

## Elektroakustischer Wandler

### Technisches Gebiet

Die Erfindung bezieht sich auf einen elektroakustischen Wandler, insbesondere Biegewellenwandler, mit zumindest einer biegesteifen Schallmembran und einem  
5 die Schallmembran schwingungserregenden Körperschallwandler.

### Stand der Technik

Elektroakustische Wandler oder auch Flächenlautsprecher bzw. Exciter nutzen einen mit einer nach dem elektrodynamischen Prinzip funktionierenden Schwingspule ausgestatteten Körperschallwandler, der mechanisch an der  
10 Schallmembran befestigt wird, die von einem beliebigen schallabgebenden Körper gebildet sein kann. Der zweite Teil des Körperschallwandlers ist üblicherweise an einem zweiten Teil, das eben mechanisch an der Schallmembran befestigt ist, quer zur schallabgebenden Fläche der Schallmembran schwingend gelagert. Der Körperschallwandler wandelt elektrische Signale in Bewegungsenergie um und  
15 überträgt sie auf beliebige, schwingfähige Oberflächen, wie Bett, Sofa, Spiegel, Schrank, Ablage, Regal oder auch Bildschirme. Besonders sehr tiefe Frequenzen, mit denen herkömmliche Subwoofer Probleme bekommen, können damit realisiert werden.

Für eine brauchbare Schallabgabe sind vor allem die mechanischen  
20 Eigenschaften der schallabstrahlenden Fläche der Schallmembran verantwortlich. Die Schallmembran kann nur dann Töne oder Klänge übertragen, wenn sie mechanisch schwingt und dazu eine entsprechende Eigenspannung, also insbesondere die Biegesteifigkeit erhöhende Eigenspannung, aufweist. Die Schallmembran muss also wenigstens derart biegesteif sein, dass die  
25 Schallmembran zur Schallabgabe geeignet ist.

Ein elektroakustischer Wandler, der dazu dient eine plattenförmige Schallmembran bzw. einen Bildschirm zwecks Tonabgabe zu Schwingungen anzuregen ist beispielsweise aus der WO 9709842 A2, der WO 9709853 A2 und der WO 9709698 A1 bekannt. Die DE102007003165 A1 offenbart ein

- 5 Korrekturalelement zur Anpassung des Schwingungsverhaltens des Schwingungssystems, aus Schallmembran und Körperschallwandler.

Einen weiteren elektroakustischen Wandler, insbesondere Biegewellenwandler, mit zumindest einer Schallmembran und wenigstens einem transversale Biegewellen in der Schallmembran erzeugenden Schwingerreger offenbart die

10 DE102008059312 A1, wobei die Schallmembran ein steifer, etwa rechteckiger Plattenkörper ist, welcher im Bereich von zwei einander gegenüberliegenden Randkanten gelagert ist, wobei mindestens ein Lager als ein einen Kantenbereich ortsfest aufnehmendes Dämpfungsteil ausgebildet ist.

- Nach der Lehre der WO 9937121 A1 werden akustische Wandler derart auf
- 15 Paneelelementen angebracht, dass die damit verbundenen Oberflächenschwingungen auf die Paneelelemente wirken und die Resonanzmodenverteilung derselben ausgenützt werden. Die WO 9952322 A1 des gleichen Anmelders zeigt eine resonante Multimode-Akustikplatte, in der ein Wandler angebracht ist. Die Akustikplatte weist einen Hohlraum auf, der die von
- 20 der Paneelfläche emittierte Schallstrahlung aufnimmt und moduliert. Eine audiovisuelle Einrichtung mit einem flächigen, zur Darstellung von Bildinformationen ausgebildetes Element, welches zur Lichtemission ansteuerbar ist, und mit einem flächigen, biegesteifen, zur Abgabe von Toninformationen ausgebildeten Element, der Schallmembran, welche zu transversalen
- 25 Biegeschwingungen und damit zur Schallabstrahlung anregbar ist offenbart die DE102004032223 A1, gemäß deren Lehre das schallabgebende Element im Wesentlichen koextensiv zum lichtemittierenden Element ausgebildet ist.

- Aus der DE102015104478 A1 ist ein Flachlautsprecher mit wenigstens zwei im Wesentlichen ebenen Schallmembranen unterschiedlicher Größe bekannt, welche
- 30 jeweils randseitig in einer Umrandung aufgenommen sind und die jeweils über

einen elektrodynamischen Wandler, also eine Körperschallwandler, zur Erzeugung von Biegewellen auf der jeweiligen Schallmembran angeregt werden, wobei die Membranen jeweils aus einer beidseitig beschichteten biegesteifen Polystyrol-Platte gebildet sind, die nach Art eines herkömmlichen Konuslautsprechers über  
5 eine elastische Randverbindung mit ihrer jeweiligen Umrandung verbunden ist.

Als Nachteil ist bei den vorbekannten elektroakustischen Wandlern insbesondere zu eigen, dass das von ihnen abgegebene Klangbild nur einen mäßigen Hörgenuss bietet und dass die realisierbaren Frequenzgänge im hörbaren Bereich bei weitem nicht an die herkömmlicher HIFI Lautsprecher heranreichen.

#### 10 Darstellung der Erfindung

Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, einen elektroakustischen Wandler der eingangs geschilderten Art anzugeben, der sich durch eine verbesserte Klangwiedergabe auszeichnet und das vorzugsweise unabhängig von der Geometrie der Schallmembran, die nicht unbedingt die einer ebenen Platte sein  
15 muss.

Die Erfindung löst die gestellte Aufgabe dadurch, dass die Schallmembran ein kunstharzbeschichtetes Trägermaterial umfasst, dessen Schallabgabefläche von wenigstens zwei, insbesondere von wenigstens drei, Kunstharzschichten gebildet ist, die verbindungsmittefrei stoffschlüssig miteinander verbunden sind.

20 Je nach Art des Trägermaterials kann zwischen Trägermaterial und der ersten Kunstharzschicht ein Haftvermittler angeordnet sein. Wesentlich ist, dass die Schallmembran ein kunstharzbeschichtetes Trägermaterial umfasst, dessen Schallabgabefläche von wenigstens zwei, insbesondere von wenigstens drei, Kunstharzschichten gebildet ist, die verbindungsmittefrei stoffschlüssig  
25 miteinander verbunden sind, was bedeutet, dass zwischen diesen Kunstharzschichten kein gesonderter Haftvermittler vorgesehen ist. Die einzelnen Schichten bestehen vorzugsweise aus ein und demselben Kunstharz. Die Kunstharzschichten sind nicht einfach miteinander verklebt, verklebte Schichten

gehen untereinander keinen Stoffschluss ein, sondern werden in einem entsprechenden Zeitfenster derart nacheinander aufgetragen, dass sie im Endeffekt stoffschlüssig miteinander verbunden sind. Dies bedeutet, dass die Kunstharzschichten ohne gesonderten Haftvermittler bzw. ohne Fremdstoffkleber durch atomare oder molekulare Kräfte zusammengehalten werden und voneinander nicht mehr zerstörungsfrei gelöst werden können. Dazu müssen die zweite und etwaige folgende Schichten stets vor einem vollständigen Vernetzen des mit einem Härter versetzten Harzes der vorigen Schicht auf diese aufgetragen werden, die wiederum zu diesem Zeitpunkt schon derart teilvernetzt sein muss, dass sich einerseits die erforderliche stoffschlüssige Schichtverbindung ausbildet und andererseits die teilvernetzte Schicht bereits formstabil genug ist, sodass diese beim Auftrag der nächsten Schicht keine unerwünschten Oberflächenunebenheiten ausbildet. Damit wird eine Schallmembran geschaffen, die im Gegensatz zu einer lediglich einzelnen Schicht durch eine gegenseitige Verspannung der mehreren einzelnen Schichten derart biegesteif ist, dass die Schallmembran besonders gut zur Schallabgabe geeignet ist. Bei der Fertigung der zwei oder mehreren Kunstharzschichten, die verbindungsmitelfrei stoffschlüssig miteinander verbunden sind ergibt sich eine Schallmembran, bei der sich Spannungen zwischen den Schichten ausbilden, die eine Wirkung analog zu einer gespannten Saite eines Musikinstrumentes haben. Es wurden ausgezeichnete Tonabgabeverhalten gemessen, wenn die Schallabgabefläche mehrere Kunstharzschichten aufweist. Derzeit wurden bis zu zehn Lagen getestet. Die Bestimmung einer sinnvollen Anzahl von Schallmembranen und Körperschallwandlern obliegt dem Fachmann. Die stoffschlüssig miteinander verbundenen Kunstharzschichten können, wenn ein besonderes Erscheinungsbild gewünscht ist, abschließend mit einem herkömmlichen Lack überzogen sein.

Das Kunstharz der Kunstharzschichten basiert vorzugsweise auf einem mittels Polyaddition vernetzbaren Polymersystem, vorzugsweise einem Epoxidsystem oder einem Polyurethansystem. Basiert bedeutet in diesem Zusammenhang, dass das Kunstharz neben dem in der Regel wenigstens einen Härter und wenigstens einem Prepolymer aufweisenden Polymersystem auch noch Additive, wie z.B. Füllstoffe, Farbstoffe u. dgl. umfassen kann.

Als Kunstharz der Kunstharzschichten kann ein vorzugsweise 2-komponentiges Epoxidsystem einen aminbasierten Härter und/oder ein vorzugsweise 3-komponentiges Polyurethansystem einen Härter auf Basis blockierter Isocyanate umfassen. Sowohl die Epoxidharze als auch die Polyurethanharze haben sich  
5 insbesondere als geeignet für den Einsatzzweck erwiesen und liefern gute Ergebnisse. Das Kunstharz (Duroplast) hat während und nach der Verarbeitung das Erscheinungsbild eines flüssigen Glases.

Zur Einstellung der Härte, der mechanischen und optischen Eigenschaften kann das Kunstharz der Kunstharzschichten wenigstens einen weiteren Zusatz, wie  
10 einen anorganischen Füllstoff, beispielsweise Aluminiumoxid, umfassen. Es hat sich zudem gezeigt, dass durch die Zugabe eines anorganischen Füllstoffes insbesondere eine in der Regel unerwünschte Schrumpfung der ausgehärteten Kunstharzschichten reduziert werden kann, ohne dabei die optischen oder akustischen Eigenschaften der Schallmembran zu beeinträchtigen.

15 Das Trägermaterial kann ein nahezu beliebiges Material beliebiger Geometrie sein, das dazu geeignet ist mit den stoffschlüssig verbundenen Kunstharzschichten überzogen zu werden, insbesondere ein Verbundmaterial in Sandwichbauweise, ein Textil, ein Hohlkörper, ein Körper aus glasfaserverstärktem Kunststoff und/oder ein Holzkörper. Als besonders gut als  
20 Trägermaterial geeignet haben sich sogenannte Dibond-Platten, ein steifes Verbundmaterial in Sandwichbauweise, erwiesen. Dibond-Platten umfassen in der Regel zwei Aluminiumdecklagen, zwischen denen ein Polyethylenkern eingebettet ist. Die Schallmembran bzw. der elektroakustischen Wandler ist im Endeffekt beispielsweise ein Bild, eine Skulptur, eine Wand- bzw. Deckenvertäfelung od.  
25 dgl..

In einem einfachen Fall kann ein handelsüblicher Körperschallwandler an die Schallmembran angesetzt und mit dieser, beispielsweise durch Verkleben, starr verbunden werden. Da diese Möglichkeit allerdings nicht immer gegeben ist, kann es von Vorteil sein, wenn der Körperschallwandler über ein an der Schallmembran  
30 befestigtes oder in die Schallmembran integriertes Anschlusselement an die

- Schallmembran angeschlossen ist. Dieses Anschlusselement bildet dabei einen Adapter, an welchen der Körperschallwandler angeschlossen werden kann. Das Anschlusselement ist geometrisch derart ausgebildet, dass es einerseits bestmöglich an die Schallmembran und andererseits bestmöglich an den
- 5 Körperschallwandler angeschlossen werden kann und die vom Körperschallwandler generierten Schallwellen möglichst ohne ungewollte Verluste in die Schallmembran eingeleitet werden können.

- Um die Schallwellen auch an besonders exponierten Stellen in die Schallmembran einleiten zu können, an denen kein Raum für eine Montage des
- 10 Körperschallwandlers wäre, kann der Körperschallwandler mit dem Anschlusselement über eine Koppel verbunden sein und kann der Körperschallwandler mit einem Abstand von 2 bis 800mm zur Schallmembran angeordnet sein, welcher von der Koppel überbrückt wird. In einem einfachen Fall ist die Koppel eine einerends am Anschlusselement und andernends am
- 15 Körperschallwandler angreifende Stange. Die Koppel(stange) kann am Körperschallwandler wiederum über ein entsprechendes Anschlusselement angeschlossen sein. Es kann also zwischen Koppel und Trägermaterial und zwischen Koppel und Körperschallwandler je ein geeignetes Anschlusselement (Adapter) vorgesehen sein, um eine sauberer Einleitung des Körperschalles vom
- 20 Körperschallwandler in die Schallmembran sicherstellen zu können. Auch denkbar ist es die beiden Anschlusselemente direkt, also ohne zwischengeschaltete Koppel aneinander zu kuppeln, beispielsweise mittels eines Schraubverschlusses, Bajonettverschlusses od. dgl.

- Insbesondere wenn eine Koppel vorgesehen ist, aber nicht ausschließlich für
- 25 diesen Fall empfiehlt es sich, wenn der Körperschallwandler bezüglich der Schallmembran frei schwingend in einem Gehäuse des elektroakustischen Wandlers aufgehängt ist. Dazu empfiehlt sich eine Federaufhängung für den Körperschallwandler bzw. eine Aufhängung nach Art einer Mikrofonspinne od. dgl..

Umfasst der elektroakustische Wandler ein Trägermaterial in Sandwichbauweise umfassend zwei Metall-, insbesondere Aluminiumlagen, zwischen denen ein elektrisch isolierender Kern angeordnet ist, können die von einer Anschlussstelle zum Körperschallwandler führenden elektrischen Leitungen nach Art einer Platine

5 in wenigstens eine der beiden metallischen Lagen eingearbeitet sein. Das Trägermaterial, also die metallische Schicht selbst, bildet also eine Platine mit welcher elektrische Signale von einer geeigneten Anschlussstelle zum Körperschallwandler geleitet werden. Dazu werden beispielsweise stromführende Leitungen in die metallische Schicht eingearbeitet, indem Material zwischen den

10 Leitern entfernt wird. Die Übertragung von Musik, Sprache oder Klangexpertisen an einen, gegebenenfalls im elektroakustischen Wandler angeordneten, Verstärker, der an die Anschlussstellen mit geeigneten Mitteln angeschlossen ist, erfolgt über Bluetooth, W-Lan oder Kabel.

Um sowohl die Gestaltungs- und Reparaturmöglichkeiten der elektrischen

15 Kontaktierung zwischen Körperschallwandler und Platine bzw. zwischen Platine und einem elektrischen Signalgeber weiter zu verbessern, wird vorgeschlagen, dass der negative bzw. der positive Kontaktpol der Anschlussstelle an der Platine und/oder der negative bzw. der positive Kontaktpol einer Kontaktstelle des Körperschallwandlers jeweils durch eine mit einer jeweiligen negativen

20 elektrischen Leitung bzw. positiven elektrischen Leitung elektrisch verbundenen Klebeelektrode gebildet sind. Zuzufolge dieser Merkmale können etwaige elektrische Lötverbindungen, die nicht mehr zerstörungsfrei gelöst werden können, entfallen. Darüber hinaus ergibt sich der Vorteil, dass mithilfe der Klebeelektroden insbesondere die lokale Anordnung der entsprechenden negativen bzw. positiven

25 Anschlussstelle an der Platine weitgehend frei wählbar ist, sodass eine hohe Flexibilität in der Anordnung jener Anschlussstellen ermöglicht wird. Die auf die Metallfläche aufklebbare Klebeelektrode ist in ihrem Aufbau dergestalt, wie dies beispielsweise im Zusammenhang mit Elektrodenpads aus TENS- bzw. EMS-Therapieanwendungen bekannt ist. Beispielsweise kann die Elektrodenbasis aus

30 einer Silikonmatrix o.ä. gebildet sein, in welche für die elektrische Leitfähigkeit erforderliche Füllstoffe eingebettet sind. Als Füllstoffe können beispielsweise diverse kohlenstoffbasierte Füllstoffe, insbesondere Ruß-, Graphit-, oder Carbon-

Nanotube-Partikel, oder aber auch metallbasierte Füllstoffe oder geeignete anorganische Füllstoffe, eingesetzt werden. Es versteht sich von selbst, dass die Klebeelektrode einen entsprechenden Kabelanschluss o.ä. aufweist.

Insbesondere für den Fall, dass der elektroakustische Wandler starken

- 5 klimatischen bzw. thermischen Schwankungen ausgesetzt ist, kann es nötig sein, dass der Körperschallwandler in eine mit einem Inertgas, wie Helium, gefüllte, gasdichte Hülle eingesetzt ist. Damit werden Oxidationen an insbesondere der Schwingspule und Eisenkern des Körperschallwandlers auch dann vermieden, wenn dieser nach hartem Gebrauch diverse Haarrisse aufweist, womit die
- 10 Standzeit des elektroakustischen Wandlers erhöht werden kann.

Zur Verbesserung des Tiefbassverhaltens kann der Körperschallwandler zur Ausbildung eines Bassreflektors zwischen der Schallmembran und einer Bassreflexglocke angeordnet sein. Die Bassreflexglocke ist dazu insbesondere in einem Gehäuse des elektroakustischen Wandlers angeordnet und mit dem freien

15 Glockenrand berührungsfrei an die Schallmembran derart angesetzt, dass der freie Glockenrand die Schallmembran bei einer Schallabgabe nicht berührt und sich zwischen Schallmembran und dem von der Glocke aufgespannten Volumen eine Druckkammer ausbildet. Die Bassreflexglocke kann über eine Halteeinrichtung an dem Körperschallwandler befestigt sein.

- 20 Ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Herstellung einer Schallmembran zeichnet sich dadurch aus, dass auf eine Schallabgabefläche eines formgebenden Trägermaterials zunächst eine erste Kunstharzschicht aufgebracht wird, wonach vor einem vollständigen Aushärten der ersten Kunstharzschicht eine zweite Kunstharzschicht derart auf die erste Kunstharzschicht aufgebracht wird, dass die
- 25 erste und die zweite Kunstharzschicht verbindungsstoffschlüssig miteinander verbunden sind, wonach gegebenenfalls in gleicher Weise eine dritte oder nacheinander auch mehrere Kunstharzschicht(en) je auf die zuvor aufgebrachte Kunstharzschicht aufgebracht wird.

Die oben erwähnten Merkmale und Eigenschaften der Schallmembran und damit der Kunstharzschichten gelten analog.

- Gemäß einem Ausführungsbeispiel wird zunächst eine erste Kunstharzschicht auf das formgebenden Trägermaterial aufgebracht. Als Kunstharz kommt ein 2-
- 5 komponentiges Epoxidsystem einen aminbasierten Härter und/oder ein vorzugsweise 3-komponentiges Polyurethansystem einen Härter auf Basis blockierter Isocyanate zum Einsatz, beispielsweise Fußbodenharze der Firma Gobetto (z.B. DEGA POLIEPO GC 505 EXTRA). Vorzugsweise 2 oder 3 –
- 10 komponentig bedeutet, dass noch diverse Zusätze vorhanden sein können, wie beispielsweise ein anorganischer Zusatz. Zur Verarbeitung wird das Harz noch mit hochprozentigem Alkohol verdünnt. Während der Verarbeitung wird das Trägermaterial stets mit einem Rüttler in Schwingungen versetzt. Für die erste Kunstharzschicht wird eine Menge von 1, 2 bis 3,2, insbesondere von 2 bis 2,4 und besonders bevorzugt von 2,2kg/m<sup>2</sup> (Kilogramm Harz je m<sup>2</sup> Trägermaterial)
- 15 verwendet.

- Anschließend wird vor einem vollständigen Aushärten der ersten Kunstharzschicht eine zweite Kunstharzschicht derart auf die erste Kunstharzschicht aufgebracht wird, dass die erste und die zweite Kunstharzschicht verbindungsstoffschlüssig miteinander verbunden sind, dazu ist es erforderlich die zweite bzw.
- 20 jede weitere Kunstharzschicht in einem Zeitfenster von 6,5-8h, insbesondere von 7-7,5h, nach dem Aufbringen der ersten bzw. der vorigen Kunstharzschicht aufzubringen. Der genaue Zeitpunkt bestimmt sich insbesondere aus der Prozesstemperatur bzw. der Umgebungstemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit. Für die zweite und jede weitere Kunstharzschicht wird eine
- 25 Menge von 0,6 bis 1,2, insbesondere von 0,8 bis 1 und besonders bevorzugt von 0,9kg/m<sup>2</sup> (Kilogramm Harz je m<sup>2</sup> Trägermaterial) verwendet.

Vorzugsweise können mehrere Kunstharzschichten bis zu einer Stärke von insgesamt 3,5 mm auf das Trägermaterial aufgebracht werden.

Die Erfindung betrifft auch eine nach dem beschriebenen Verfahren hergestellte Schallmembran.

#### Kurze Beschreibung der Erfindung

In der Zeichnung ist der Erfindungsgegenstand beispielsweise dargestellt. Es

5 zeigen

Fig. 1 einen Ausschnitt eines elektroakustischen Wandlers mit einer biegesteifen Schallmembran und einem Körperschallwandler im Querschnitt,

Fig. 2 eine Konstruktionsvariante eines elektroakustischen Wandlers im Querschnitt,

10 Fig. 3 eine Konstruktionsvariante bei welcher der Körperschallwandler in eine mit einem Inertgas gefüllte, gasdichte Hülle eingesetzt ist im Querschnitt,

Fig. 4 eine Konstruktionsvariante bei welcher der Körperschallwandler zwischen der Schallmembran und einer Bassreflexglocke angeordnet ist im Querschnitt,

15 Fig. 5 eine Konstruktionsvariante bei welcher zum Körperschallwandler führende elektrischen Leitungen in eine metallischen Lage des Trägermaterials eingearbeitet sind in Rückansicht,

Fig. 6 mehrere Konstruktionsvarianten eines elektroakustischen Wandlers in diversen Ansichten,

20 Fig. 7 einen Eckbereich eines tafelförmigen elektroakustischen Wandlers im Querschnitt und

Fig. 8 den Eckbereich aus Fig. 7 mit nach hinten aus der Schallabgabefläche ausgebogenen Flanken.

#### Wege zur Ausführung der Erfindung

25 Die Erfindung bezieht sich auf einen elektroakustischen Wandler 1, insbesondere Biegewellenwandler, mit zumindest einer biegesteifen Schallmembran 2 und einem die Schallmembran 2 schwingungserregenden Körperschallwandler 3.

Die Schallmembran 2 umfasst ein kunstharzbeschichtetes Trägermaterial 4, dessen Schallabgabefläche 5 von wenigstens zwei, insbesondere von wenigstens drei, die Kunstharzbeschichtung des Trägermaterials 4 bildend Kunstharzschichten 6 gebildet ist, die verbindungsmitelfrei stoffschlüssig miteinander verbunden sind.

Das Kunstharz der Kunstharzschichten 6 basiert entweder auf einem Epoxidsystem mit einem aminischen Härter oder auf einem Polyurethansystem mit einem Härter auf Basis blockierter Isocyanate. Es können auch mehr als drei Kunstharzschichten 6 vorgesehen sein. Das Kunstharz der Kunstharzschichten 6 umfasst wenigstens einen weiteren Zusatz, wie einen Füllstoff und/oder Keimbildner.

Das Trägermaterial 4 kann ein Verbundmaterial in Sandwichbauweise mit zwei rund 0,3 Millimeter dicken Aluminiumschichten sein, zwischen denen ein Polyethylenkern eingebettet ist, ein Textil, ein Körper aus glasfaserverstärktem Kunststoff oder ein Holzkörper sein. Insbesondere Fig. 6 zeigt mehrere Konstruktionsvarianten eines elektroakustischen Wandlers in diversen Ansichten, nämlich eine Hose links, ein Bild oder Wandpaneel rechts oben oder eine Skulptur rechts unten, die alle das Trägermaterial bilden, welches mit wenigstens zwei Kunstharzschichten 6 überzogen sind die verbindungsmitelfrei stoffschlüssig miteinander verbunden sind.

Der Körperschallwandler 3 ist über ein an der Schallmembran 2 befestigtes oder in die Schallmembran 2 integriertes Anschlusselement 7 an die Schallmembran 2 angeschlossen. Gemäß den Ausführungsbeispielen nach Fig. 3 und 4 sind die Körperschallwandler 3 unmittelbar an der Schallmembran 2 befestigt, insbesondere damit verklebt. Gemäß den Ausführungsbeispielen nach Fig. 1 und 2 sind die Körperschallwandler 3 entweder direkt in eine Ausfräsung der Schallmembranrückseite eingesetzt (Fig. 1) oder über ein in die Schallmembran 2 integriertes Anschlusselement 7 an die Schallmembran 2 angeschlossen (Fig. 2). Insbesondere das Anschlusselement 7 kann für eine sichere Verankerung in eine Freistellung in der Schallmembran 2 eingegossen werden.

Der Körperschallwandler 3 ist mit dem Anschlusselement 7 über eine Koppel 8, hier eine Gewindestange, verbunden, wobei der Körperschallwandler 3 mit einem Abstand von 2 bis 800mm zur Schallmembran 2 angeordnet sein kann. Der Körperschallwandler 3 kann mittels Federn 9 bezüglich der Schallmembran 2 frei schwingend in einem Gehäuse 10 des elektroakustischen Wandlers aufgehängt sein. Gemäß Fig. 2 ist die Koppel 8 einerseits am Anschlusselement 7 zur Schallmembran hin und andererseits über ein weiteres Anschlusselement 7 am Körperschallwandler 3 angreifende Stange. Die Koppel 8 ist am Körperschallwandler wiederum über ein entsprechendes adaptiertes Anschlusselement 7 angeschlossen, um eine sauberere Einleitung des Körperschalles vom Körperschallwandler 3 in die Schallmembran 2 sicherstellen zu können.

Für den elektroakustischen Wandler 1 kann ein Trägermaterial 4 in Sandwichbauweise umfassend zwei Metalllagen 11, insbesondere Aluminiumlagen, umfassen, zwischen denen ein elektrisch isolierender Kern 12 angeordnet ist, wobei die von einer Anschlussstelle 13 zum Körperschallwandler 3 führenden elektrischen Leitungen nach Art einer Platine in wenigstens eine der beiden metallischen Lagen 11 eingearbeitet sind (Fig. 5).

Gemäß einer weiteren in Fig. 6 gezeigten Ausführungsform werden sowohl der negative und positive Kontaktpol der Anschlussstelle (13), als auch der negative und der positive Kontaktpol einer Kontaktstelle (3a) des Körperschallwandlers (3) jeweils durch eine mit einer jeweiligen negativen elektrischen Leitung (11a) bzw. positiven elektrischen Leitung (11b) elektrisch verbundenen Klebeelektrode (13a) gebildet.

Der Körperschallwandler 3 kann in eine mit einem Inertgas 14 gefüllte, gasdichte Hülle 15 eingesetzt sein (Fig. 3).

Darüber hinaus kann der Körperschallwandler 3 zur Ausbildung eines Bassreflektors 16 zwischen der Schallmembran 2 und einer Bassreflexglocke 17 angeordnet sein, die entweder über Haltemittel 18 im Gehäuse 10 aufgehängt ist

- oder über ein entsprechendes Haltemittel, hier eine nichtmagnetische Schraubenbolzen -mutterkombination, am Körperschallwandler 3 aufgehängt ist. Das Gehäuse kann, wie bei herkömmlichen Lautsprechern üblich, mit einem schalldämmenden Stoff ausgestattet sein, um ungewollte Schallreflexionen im
- 5 Gehäuse 10 zu dämpfen.

- Fig. 7 und 8 zeigen die Fertigung der Flanken eines Paneels, insbesondere Bildes, Spiegels od. dgl. das in einem Randbereich eines tafelförmigen elektroakustischen Wandlers im Querschnitt und mit einer eingeschnittenen V-Nut 19 aufweist einen
- 10 Eckbereich mit nach hinten aus der Schallabgabefläche ausgebogenen Flanken bilden zu können. Die Kunstharzschichten 6 überdecken also auch die Flanken des fertigen Paneels, wobei die Flanken filmscharnierartig um die nicht vollständig durchgeschnittene schallabgabeflächenseitige Metalllage 11 bzw. das nicht vollständig durchgeschnittene Trägermaterial 4 gebogen werden.

## Patentansprüche

1. Elektroakustischer Wandler (1), insbesondere BiegeWellenwandler, mit zumindest einer biegesteifen Schallmembran (2) und einem die Schallmembran (2) schwingungserregenden Körperschallwandler (3), dadurch gekennzeichnet,  
5 dass die Schallmembran (2) ein kunstharzbeschichtetes Trägermaterial (4) umfasst, dessen Schallabgabefläche (5) von wenigstens zwei, insbesondere von wenigstens drei, Kunstharzschichten (6) gebildet ist, die verbindungsmittefrei stoffschlüssig miteinander verbunden sind.
2. Elektroakustischer Wandler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,  
10 dass das Kunstharz der Kunstharzschichten (6) auf einem mittels Polyaddition vernetzbarem Polymersystem, vorzugsweise einem Epoxidsystem oder einem Polyurethansystem, basiert.
3. Elektroakustischer Wandler nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das vorzugsweise 2-komponentige Epoxidsystem einen aminbasierten  
15 Härter und/oder das vorzugsweise 3-komponentige Polyurethansystem einen Härter auf Basis blockierter Isocyanate umfasst.
4. Elektroakustischer Wandler nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Trägermaterial (4) ein Verbundmaterial in Sandwichbauweise, ein Textil, ein Hohlkörper, ein Körper aus  
20 glasfaserverstärktem Kunststoff oder ein Holzkörper ist.
5. Elektroakustischer Wandler nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Körperschallwandler (3) über ein an der Schallmembran (2) befestigtes oder in die Schallmembran (2) integriertes Anschlusselement (7) an die Schallmembran (2) angeschlossen ist.

6. Elektroakustischer Wandler nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Körperschallwandler (3) mit dem Anschlusselement (7) über eine Koppel (8) verbunden ist und dass der Körperschallwandler (3) mit einem Abstand von 2 bis 800mm zur Schallmembran (2) angeordnet ist.
- 5 7. Elektroakustischer Wandler nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Körperschallwandler (3) bezüglich der Schallmembran (2) frei schwingend in einem Gehäuse (10) des elektroakustischen Wandlers (1) aufgehängt ist.
8. Elektroakustischer Wandler nach einem der Ansprüche 1 bis 7 mit einem  
10 Trägermaterial (4) in Sandwichbauweise umfassend zwei Metalllagen (11), insbesondere Aluminiumlagen, zwischen denen ein elektrisch isolierender Kern (12) angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass die von einer Anschlussstelle (13) zum Körperschallwandler (3) führenden elektrischen Leitungen nach Art einer Platine in wenigstens eine der beiden Metalllagen (11) eingearbeitet sind.
- 15 9. Elektroakustischer Wandler nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der negative bzw. der positive Kontaktpol der Anschlussstelle (13) und / oder der negative bzw. der positive Kontaktpol einer Kontaktstelle (3a) des Körperschallwandlers (3) jeweils durch eine mit einer jeweiligen negativen elektrischen Leitung (11a) bzw. positiven elektrischen Leitung (11b) elektrisch  
20 verbundenen Klebeelektrode (13a) gebildet sind.
10. Elektroakustischer Wandler nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Körperschallwandler (3) in eine mit einem Inertgas (14) gefüllte, gasdichte Hülle (15) eingesetzt ist.
11. Elektroakustischer Wandler nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch  
25 gekennzeichnet, dass der Körperschallwandler (3) zur Ausbildung eines Bassreflektors (16) zwischen der Schallmembran (2) und einer Bassreflexglocke (17) angeordnet ist.

12. Verfahren zur Herstellung einer Schallmembran für einen elektroakustischen Wandler nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass auf eine Schallabgabefläche eines formgebenden Trägermaterials zunächst eine erste Kunstharzschicht aufgebracht wird, wonach  
5 vor einem vollständigen Aushärten der ersten Kunstharzschicht eine zweite Kunstharzschicht derart auf die erste Kunstharzschicht aufgebracht wird, dass die erste und die zweite Kunstharzschicht verbindungsmittefrei stoffschlüssig miteinander verbunden sind, wonach gegebenenfalls in gleicher Weise eine dritte oder nacheinander auch mehrere Kunstharzschicht(en) je auf die zuvor  
10 aufgebrachte Kunstharzschicht aufgebracht wird.
13. Verfahren nach Anspruch 12 dadurch gekennzeichnet, dass für die erste Kunstharzschicht wird eine Menge von 1, 2 bis 3,2, insbesondere von 2 bis 2,4 und besonders bevorzugt von 2,2kg/m<sup>2</sup> und für die zweite und jede weitere Kunstharzschicht je eine Menge von 0,6 bis 1,2, insbesondere von 0,8 bis 1 und  
15 besonders bevorzugt von 0,9kg/m<sup>2</sup> verwendet wird, wobei das Trägermaterial während der Verarbeitung der Kunstharzschicht vorzugsweise mit einem Rüttler in Schwingungen versetzt wird.
14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13 dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Kunstharzschichten bis zu einer Stärke von insgesamt 3,5 mm auf das  
20 Trägermaterial aufgebracht werden.
15. Schallmembran erhältlich durch ein Verfahren nach Anspruch 11 oder 12.