Gehäuse herausgeführt, beispielsweise im Bereich des Gehäusedeckels 14b.

**[0055]** Das Gehäuse 14 umfasst weiters einen Flansch 14c, mit welchem das Gehäuse am zu erfassenden Objekt 5 festlegbar ist, beispielsweise mittels Schrauben 16. Im am Objekt 5 festgelegten Zustand liegt der Gehäuseboden 14a am Objekt 5 an und schwingt mit diesem somit bei vorhandenen Vibrationen entsprechend mit. Über den Gehäuseboden 14a werden die Vibrationen des Objekts 5 somit auf das Membranteil 1 übertragen.

**[0056]** Das Anlageelement 3 könnte mit seiner Anlagefläche 4 auch am Gehäusedeckel 14b festgelegt sein, wobei die Anlagefläche 4 an der inneren Oberfläche des Gehäusedeckels 14b anliegt. Die Leitung 15 könnte dann beispielsweise im Bereich einer Seitenwand des Gehäuses 14 aus diesem herausgeführt sein.

**[0057]** In Fig. 1 ist als Mikrofon 10 ein dynamisches Mikrofon dargestellt. Hierbei treibt die Mikrofonmembran 11 eine Spule 17 in einem Magnetspalt 18 an, in welcher damit ein elektrisches Signal induziert wird.

**[0058]** Als Mikrofon 10 könnte ebenso ein Kondensatormikrofon eingesetzt werden.

**[0059]** Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung einer weiteren möglichen Ausführungsform der Erfindung. Analoge Teile sind mit den gleichen Bezugszeichen wie in den Fig. 1 und 2 bezeichnet. Die Ausbildung entspricht der von Fig. 2, abgesehen von folgenden Unterschieden:

**[0060]** Bei der Ausbildung von Fig. 3 werden die Vibrationen des zu erfassenden Objekts 5 auf das Begrenzungsteil 8 übertragen. Das Begrenzungsteil 8 liegt an der inneren Oberfläche des Gehäusebodens 14a an, und zwar mit einer vom Membranteil 1 abgewandten Oberfläche. Das Begrenzungsteil 8 kann beispielsweise mit dem Gehäuseboden 14a verschraubt sein (solche Befestigungsschrauben sind in der schematischen Fig. 3 nicht dargestellt). Auch andere Befestigungen, beispielsweise durch eine Verklebung, sind möglich.

**[0061]** Die Zuleitungen 13 des in eine Durchtrittsöffnung 9 des Begrenzungsteils 8 eingesetzten Mikrofons 10 sind beispielsweise durch eine Ausnehmung seitlich aus dem Begrenzungsteil 8 herausgeführt.

**[0062]** Das Membranteil 1 ist durch seine Verbindung mit dem Begrenzungsteil 8 schwingfähig aufgehängt. Das Membranteil 1 kann hierbei frei schwingen. Zur Erhöhung der Masse des Membranteils 1 weist dieses in einem zentralen Bereich der Membran 2 ein mit der Membran 2 verbundenes, insbesondere durch Verklebung, Masseteil 19 auf.

**[0063]** Die Membran 2 und das Masseteil 19 könnten auch gemeinsam aus einem einzelnen Teil (=materialeinstückig) ausgebildet sein.

**[0064]** Durch Anlage des Gehäuses 14 am zu erfassenden Objekt 5 werden die Vibrationen des Objekts 5 auf das Begrenzungsteil 8 übertragen. Durch die zumindest abschnittsweise elastische Ausbildung des Membranteils 1 wird dieses gegenüber dem Begrenzungsteil 8 in Schwingungen versetzt, wobei die Amplitude dieser Schwingungen übersetzt an die Mikrofonmembran 11 übertragen wird.

**[0065]** In einer Modifikation der Ausbildungsform von Fig. 3 könnte das Begrenzungsteil 8 auch an der inneren Oberfläche des Gehäusedeckels 14b anliegend festgelegt sein, beispielsweise durch Befestigungsschrauben.

**[0066]** Das Masseteil 19 könnte auch entfallen, wobei das Membranteil 1 über seine gesamte Erstreckung von einer elastisch biegbaren Membran 2 gebildet wird. Eine solche Ausbildung kann insbesondere bei höheren zu erfassenden Frequenzen der Vibrationen gewählt werden, da sich auf Grund der niedrigeren Masse des Membranteils 1 eine höhere Eigenfrequenz ausbildet.

**[0067]** Denkbar und möglich wäre es auch, das Mikrofon 10 in eine Durchtrittsöffnung 9 im Membranteil 1, welche insbesondere im Bereich des Masseteils 19 ausgebildet ist, einzusetzen.

**[0068]** In der Ausführung der Fig. 1 und 2 ist das Membranteil 1 im Bereich des Anlageelements 3 im Wesentlichen starr. Im Ausführungsbeispiel von Fig. 3 ist das Membranteil im Bereich des Masseteils 19 im Wesentlichen starr. Zwischen dem Anlageelement 3 und dem Verbindungsbereich 6 bzw. zwischen dem Masseteil 19 und dem Verbindungsbereich 6 weist das Membranteil 1 einen flexiblen, vorzugsweise elastisch biegbaren Bereich auf. In diesem Bereich könnte das Membranteil 1 zur Erhöhung der Flexibilität auch eine gewellte Ausbildung aufweisen. Dieser Bereich 1 könnte hierbei auch eine geringere radiale Erstreckung als in den Figuren dargestellt aufweisen.

**[0069]** Mit einer erfindungsgemäßen Vibrationserfassungseinrichtung kann beispielsweise bezogen auf die durch die Vibrationen auftretenden Beschleunigungen eine Empfindlichkeit von bis zu 20 Volt pro g (=Erdbeschleunigung) erreicht werden.

## LEGENDE ZU DEN HINWEISZIFFERN

1	Membranteil
2	Membran
3	Anlageelement
4	Anlagefläche
5	Objekt
6	Verbindungsbereich
7	Mittelachse
8	Begrenzungsteil
9	Durchtrittsöffnung
10	Mikrofon
11	Mikrofonmembran
12	Hohlraum
13	Zuleitung
14	Gehäuse
14a	Gehäuseboden
14b	Gehäusedeckel
14c	Flansch
15	Leitung
16	Schraube
17	Spule
18	Magnetspalt
19	Masseteil

**Patentansprüche**

1. Vibrationserfassungseinrichtung für Frequenzen im Hörbereich umfassend ein Mikrofon (10) mit einer Mikrofonmembran (11), **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vibrationserfassungseinrichtung einen spaltförmigen geschlossenen Hohlraum (12) aufweist, wobei die Mikrofonmembran (11) und ein Membranteil (1) jeweils eine Begrenzung dieses Hohlrums (12) bilden und die den Hohlraum begrenzende Fläche des Membranteils (1) mindestens zehn mal größer als die den Hohlraum (12) begrenzende Fläche der Mikrofonmembran (1) ist.
2. Vibrationserfassungseinrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Membranteil (1) in einem eine Mittelachse (7) durch das Membranteil (1) umgebenden Verbindungsbereich (6) mit einem Begrenzungsteil (8) verbunden ist, wobei das Begrenzungsteil (8) und ein radial innerhalb des Verbindungsbereichs (6) liegender Bereich des Membranteils (1) in eine Erfassungsrichtung, in welche Vibrationen erfassbar sind und welche parallel zur Mittelachse (7) liegt, gegeneinander auslenkbar sind, und dass das Membranteil (1), das Begrenzungsteil (8) und die Mikrofonmembran (11) den geschlossenen Hohlraum (12) begrenzen.
3. Vibrationserfassungseinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die den Hohlraum (12) begrenzende Fläche des Membranteils (1) mindestens dreißig mal größer als die den Hohlraum (12) begrenzende Fläche der Mikrofonmembran (11) ist.
4. Vibrationserfassungseinrichtung nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der spaltförmige geschlossene Hohlraum (12) sich zumindest über einen Teil seiner Ausdehnung zwischen dem Membranteil (1) und dem Begrenzungsteil (8) erstreckt, wobei der mittlere Abstand zwischen dem Begrenzungsteil (8) und dem Membranteil (1) über den Bereich, über welchen sie den Hohlraum (12) radial innerhalb des Verbindungsbereichs (6) begrenzen, kleiner als 2mm, vorzugsweise kleiner als 1 mm ist.

5. Vibrationserfassungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Mikrofon (10) in eine Durchtrittsöffnung (9) im Begrenzungsteil (8) eingesetzt ist.
6. Vibrationserfassungseinrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mittlere Abstand zwischen der Mikrofonmembran (11) und dem Membranteil (1) über den Bereich, über welchen sich die Mikrofonmembran (11) ausdehnt, kleiner als 2 mm, vorzugsweise kleiner als 1 mm ist.
7. Vibrationserfassungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Volumen des geschlossenen Hohlraums (12) kleiner als 2 mm, vorzugsweise kleiner als 1 mm, mal die vom Verbindungsbereich (6) umschlossene Fläche ist.
8. Vibrationserfassungseinrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Begrenzungsteil (8) durch seine Verbindung mit dem Membranteil (1) zumindest im Wesentlichen frei schwingend aufgehängt ist.
9. Vibrationserfassungseinrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Membranteil (1) eine zentrale Anlagefläche (4) aufweist, die vom Verbindungsbereich (6) bezogen auf die zur Mittelachse (7) radiale Richtung beabstandet ist und über welche das Membranteil (1) an ein Objekt (5), dessen Vibrationen zu erfassen sind, anlegbar ist oder an einem Teil anliegt, auf welches die Vibrationen des Objekts (5) übertragbar sind.
10. Vibrationserfassungseinrichtung nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Begrenzungsteil (8) innerhalb eines Gehäuses der Vibrationserfassungseinrichtung angeordnet ist.
11. Vibrationserfassungseinrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Membranteil (1) durch seine Verbindung mit dem Begrenzungsteil (8) zumindest im Wesentlichen frei schwingend aufgehängt ist.
12. Vibrationserfassungseinrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Begrenzungsteil (8) an ein Objekt (5), dessen Vibrationen zu erfassen sind, anlegbar ist oder an einem Teil anliegt, auf den die Vibrationen des Objekts (5) übertragbar sind.
13. Vibrationserfassungseinrichtung nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Membranteil (1) innerhalb eines Gehäuses der Vibrationserfassungseinrichtung angeordnet ist.
14. Vibrationserfassungseinrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Eigenfrequenz des schwingfähigen Systems, das das schwingfähig gelagerte Begrenzungsteil (8) aufweist oder das schwingfähige Membranteil (1) aufweist im Bereich von 50 Hz bis 500 Hz liegt.
15. Vibrationserfassungseinrichtung nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Membran (2) des Membranteils (1) aus einem dämpfenden Material ausgebildet ist, wobei bei einer konstanten anregenden Amplitude die Amplitude der Mikrofonmembran (11) bei einer Anregung mit der Eigenfrequenz nicht mehr als doppelt so groß wie die Amplitude der Mikrofonmembran (11) bei einer Anregung mit dem zehnfachen Wert der Eigenfrequenz ist.

**Hierzu 3 Blatt Zeichnungen**

Fig. 1

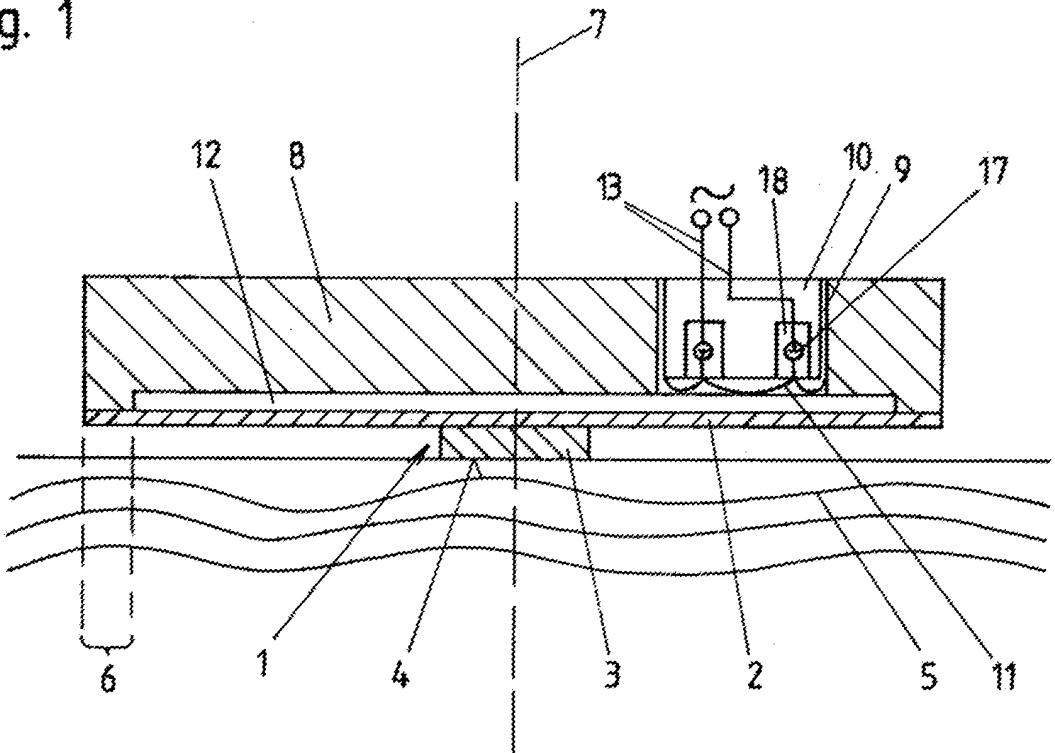


Fig. 2

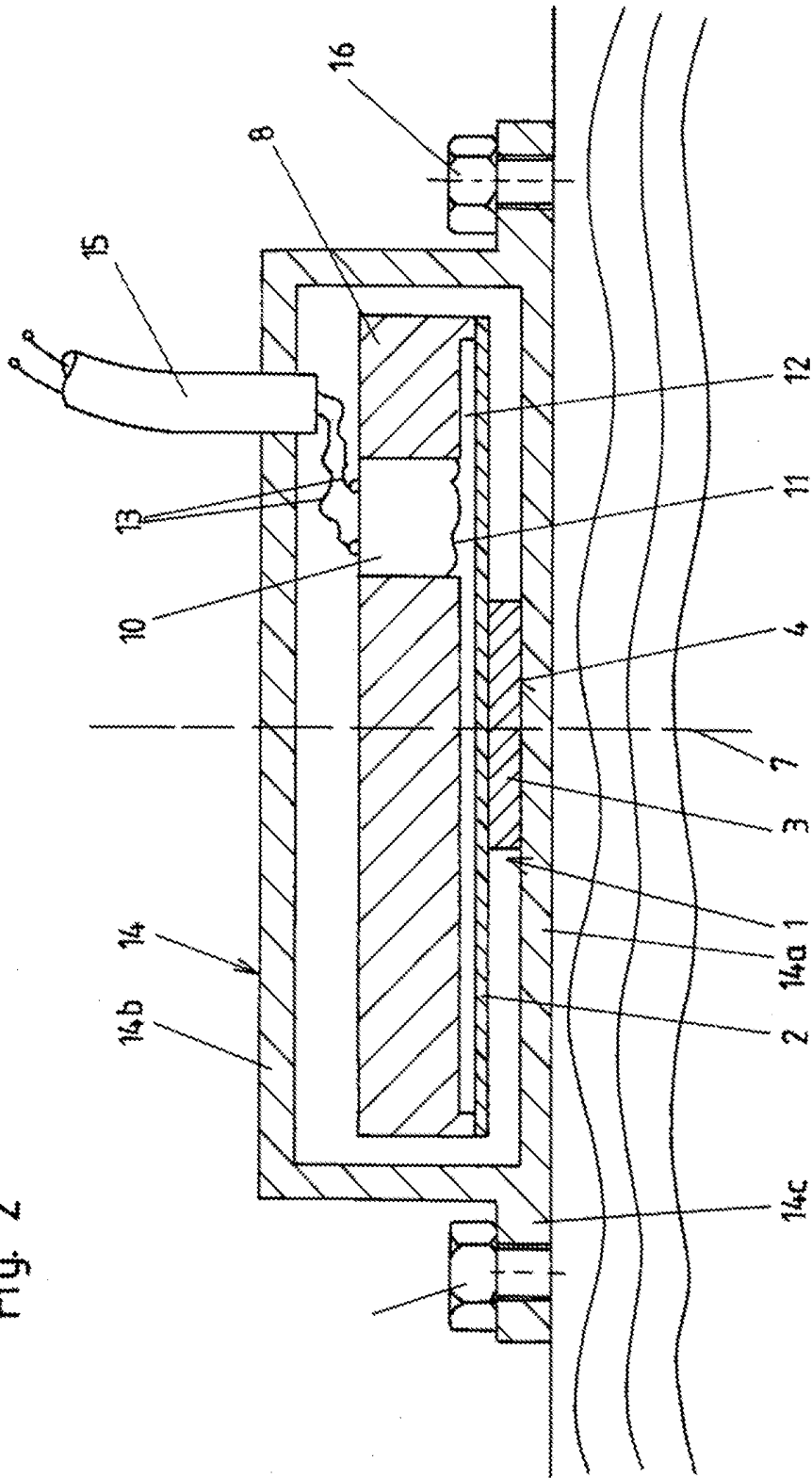


Fig. 3

