

(19)



Deutsches
Patent- und Markenamt



(10) **DE 10 2013 201 064 A1** 2014.08.07

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2013 201 064.8**

(22) Anmeldetag: **23.01.2013**

(43) Offenlegungstag: **07.08.2014**

(51) Int Cl.: **G11B 33/08 (2006.01)**

(71) Anmelder:

Grasse, Klaus-Peter, 79809, Weilheim, DE

(74) Vertreter:

**isarpatent GbR Patent- und Rechtsanwälte,
80801, München, DE**

(72) Erfinder:

gleich Anmelder

(56) Ermittelter Stand der Technik:

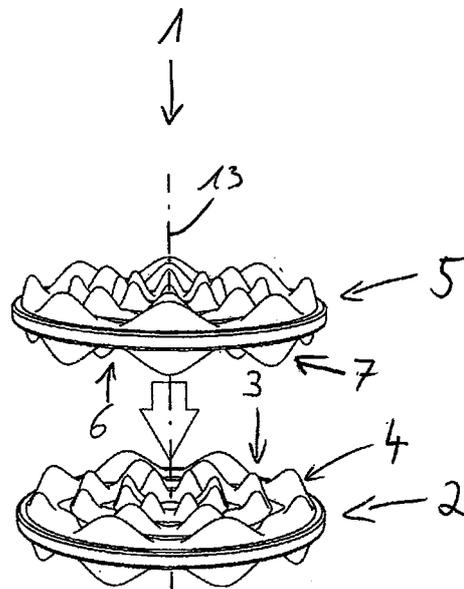
DE	199 54 502	B4
DE	20 2007 008 971	U1
EP	2 322 344	B1
JP	2009- 174 666	A

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Schwingungsabsorber, Entkopplungsvorrichtung, schwingfähiges mechanisches System**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft einen Schwingungsabsorber, insbesondere zur akustischen Entkopplung eines Phonogeräts von seiner Umgebung, mit einem ersten Absorberelement, welches an zumindest einer Stirnseite einen ersten Koppel- und Kontaktbereich mit einer dreidimensional geformten ersten Oberflächenkontur aufweist, mit einem zweiten Absorberelement, welches an zumindest einer Stirnseite einen zweiten dreidimensionalen Koppel- und Kontaktbereich mit einer dreidimensional geformten, zur ersten Oberflächenkontur korrespondierenden, zweiten Oberflächenkontur aufweist, wobei der erste und der zweite Koppel- und Kontaktbereich derart vorgesehen und ausgelegt sind, dass das erste Absorberelement mit dem zweiten Absorberelement formschlüssig stapelbar ist. Die vorliegende Erfindung betrifft ferner eine Entkopplungsvorrichtung mit einem solchen Schwingungsabsorber sowie ein schwingfähiges mechanisches System mit einem solchen Schwingungsabsorber oder mit einer solchen Entkopplungsvorrichtung.



Beschreibung**GEBIET DER ERFINDUNG**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Schwingungsabsorber, eine Entkopplungsvorrichtung mit einem solchen Schwingungsabsorber sowie ein schwingfähiges mechanisches System mit einem solchen Schwingungsabsorber oder mit einer solchen Entkopplungsvorrichtung.

TECHNISCHER HINTERGRUND

[0002] Bei mechanischen Systemen existieren Eigenfrequenzen, in welchen sich ein System bei einer entsprechenden Anregung von außen leicht aufschwingt. Derartige Anregungen können verschiedenster Natur sein und verschiedenste Ursachen haben. Um größere Schwingungsamplituden zu vermeiden, werden in den unterschiedlichsten technischen Gebieten Schwingungsabsorber eingesetzt. Beispielsweise haben Schwingungsabsorber im Bereich der Phonotechnik eine besondere Bedeutung. Das Funktionsprinzip eines Schwingungsabsorbers besteht stets darin, durch innere Reibung der Materialstruktur die Energie der Schwingungen in Wärme umzusetzen und somit das Ausschwingverhalten eines Systems bei auftretenden Schwingungen zu dämpfen.

[0003] Bei elektrischen Phonogeräten bilden sämtliche elektronische Komponenten und sämtliche mechanische Komponenten, insbesondere das Gehäuse, mechanische Systeme mit Eigenfrequenzen. In solchen Geräten werden zur Spannungswandlung oftmals Transformatoren eingesetzt, welche meist störende Schwingungen, insbesondere im Bereich der Netzfrequenz, anregen. Ferner werden solche Systeme oftmals auch von der Schallemission zugehöriger, sich meist im gleichen Raum befindlicher Lautsprecher angeregt. Zudem treten auch Anregungen von außen, z. B. durch Trittschall, auf. Mit derartigen Anregungen können Resonanzen, d. h. die Übereinstimmung der Frequenz einer Anregung mit einer Resonanzfrequenz, auftreten. Die daraus resultierenden Schwingungen verschlechtern die Klangqualität von Phonogeräten.

[0004] Eine weitere Problematik bei Phonogeräten in Verbindung mit Schwingungen stellt die Mikrofonie dar. Darunter ist die Eigenschaft elektronischer Bauteile zu verstehen, auf mechanische Anregung mit der Änderung ihrer elektrischen Parameter zu reagieren. Auch dies beeinflusst die Klangqualität.

[0005] In der Phonotechnik werden daher Schwingungsabsorber eingesetzt, um Phonogeräte von ihrer Umgebung, d. h. in der Regel von ihrer Standfläche, zu entkoppeln, um beispielsweise die Klangqualität eines Schallplattenspielers zu erhöhen. Ein-

fache Schwingungsabsorber sind oftmals als Gummifüße ausgebildet. Hochwertigere Schwingungsabsorber sind als beispielsweise als Verbundmaterialfüße oder als Absorberplatten vorgesehen.

[0006] Sämtliche dieser bisherigen Lösungen sind entweder nur sehr aufwändig und teuer herzustellen und/oder dämpfen Schwingungen nicht über ein genügend breites Frequenzband.

[0007] Dies ist ein Zustand, den es zu verbessern gilt.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0008] Vor diesem Hintergrund liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen verbesserten Schwingungsabsorber anzugeben.

[0009] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch einen Schwingungsabsorber mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 sowie mit einer Entkopplungsvorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 17 und einem schwingfähigen mechanischen System mit den Merkmalen des Patentanspruchs 19 gelöst.

[0010] Demgemäß ist vorgesehen:

- Ein Schwingungsabsorber, insbesondere zur akustischen Entkopplung eines Phonogeräts von seiner Umgebung, mit einem ersten Absorberelement, welches an zumindest einer Stirnseite einen ersten Koppel- und Kontaktbereich mit einer dreidimensional geformten ersten Oberflächenkontur aufweist, mit einem zweiten Absorberelement, welches an zumindest einer Stirnseite einen zweiten dreidimensionalen Koppel- und Kontaktbereich mit einer dreidimensional geformten, zur ersten Oberflächenkontur korrespondierenden, zweiten Oberflächenkontur aufweist, wobei der erste und der zweite Koppel- und Kontaktbereich derart vorgesehen und ausgelegt sind, dass das erste Absorberelement mit dem zweiten Absorberelement formschlüssig stapelbar ist.

- Eine Entkopplungsvorrichtung, insbesondere zur akustischen Entkopplung eines Phonogeräts von seiner Umgebung, mit zumindest einer Platte, zumindest einem Gerätegehäuse und zumindest einem Schwingungsabsorber gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Platte und der Schwingungsabsorber zwischen dem Gerätegehäuse und einer Umgebung des Gerätegehäuses angeordnet sind.

- Ein schwingfähiges mechanisches System, insbesondere Gerät mit einem Gehäuse, gedämpft durch einen erfindungsgemäßen Schwingungsabsorber oder durch eine erfindungsgemäße Entkopplungsvorrichtung.

[0011] Eine der vorliegenden Erfindung zugrunde liegende Idee besteht darin, Schwingungen in ei-

nem Schwingungsabsorber gleichzeitig mit innerer Reibung innerhalb eines Materials und mit äußerer Reibung zwischen unterschiedlichen Elementen bzw. Materialien zu absorbieren. Zusätzlich zur Absorption durch innere Reibung findet somit eine Absorption durch Reibung mehrerer Absorberelemente untereinander an deren Kontaktflächen statt.

[0012] Die Kontaktflächen sind durch die dreidimensionale Ausbildung der Oberflächenkontur der Koppel- und Kontaktbereiche bevorzugt in unterschiedlichen Raumebenen vorgesehen, sodass eine dreidimensionale Verschachtelung der Kontaktflächen entsteht. Somit kann Flächenreibung in unterschiedliche Richtungen entstehen und es wird eine effektive Dämpfung bzw. Absorption von Schwingungen in unterschiedlichen Richtungen erreicht.

[0013] Eine weitere der Erfindung zugrunde liegende Idee besteht darin, Absorberelemente modular, insbesondere mit einheitlicher dreidimensionaler Oberflächenkontur und/oder dreidimensional formschlüssig, mit einer großen Kontaktfläche untereinander miteinander stapelbar vorzusehen. Mit einer derartigen Ausbildung können, je nach Bedarf, unterschiedliche Absorberelemente, insbesondere aus unterschiedlichen Materialien, modular zur Absorption von Schwingungen in verschiedenen Frequenzbereichen oder über einen sehr breiten Frequenzbereich im Stapel kombiniert werden. Dabei ist keine zusätzliche Verbindungstechnik notwendig. Insbesondere können damit Absorberelemente aus Materialien verschiedener Härte modular einfach und stand sicher aufeinander gestapelt werden.

[0014] Somit ist ein aufgrund der bevorzugt einheitlichen Geometrie der Absorberelemente sehr leicht veränderbarer, unterschiedlich einsetzbarer Schwingungsabsorber geschaffen, welcher durch eine innige Verbindung zwischen Absorberelementen, je nach Wahl des Materials der Absorberelemente, Schwingungen unterschiedlichster Frequenzbereiche absorbiert.

[0015] Ferner ist ein Schwingungsabsorber geschaffen, der durch die Auswahl bzw. die unterschiedliche Kombination der Materialien der Absorberelemente mit sehr geringem Aufwand abgestimmt bzw. ausgelegt werden kann. Beispielsweise ist individuelles Tuning von Phonogeräten sehr leicht möglich, weil die Absorberelemente leicht einzeln gegen ein anderes Absorberelement austauschbar sind.

[0016] Zudem wird zusätzlich durch die große Kontaktfläche eine Schwingungsabsorption durch äußere Reibung der Absorberelemente untereinander bereitgestellt. Insbesondere können bei der Auslegung auch unterschiedliche Oberflächenkonturen an unterschiedlichen Kontakt- oder Koppelbereichen vorge-

sehen sein, um die Dämpfungscharakteristik zu beeinflussen bzw. auszulegen.

[0017] Zum Entkoppeln eines Phonogeräts von seiner Umgebung kann der erfindungsgemäße Schwingungsabsorber beispielsweise direkt am Phonogerät als Gehäuseunterlage oder als Unterlage für Standfüße vorgesehen sein.

[0018] Alternativ oder zusätzlich kann der erfindungsgemäße Schwingungsabsorber auch in einer Entkopplungsvorrichtung eingesetzt werden. Eine Entkopplungsvorrichtung kann beispielsweise derart aufgebaut sein, dass ein oder mehrere Schwingungsabsorber zwischen zwei Platten eingesetzt sind, wobei eine untere Platte auf einem Umgebungsuntergrund liegt und die obere Platte als Standfläche für das Phonogerät dient. Die Platten sind dabei beispielsweise aus Plexiglas, Schiefer, MDF (mitteldichte Faser), Multiplex oder einem anderen steifen Material gebildet. Das Plattenmaterial weist bevorzugt eine höhere Härte als die Absorberelemente und/oder eine hohe chemische Beständigkeit auf. Bei einer Ausführungsform kann das Plattenmaterial unterschiedliche Shore Härten aufweisen. Ferner kann bei einer Ausführungsform auch nur eine Platte ober- oder unterhalb des bzw. der Schwingungsabsorber vorgesehen sein. Dazu kann entweder das Gehäuse direkt auf dem Schwingungsabsorber aufliegen oder der Schwingungsabsorber direkt auf einem Umgebungsuntergrund stehen.

[0019] Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen ergeben sich aus den weiteren Unteransprüchen sowie aus der Beschreibung unter Bezugnahme auf die Figuren der Zeichnung.

[0020] Bei einer vorteilhaften Ausführungsform sind die erste und die zweite dreidimensionale Oberflächenkontur gleich ausgebildet, derart, dass das erste und zweite Absorberelement durch einen radialen Versatz zueinander formschlüssig miteinander stapelbar sind. Alternativ oder zusätzlich kann der Versatz auch lateral sein. Somit können die ersten und zweiten Absorberelemente mit einer einheitlichen Geometrie versehen sein. Dies ist insbesondere vorteilhaft, wenn je nach Bedarf unterschiedliche Absorberelemente miteinander kombiniert werden sollen, beispielsweise wenn die Absorberelemente unterschiedliche Werkstoffe oder unterschiedliche Eigenschaften aufweisen. Um einen formschlüssigen Stapel herzustellen, brauchen diese vorteilhaft lediglich zueinander versetzt werden. Somit ist kein Werkzeug oder Verbindungselement oder dergleichen notwendig, um die Absorberelemente formschlüssig zu stapeln. Ferner können vorteilhaft, bedarfsgerecht an den einzelnen Anwendungsfall angepasst, unterschiedlicher Absorberelemente ohne Rücksicht auf die Stapelbarkeit miteinander einfach gestapelt werden und bieten im Stapel eine gute Standfestigkeit.

[0021] Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist zumindest ein drittes Absorbererelement vorgesehen, welches an zumindest einer Stirnseite einen dritten Koppel- und Kontaktbereich mit einer dreidimensional geformten dritten Oberflächenkontur aufweist. Der dritte Koppel- und Kontaktbereich ist dabei derart vorgesehen und ausgelegt, dass das dritte Absorbererelement mit dem ersten und zweiten Absorbererelement formschlüssig stapelbar ist. Dadurch können vorteilhaft zumindest drei unterschiedliche Absorbererelemente miteinander formschlüssig gestapelt werden. Für einen Schwingungsabsorber bedeutet dies, dass drei unterschiedliche Dämpfermaterialien eingesetzt werden können, wodurch das gedämpfte Schwingungs-Frequenzband breiter einstellbar ist.

[0022] Bei einer weiteren Ausführungsform enthält das erste, zweite oder dritte Absorbererelement, oder eine Kombination der Absorbererelemente zumindest ein thermoplastisches Elastomer, insbesondere thermoplastisches Polyurethan oder Silikon, Holz, ein Metall oder eine Metalllegierung, oder eine Kombination derartiger Werkstoffe. Ferner sind auch Verbundmaterialien einsetzbar. Es können auch verschiedene Arten eines Materials, beispielsweise unterschiedliche Hölzer oder bevorzugt unterschiedliche thermoplastische Elastomere, verwendet werden. Somit können vorteilhaft unterschiedliche Werkstoffe für die einzelnen oder für mehrere Absorbererelemente eingesetzt werden, was je nach Anforderung an die Dämpfungscharakteristik der Absorbererelemente ausgewählt werden kann.

[0023] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform enthält das erste, zweite oder dritte Absorbererelement, oder eine Kombination der Absorbererelemente, einen Kunststoff mit einer Shore-A Härte von 20–80, insbesondere von 30–60. Bevorzugt ist der Kunststoff ein thermoplastisches Elastomer. Somit wird ein besonders zur Dämpfung bzw. Absorption Schwingungen geeigneter Werkstoff eingesetzt. Eine besonders bevorzugte Shore-A Härte eines Kunststoffes zur Dämpfung von Phonotechnisch relevanten Schwingungen liegt bei 50. Bei den vorstehenden Shore-A Härtewerten weist ein Kunststoff die Eigenschaft auf, dass Schwingungen besonders gut in sie eingekoppelt werden können und ihnen durch innere Reibung, insbesondere die sogenannte Hysterese, Energie bei elastischer Verformung entzogen wird. Somit werden die Schwingungsamplituden störender Schwingungen verringert bzw. die Schwingungen gedämpft.

[0024] Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform weisen das erste und zweite oder das erste, zweite und dritte Absorbererelement jeweils unterschiedliche Werkstoffe, insbesondere unterschiedliche thermoplastische Elastomere mit unterschiedlicher Shore-A Härte auf. Somit können bis zu drei unterschiedliche Materialien vorgesehen sein, wel-

che mit ihrer inneren Reibung Schwingungen in unterschiedlichen Frequenzbereichen dämpfen. Somit kann über ein breites Frequenzband eine Dämpfung bzw. Absorption von Schwingungen realisiert werden. Ferner ist auch denkbar, vier oder mehr Absorbererelemente mit unterschiedlichen Werkstoffen zu stapeln.

[0025] Bei einer bevorzugten Ausführungsform weist der erste, zweite und im Falle dreier Absorbererelemente auch der dritte Koppel- und Kontaktbereich in Stapelrichtung vorstehende Fortsätze auf. Alternativ können auch nur an einer Paarung von Koppel- und Kontaktbereichen zwischen zwei Absorbererelementen Fortsätze vorgesehen sein. Weiter, den Koppel- und Kontaktbereichen abgewandte, Stirnflächen können auch anders, beispielsweise plan bzw. eben ausgebildet sein. Zwischen den Fortsätzen der Koppel- und Kontaktbereiche ist jeweils ein Zwischenraum zur formschlüssigen Aufnahme eines Fortsatzes eines Koppel- und Kontaktbereichs eines mit dem jeweiligen Absorbererelement gestapelten Absorbererelements vorgesehen. Die Fortsätze greifen somit ineinander ein und stellen einen Formschluss her. Es wird somit eine Verzahnung bzw. eine innige Verbindung zwischen den Absorbererelementen hergestellt, welche eine Fülle von Kontaktflächen erzeugt. Diese bewirken vorteilhaft wegen der dort stattfindenden Flächenreibung eine erhöhte Schwingungsdämpfung. Ferner wird durch das ineinander Eingreifen der Fortsätze eine stabile Stapelbarkeit der Absorbererelemente gewährleistet. Die gestapelten Absorbererelemente können durch das ineinander Eingreifen nicht relativ zueinander verrutschen und ausschließlich durch ein Auseinanderbewegen in Stapelrichtung voneinander getrennt werden. Somit ist ein besonders einfach stapelbarer und gleichzeitig ein besonders sicher formschlüssig verbundener Stapel aus Absorbererelementen geschaffen.

[0026] Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist das erste, zweite oder dritte Absorbererelement, insbesondere das im Stapel mittlere Absorbererelement, oder auch jedes der Absorbererelemente jeweils an zwei Stirnseiten einen Koppel- und Kontaktbereich auf. Somit sind die Absorbererelemente in beliebiger Reihenfolge stapelbar, was vorteilhaft für das Feintuning der Schwingungsdämpfung und/oder für die Stabilität des Stapels ist. Beispielsweise kann so das steifste bzw. härteste Material unten angeordnet werden, und das am wenigstens steife bzw. am wenigsten harte Material oben im Stapel. Dadurch wird gewährleistet, dass der Stapel stabil steht und nicht kippt.

[0027] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform weisen die Absorbererelemente einen im Wesentlichen kreisförmigen Umfang auf. Somit wird einerseits eine universelle Form bereitgestellt und andererseits eine

optisch ansprechende Form realisiert, was insbesondere bei Phonogeräten ein wichtiges Verkaufsargument darstellt.

[0028] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform sind die Fortsätze in zumindest einem konzentrisch zum kreisförmigen Umfang angeordneten Ring angeordnet. Somit wird eine Symmetrie der Absorberelemente, insbesondere eine Achsensymmetrie, hergestellt, welche in einer hohen Stabilität eines Stapels derartiger Absorberelemente resultiert. Ferner werden auf diese Weise in eine Vielzahl von Richtungen orientierte Kontaktflächen geschaffen, was zur Dämpfung von Schwingungen mit unterschiedlicher Richtung bzw. unterschiedlicher Ausrichtung vorteilhaft ist. Die Ringstruktur weist ferner vorteilhaft eine besonders zuverlässige Formschlüssigkeit auf, wodurch eine sehr einfache Stapelbildung ermöglicht wird. Weitere Vorteile liegen darin, dass, falls der Schwingungsabsorber in einem rotierenden System eingesetzt wird, vorteilhaft um seine Hauptachse keine Unwucht vorliegt. Ferner lässt die Ringstruktur vorteilhaft eine leichte Klammerung zu, falls die Absorberelemente mit einer Klammer, beispielsweise einem Haltering, aneinander fixiert werden sollen. Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform weisen die Fortsätze entlang des Rings eine sinusförmige Wellenkontur auf. Somit wird ein besonders harmonischer Übergang zwischen den Fortsätzen bereitgestellt, was eine kontinuierliche Reibung an den Kontaktflächen begünstigt und somit auch die Schwingungsabsorption begünstigt.

[0029] Bei einer bevorzugten Ausführungsform sind eine Mehrzahl konzentrischer Ringe mit sinusförmiger Wellenkontur im Koppel- und Kontaktbereich vorgesehen, wobei an äußeren und inneren Ringen jeweils gleich viele sinusförmige Fortsätze vorgesehen sind und die Phasenlängen der jeweiligen Sinuskurven, welche von den Fortsätzen beschrieben werden, bei gleicher Amplitude entsprechend des unterschiedlichen Umfangs zwischen äußeren und inneren Ringen angepasst sind. Somit können unterschiedlichste Schwingungscharakteristika durch Reibung an den Kontaktflächen gedämpft werden. Ferner wird auf diese Weise eine hohe, insbesondere konzentrische, Symmetrie bzw. Achsensymmetrie der Absorberelemente erzeugt, was wiederum die Stabilität des Stapels von Absorberelementen des Schwingungsabsorbers erhöht.

[0030] Bei einer weiteren Ausführungsform sind die Fortsätze in radialer Richtung im Wesentlichen sinusförmig ausgebildet. Alternativ dazu kann an der Oberfläche der Sinuskurven eine plane Scheitelfläche vorgesehen sein, welche als Kontaktfläche dient. Im Falle der Sinusförmigkeit der Fortsätze in radialer Richtung wird sozusagen eine dreidimensionale Wellenstruktur an der Oberfläche des Koppel- und Kontaktbereiches geschaffen, welche insgesamt ei-

ne besonders große Kontaktfläche zwischen den Absorberelementen bereitstellt. Dies ist besonders vorteilhaft, weil eine große Kontaktfläche, insbesondere mit verschiedenen Krümmungen, der Schwingung besonders viel Energie durch Flächenreibung entziehen kann. Dabei kann eine untere Stirnseite eine Negativform der oberen Stirnseite bilden. Alternativ kann die Kontur der Oberfläche, beispielsweise durch eine Verdrehung der Absorberelemente zueinander um ihre Hauptachse, ineinander eingreifen.

[0031] Gemäß einer alternativen Ausführungsform sind die Fortsätze im Wesentlichen zylinderförmig ausgebildet und weisen eine Ausnehmung auf, wobei die Fortsätze an einer der Ausnehmung abgewandten Seite eine zur Ausnehmung korrespondierende Form aufweisen und in regelmäßigen Abständen zueinander derart angeordnet sind, dass zwischen den Fortsätzen jeweils ein Zwischenraum vorgesehen ist, der zur formschlüssigen Aufnahmen eines gleichen Fortsatzes ausgebildet ist.

[0032] Im wesentlichen zylinderförmig ist dahingehend zu verstehen, dass die Fortsätze auch zylinderähnliche Formen, z. B. konisch, kegel- oder kegelmuffförmig, pyramiden- oder pyramidenmuffförmig ausgebildet sein können. Insbesondere können diese Formen auch mit gerundeten Kanten versehen sein.

[0033] Somit können Fortsätze zweier Absorberelemente formschlüssig ineinander eingreifen, wenn die Absorberelemente miteinander gestapelt werden. Die Ausnehmung gewährleistet dabei eine stabile Formschlüssigkeit und gleichzeitig eine gute Stapelbarkeit. Ein Zwischenraum bildet dabei zumindest abschnittsweise eine Negativform eines Fortsatzes aus.

[0034] Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist die Grundfläche eines zylinderförmigen Fortsatzes als Kreisfläche mit einer kreisabschnittförmigen Ausnehmung gebildet und weist einen gleichen Kreisradius wie die Kreisfläche aufweist, wobei der Kreismitelpunkt der Ausnehmung auf dem Ring, auf dem die Fortsätze angeordnet sind, außerhalb der Kreisfläche liegt. Zwei benachbarte, im Wesentlichen zylinderförmige, Fortsätze sind dabei so weit voneinander beabstandet, dass genau ein weiterer derart geformter Fortsatz dazwischen passt. In der Mitte des Ringes aus Fortsätzen ist bevorzugt eine ebene Anlagefläche zwischen den Absorberelementen vorgesehen, welche dazu dient, den Stapel im Zentrum zu stabilisieren. Ferner wird dadurch eine zusätzliche Oberfläche geschaffen, an welcher sich die Absorberelemente kontaktieren. Somit kann auch an dieser Fläche Schwingungsenergie durch Flächenreibung abgebaut werden.

[0035] Bei einer vorteilhaften Ausführungsform weisen die Absorberelemente, das heißt zwei Absorbe-

relemente oder zumindest drei Absorberelemente, eine gemeinsame umfängliche Umreifung auf. Diese ist besonders bevorzugt als ein umfänglicher Haltering mit Einstich ausgebildet. Somit wird einerseits eine optische Verbesserung des Schwingungsabsorbers erreicht, und andererseits auch eine zusätzliche resonanzaufnehmende Komponente hinzugefügt. Ferner wird die Stabilität des Schwingungsabsorbers verbessert, insbesondere auch in Stapelrichtung, weil der die Umreifung bzw. der Haltering die Absorberelemente in Stapelrichtung zusammenhält.

[0036] Bei einer bevorzugten Ausführungsform einer Entkopplungsvorrichtung sind eine obere mit dem Gerätegehäuse in Kontakt stehende Platte und eine untere mit der Umgebung in Kontakt stehende Platte und dazwischen zumindest drei Schwingungsabsorber vorgesehen, wobei die obere und untere Platte parallel übereinander und die Schwingungsabsorber zwischen den Platten derart vorgesehen und angeordnet sind, dass die obere Platte und das Gerätegehäuse von der unteren Platte und der Umgebung durch die Schwingungsabsorber schwingungstechnisch entkoppelt sind. Mit dieser Vorrichtung wird ein sehr stabiler Stand des Gerätegehäuses trotz einer hohen möglichen Stapelhöhe der Schwingungsabsorber mit einer Vielzahl von Absorberelementen, d. h. mit zumindest zwei und bevorzugt zumindest drei Absorberelementen, in einem Stapel gewährleistet. Ferner dämpfen die Platten selbst durch ihr bevorzugt steifes Material vorteilhaft zusätzlich Schwingungen, beispielsweise in hohen Frequenzbereichen.

[0037] Bei einer bevorzugten Ausführungsform eines schwingfähigen mechanischen Systems weist dasselbe ein Gerät aus dem Hifi-Bereich und alternativ oder zusätzlich ein Möbel aus dem Hifi-Bereich auf. Insbesondere weist das System ein Abspielgerät, wie einen Plattenspieler oder einen CD/DVD/BlueRay Disk-Player, einen Verstärker, ein Netzteil, einen Lautsprecher, wie eine Regalbox oder eine Standbox, ein Hifi-Regal oder eine Kombination daraus auf. Alternativ kann das schwingungsfähige System eine andere technische Anwendung, bei welchem eine schwingungstechnische Entkopplung von einer Umgebung realisiert werden soll, umfassen. Dies kann beispielsweise eine von einem Fundament oder Boden entkoppelte Maschine, eine Werkunterlage, ein Messinstrument, ein Werkzeug oder eine Werkzeugmaschine, eine Mess- oder Analysevorrichtung, ein Wohn- oder Arbeitsmöbel oder dergleichen sein.

[0038] Die obigen Ausgestaltungen und Weiterbildungen lassen sich, sofern sinnvoll, beliebig miteinander kombinieren. Weitere mögliche Ausgestaltungen, Weiterbildungen und Implementierungen der Erfindung umfassen auch nicht explizit genannte Kombinationen von zuvor oder im Folgenden bezüglich der Ausführungsbeispiele beschriebenen Merkmale

der Erfindung. Insbesondere wird dabei der Fachmann auch Einzelaspekte als Verbesserungen oder Ergänzungen zu der jeweiligen Grundform der vorliegenden Erfindung hinzufügen.

INHALTSANGABE DER ZEICHNUNG

[0039] Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend anhand der in den schematischen Figuren der Zeichnung angegebenen Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen dabei:

[0040] Fig. 1A einen erfindungsgemäßen Schwingungsabsorber mit zwei Absorberelementen, dargestellt in der Stapelreihenfolge;

[0041] Fig. 1B den erfindungsgemäßen Schwingungsabsorber aus

[0042] Fig. 1A im gestapelten Zustand;

[0043] Fig. 2A, Fig. 2B eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Schwingungsabsorbers mit drei Absorberelementen;

[0044] Fig. 3A, Fig. 3B eine erste Ausführungsform eines Absorberelements in einer Seitenansicht und in einer isometrischen Ansicht;

[0045] Fig. 4A, Fig. 4B eine zweite Ausführungsform eines Absorberelements in einer Seitenansicht und einer isometrischen Ansicht;

[0046] Fig. 5A, Fig. 5B eine dritte Ausführungsform eines Absorberelements in einer Seitenansicht und einer isometrischen Ansicht;

[0047] Fig. 6A eine isometrische Ansicht einer vierten Ausführungsform eines Absorberelements mit zylinderförmigen Fortsätzen;

[0048] Fig. 6B das Absorberelement aus Fig. 6A in einer Seitenansicht;

[0049] Fig. 7A eine Ausführungsform eines Schwingungsabsorbers mit zwei Absorberelementen gemäß Fig. 6A und Fig. 6B dargestellt in Stapelreihenfolge;

[0050] Fig. 7B der Schwingungsabsorber gemäß Fig. 7A in gestapeltem Zustand;

[0051] Fig. 8A ein Schwingungsabsorber mit drei Absorberelementen gemäß Fig. 6A und Fig. 6B, dargestellt in Stapelreihenfolge;

[0052] Fig. 8B der Schwingungsabsorber gemäß Fig. 8A im gestapelten Zustand;

[0053] Fig. 9 eine schematische Darstellung der geometrischen Anordnung der Fortsätze der vierten Ausführungsform eines Absorberelements;

[0054] Fig. 10 eine Vorderansicht einer Entkopplungsvorrichtung;

[0055] Fig. 11 eine Querschnittansicht durch einen Schwingungsabsorber mit Haltering;

[0056] Fig. 12 eine perspektivische Ansicht des Schwingungsabsorbers aus Fig. 11.

[0057] Die beiliegenden Figuren der Zeichnung sollen ein weiteres Verständnis der Ausführungsformen der Erfindung vermitteln. Sie veranschaulichen Ausführungsformen und dienen im Zusammenhang mit der Beschreibung der Erklärung von Prinzipien und Konzepten der Erfindung. Andere Ausführungsformen und viele der genannten Vorteile ergeben sich im Hinblick auf die Zeichnungen. Die Elemente der Zeichnungen sind nicht notwendigerweise maßstabgetreu zueinander gezeichnet.

[0058] In den Figuren der Zeichnung sind gleiche, funktionsgleiche und gleich wirkende Elemente, Merkmale und Komponenten – sofern nichts anderes ausgeführt ist – jeweils mit denselben Bezugszeichen versehen.

BESCHREIBUNG VON AUSFÜHRUNGSBEISPIELEN

[0059] Fig. 1 zeigt eine erste Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Schwingungsabsorbers 1 mit zwei Absorberelementen 2, 5, dargestellt in Stapelreihenfolge. Der Stapel weist eine Stapelrichtung S auf. Die beiden Absorberelemente 2 und 5 sind jeweils gleich geformt und weisen eine Hauptachse 13 auf, welche parallel zu der Stapelrichtung verläuft. Jedes Absorberelement weist eine obere Stirnseite 3 und eine untere Stirnseite 6 auf. Die Absorberelemente 2, 5 sind im Wesentlichen als runde Scheiben ausgebildet, wobei an den Stirnseiten 3 und 6 der Scheiben Koppel- und Kontaktbereiche 4 und 7 vorgesehen sind.

[0060] In der dargestellten Ausführungsform ist an beiden Stirnseiten ein Koppel- und Kontaktbereich 4, 7 vorgesehen. Denkbar ist aber genauso, dass jeweils nur an einer Stirnseite 3, 6 der Absorberelemente 2, 5 ein Koppel- und Kontaktbereich vorgesehen ist und die andere Stirnseite 3, 6 welche sozusagen die obere oder untere Standfläche bzw. Auflagefläche des Schwingungsabsorbers 1 bildet, anders, insbesondere flach, ausgebildet ist.

[0061] Die Koppel- und Kontaktbereiche 4, 7 weisen eine dreidimensionale Oberflächenkontur auf. Diese dreidimensionale Oberflächenkontur ist mit in Stapel-

bzw. Hauptachsenrichtung vorstehenden Fortsätzen 11 gebildet, welche ringförmig, konzentrisch zur runden Umfangsfläche der Scheiben, angeordnet sind. Dabei sind drei konzentrische Ringe mit jeweils acht Fortsätzen vorgesehen, welche jeweils radial um die Hauptachse 13 gleich orientiert angeordnet sind. Dabei sind jeweils im Wesentlichen gleiche Winkelsegmente von einer Reihe radial angeordneter Fortsätze abgedeckt. Zwischen den Fortsätzen sind ebenfalls gleichmäßig an den Ringen verteilte, von den auslaufenden Fortsätzen ausgebildete Zwischenräume 12 bzw. Täler vorgesehen, welche sich ebenfalls innerhalb eines Winkelsegments der konzentrischen Kreise radial miteinander überdecken. Das zweite Absorberelement 5 ist zum ersten Absorberelement 2 radial um einen Versatzwinkel um die Hauptachse 13 derart versetzt angeordnet, dass die Fortsätze des ersten Absorberelements 2 in die Zwischenräume 12 bzw. Täler 12 des zweiten Absorberelements 5 eingreifen, und umgekehrt. Dabei ist das erste Absorberelement 2 auf derselben Hauptachse 13 angeordnet wie das zweite Element 5, so dass sich die konzentrischen Ringe axial überdecken. Dadurch ergibt sich im Koppel- und Kontaktbereich 4 und 7 im gestapelten Zustand zwischen dem ersten und zweiten Absorberelement eine im Wesentlichen geschlossene Seitenfläche.

[0062] Die Absorberelemente 2, 5 sind mit unterschiedlichen Werkstoffen gebildet. Sie bestehen beispielsweise aus thermoplastischen Elastomeren, wobei die Elastomere unterschiedliche Shore-A Härten aufweisen. Dadurch sind sie zur Dämpfung unterschiedlicher Schwingungsfrequenzen geeignet und ausgelegt. Beispielsweise bestehen die Absorberelemente aus dem Thermoplastischen Polyurethan, das unter der Bezeichnung „Elastollan“ von der Firma BASF Chemical Company vertrieben wird. Dieses ist beispielsweise in der technischen Information der BASF Chemical Company „Thermoplastische Polyurethan Elastomere (TPU) Elastollan® Materialeigenschaften“ Stand November 2011 beschrieben. Demnach zeichnet sich dieser Werkstoff, je nach Konfiguration, unter anderem durch einen Härtebereich von „60 Shore A bis 74 Shore D“ (bestimmt gemäß DIN 53505), durch „hohe Verschleiß- und Abriebfestigkeit“, durch „sehr gutes Dämpfungsverhalten“ und durch „hohe Beständigkeit gegen Öle, Fette, Sauerstoff und Ozon“ aus. Diese Eigenschaften machen dieses Material sehr vorteilhaft für die Schwingungsdämpfung mechanischer Systeme für vielfältige Anwendungen einsetzbar. In der weichsten von BASF angebotenen Konfiguration liegt der E-Modul bei etwa 10 MPa (N/mm²) und kann bei Bedarf durch unterschiedliche Zusätze auf mehr als 1000 MPa gesteigert werden. Eine bevorzugte Materialvariante „C 85 A“ hat bei Raumtemperatur beispielsweise einen E-Modul von etwa 20 MPa.

[0063] Das TPU enthält bevorzugt Weichmacher, um den Härtegrad präzise damit einzustellen. Ferner kann es selbstverständlich gefärbt sein, um die optisch ästhetisch Erscheinung zu Verbessern bzw. um eine marktgerechte Farbauswahl zur Verfügung zu stellen. Dabei ist der Farbstoff derart eingebracht, dass kein Abfärben und kein Abdruck auf anderen Oberflächen entsteht.

[0064] Fig. 1B zeigt das erste und zweite Absorberelement 2, 5 im gestapelten Zustand. In diesem Zustand greifen die Fortsätze des Koppel- und Kontaktbereichs 4, 7 der beiden Absorberelemente 2, 5 formschlüssig ineinander. Somit ist an den Kontaktflächen Flächenreibung möglich, mittels welcher Schwingungen zusätzlich zur inneren Reibung im Material absorbiert werden kann bzw. zusätzliche Schwingungsenergie in Reibungswärme bzw. Wärmeenergie umgewandelt werden kann. Da die beiden Absorberelemente 2 und 5 auch unterschiedliche schwingungsabsorbierenden Werkstoffen aufweisen, welche durch innere Reibung zusätzlich Schwingungen absorbieren, wird insgesamt ein sehr hoher Anteil von durch Schwingungen in den Schwingungsabsorber eingeleiteter Schwingungsenergie, idealerweise die gesamte Schwingungsenergie, in Wärme umgewandelt. Diese Energieumwandlung findet über einen breiten Schwingungsfrequenzbereich statt, sodass der Schwingungsabsorber ein breites Spektrum an Schwingungen dämpft.

[0065] Beispielsweise kann mit dem Schwingungsabsorber 1 ein Phonogerät von seiner Umgebung entkoppelt werden, indem zwischen dem Phonogerät und einer Standfläche eines Umgebungsuntergrundes ein bzw. mehrere, insbesondere drei oder vier, erfindungsgemäße Schwingungsabsorber geschaltet sind. Beispielsweise können die Schwingungsabsorber am Gehäuse oder an Standsockeln des Phonogeräts positioniert sein, wobei das Phonogerät auf den Schwingungsabsorbern steht.

[0066] Fig. 2A und Fig. 2B zeigen einen erfindungsgemäßen Schwingungsabsorber mit drei Absorberelementen 2, 5 und 8, wobei in Fig. 2A die Stapelreihenfolge dargestellt ist und Fig. 2B den gestapelten Zustand zeigt. Bei dieser Ausführungsform sind die Absorberelemente 2, 5, 8 im Wesentlichen gleich den Absorberelementen 2, 5 gemäß Fig. 1A ausgebildet. Der wesentliche Unterschied dieser Ausführungsform besteht darin, dass das mittlere Absorberelement 8, welches ein drittes Absorberelement 8 darstellt, an zwei Stirnseiten 3, 6, 9 Koppel- und Kontaktbereiche 4, 7, 10 benötigt. Somit kann das mittlere, dritte Absorberelement 8 an beiden Seiten mit dem unteren ersten Absorberelement 2 und dem oberen zweiten Absorberelement 5 formschlüssig gestapelt werden. In der dargestellten Ausführungsform sind alle drei Absorberelemente 2, 5 und 8 gleich ausgebildet. Damit die Absorberelemente miteinander

der stapelbar sind, ist das mittlere, dritte Absorberelement 8 relativ zum ersten, unteren Absorberelement 2 und zum oberen, zweiten Absorberelement 5 radial um die Hauptachse 13 um einen Versatzwinkel, welcher eine halbe Sinusperiode der Sinusform beträgt, verdreht bzw. versetzt. Somit können die Fortsätze 11 und Zwischenräume 12 der Oberflächenkonturen der Koppel- und Kontaktbereiche 4, 7, 10 ineinander eingreifen.

[0067] In dem in Fig. 2B dargestellten, gestapelten Zustand greifen die Fortsätze 11 entsprechend ineinander ein, so dass sinusförmige Kontaktflächen zwischen den einzelnen Absorberelementen 2, 5, 8 vorhanden sind. Die sinusförmigen Kontaktflächen können unterschiedlicher Art sein, was in Bezug auf die folgenden Fig. 3A bis Fig. 5B beschrieben wird.

[0068] Fig. 3A und Fig. 3B zeigen eine erste Ausführungsform eines Absorberelements. Bei dieser Ausführungsform weisen die ringförmig angeordneten, sinuswellenförmig verlaufenden Fortsätze 12 eine am Scheitel der Fortsätze 11 entlang laufende, sich in radialer Richtung erstreckende Scheitelfläche 22 auf. Somit entsteht ein in axialer Richtung gewellter und in radialer Richtung flächig verlaufender Kontaktflächenring 21 an der Oberfläche des in Fig. 3B gezeigten Koppel- und Kontaktbereichs 4, 7. Die beschriebene Gestalt haben in dieser Ausführungsform alle drei dargestellten, konzentrisch angeordneten Ringe 21 von Fortsätzen 11, welche mit gleichmäßig angeordneten Tälern 12 (bzw. Zwischenräumen) durchsetzt sind. Somit ist die Kontaktfläche hier auf die gewellten Ringkontaktflächen vordefiniert. Ein gleich geformtes, zweites Absorberelement 5 kann, wie auch bei der Ausführungsform aus Fig. 1A und Fig. 1B, mit einem ersten Absorberelement 2 durch einen radialen Winkelversatz um die Hauptachse 13, welcher eine halbe Sinusperiode der Sinusform trägt, formschlüssig gestapelt werden. Dabei entstehen Kontaktflächen an der Scheitelflächen 22 entlang der gewellten Ringe 21.

[0069] Die Fig. 4A und Fig. 4B zeigen eine alternative Ausführungsform eines Absorberelements. Bei dieser Ausführungsform ist die Struktur der Koppel- und Kontaktbereiche 4, 7 insgesamt dreidimensional sinuswellenförmig. Das heißt, dass die Fortsätze 11 darin nicht nur entlang der Form des Rings 21 sinuswellenförmig verlaufen, sondern auch in radialer Richtung. Somit werden Kontaktflächen nicht nur entlang der Ringe 21, sondern auch in den radialen Zwischenräumen 23 zwischen den Ringen 21 und deren Fortsätze 11 geschaffen, wodurch insgesamt mehr Flächen für die angestrebte Flächenreibung zur Absorption von Schwingungsenergie bereitstehen.

[0070] Bei dieser Ausführungsform können obere und untere Koppel- und Kontaktbereich 4, 7 der zu stapelnden Absorberelemente 2, 5, 8 dement-

sprechend, alternativ zu einer gleichen Geometrie, auch eine unterschiedliche Geometrie aufweisen. Beispielsweise sind Fortsätze 11 eines zweiten Absorberelements 5, welches im Koppel- und Kontaktbereich 7 eine zum Koppel- und Kontaktbereich 4 des ersten Absorberelements 2 unterschiedliche Geometrie aufweist, derart angeordnet, dass sie in die zwischen den Ringen 21 des ersten Absorberelements 2 vorgesehenen Zwischenräume 23 eingreifen. Die Zwischenräume 23 weisen, sozusagen als Negativform, ebenfalls eine dreidimensional sinuswellenförmige Oberflächenkontur auf, so dass insgesamt ein dreidimensionaler, sich über nahezu die gesamte Oberfläche der Absorberelemente 2, 5 erstreckender, Koppel- und Kontaktbereich ergibt. Davon ausgenommen sind lediglich die Umfangsränder und das Zentrum der Absorberelemente. Die Kontaktfläche erstreckt sich im gestapelten Zustand ebenfalls über diese Oberfläche. Durch die dreidimensionale Wellung ist somit eine sehr große Kontaktfläche zwischen den Absorberelementen 2, 5 geschaffen, welche größer als die bloße Querschnittsfläche eines Absorberelements ist. Bei dieser Ausführungsform kann in Folge der großen Kontaktfläche vermehrt Flächenreibung zwischen zwei Absorberelementen stattfinden.

[0071] Selbstverständlich können auch drei oder mehr derartiger Absorberelemente, insbesondere aus unterschiedlichen Werkstoffen, miteinander gestapelt werden. Durch die Auswahl der Werkstoffe der Absorberelemente kann die Dämpfungscharakteristik noch spezifisch beeinflusst bzw. ausgelegt werden.

[0072] Alternativ zu den unterschiedlichen Oberflächen können die Koppel- und Kontaktbereiche 4, 7 auch bei dieser Ausführungsform an beiden Stirnseiten 3, 6 bzw. bei beiden Absorberelementen 2, 5 gleich ausgebildet sein. In diesem Fall ergänzen sich die Konturen der Ringe wie bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 3A und Fig. 3B, mit dem Unterschied, dass keine vordefinierte Kontaktfläche vorgesehen ist, sondern sich die Kontaktfläche aus der Berührung der dreidimensionalen Sinuswellen, ggfs. auch unter elastischer Verformung unter dem Gewicht beispielsweise eines Phonogeräts, ergibt.

[0073] Fig. 5A und Fig. 5B zeigen eine weitere Ausführungsform eines Absorberelements, wobei die grundsätzliche Gestaltung auf dem in Fig. 4A und Fig. 4B gezeigten Absorberelement basiert. Die in Fig. 5A und Fig. 5B gezeigte Ausführungsform unterscheidet sich dadurch, dass die Amplituden der Sinuskurven größer sind. Somit entstehen höhere Fortsätze 11 mit mehr Schrägflächen, was zu einer zusätzlichen Vergrößerung der Kontaktfläche führt.

[0074] Die Fig. 6A und Fig. 6B zeigen eine vierte Ausführungsform eines Absorberelements. Dabei sind die Fortsätze 33 mit einer alternativen Formge-

staltung ausgebildet. Diese sieht in der dargestellten Ausführungsform in einer Ringform angeordnete, noppenartige bzw. zylinderförmige Fortsätze 33 vor. Die zylinderförmigen Fortsätze 33 sind dabei mit einer Ausnehmung 32 versehen und in gleichmäßigen Abständen mit einem Zwischenraum 39 zueinander angeordnet. Der Zwischenraum 39 ist zur Aufnahme einer gleichen Noppe bzw. eines gleichen zylinderförmigen Fortsatzes 33 ausgebildet.

[0075] Die geometrische Anordnung der Fortsätze der vierten Ausführungsform ist in Fig. 9 schematisch dargestellt. Über den Umfang des konzentrischen Rings 38, welcher zur runden Außenkontur des Absorberelements 2 konzentrisch angeordnet ist, sind acht gleichmäßig verteilte und gleich ausgebildete Fortsätze 33 angeordnet. Jeder dieser Fortsätze 33 steht in axialer Richtung des Absorberelements 2 vor und weist als Zylindergrundfläche eine Kreisfläche 31 mit einer kreisabschnittförmigen Ausnehmung 32 auf. Die kreisabschnittförmige Ausnehmung 32 hat einen gleichen Kreisradius R wie die ansonsten kreisförmige Grundfläche 31 und hat ihren Kreismittelpunkt M außerhalb der Grundfläche 31. Der Kreismittelpunkt M ist entlang dem Ring 38, welcher in Fig. 9 eingezeichnet ist, verschoben. Auf diesem Ring 38, welcher virtuell durch die Kreismittelpunkte M der Fortsätze 33 und Ausnehmungen 32 gezogen werden kann, sind sämtliche Kreismittelpunkte M der Fortsätze 33 sowie der kreisförmigen Ausnehmungen 32 gleichmäßig über den Umfang verteilt angeordnet. In Fig. 9 ist dies, der einfacheren Darstellung halber, nur für ein Viertel des Rings 38 dargestellt. Diese Geometrie setzt sich aber, wie Fig. 6A zeigt, über den gesamten Ring 38 gleichmäßig fort.

[0076] Dabei wechseln sich stets die Kreismittelpunkte M der Grundflächen 31 mit den Kreismittelpunkten M der Ausnehmungen 32 ab. Ferner sind die Abstände zwischen den Fortsätzen 33 so gewählt, und die Fortsätze 33 sind derart dimensioniert, dass in dem Zwischenraum 39 zwischen zwei Fortsätzen 33 genau ein gleicher Fortsatz 33 formschlüssig einführbar ist. Somit kann ein Fortsatz 33 mit einer gleichen Gestalt, welcher einem anderen Absorberelement 5 zugehörig ist, beim Stapeln der Absorberelemente 2, 5 in den Zwischenraum 39 eingeführt werden, wodurch die miteinander gestapelten Absorberelemente 2, 5 formschlüssig miteinander verbunden werden. Der Formschluss kommt insbesondere durch die Ausnehmungen 32 zustande, welche die Fortsätze 33 miteinander formschlüssig koppelbar machen.

[0077] Damit eine leichte Stapelbarkeit gewährleistet ist und sich die Absorberelemente nicht verkleben sind an sämtlichen Kanten der Fortsätze 33 Radien bzw. Rundungen 35, 36 vorgesehen. Insbesondere im Bereich der Kontaktflächen sind diese Radien 35, 36 stets korrespondierend ausgebildet. Daher ist

an der oberen Kante eines Fortsatzes **33** eine positive Rundung **35** und an der unteren Kante eines Fortsatzes **33** eine negative Rundung **36** vorgesehen, so dass im gestapelten Zustand die Rundungen ebenfalls eine Kontaktfläche bilden.

[0078] Im Zentrum des Absorberelements ist ein kreisringförmiger Stapelabsatz **34** vorgesehen, welcher etwa halb so hoch wie die Fortsätze **33** ausgebildet ist und zum Bereitstellen zusätzlicher Kontaktfläche und zum Stabilisieren des Stapels im Zentrum vorgesehen ist. Im gestapelten Zustand ergänzen sich somit die Stapelabsätze **34** miteinander gestapelter Absorberelemente **2, 5** zur Höhe der Fortsätze **33**. Es entsteht somit eine große, verschachtelte Kontaktfläche zwischen den Absorberelementen im Bereich der kompletten Koppel- und Kontaktbereiche **4, 7** mit den Fortsätzen **33** sowie im Bereich der Stapelabsätze **34**. Ferner werden in eine Vielzahl von Raumrichtungen orientierte Kontaktreibflächen bereitgestellt. Die Absorberelemente gemäß dieser Ausführungsform sind besonders stabil miteinander stapelbar, da hier die Formschlüssigkeit in Umfangsrichtung nochmals mit der Rundung der Ausnehmung **32** versehen ist.

[0079] Die in den **Fig. 3A** bis **Fig. 6B** dargestellten Ausführungsformen eines Absorberelements weisen im Zentrum ein Durchgangsloch entlang der Hauptachse **13** auf. Dieses kann beispielsweise zum Zentrieren der Absorberelemente mit einem nicht dargestellten Bolzen oder dergleichen genutzt werden. Denkbar ist auch, dass die Absorberelemente mittels eines durch das Durchgangsloch eingeführten Befestigungsmittels an einem Gehäuse oder einer Platte befestigt werden. Ferner weisen diese Ausführungsformen eines Absorberelements am äußeren Rand Absätze **53, 54** auf, mittels welchen die Absorberelemente aneinander geklammert oder gemeinsam umreift werden können, beispielsweise, wie in Bezug auf die **Fig. 10** und **Fig. 11** näher ausgeführt, mittels eines Halterings **51**.

[0080] **Fig. 7A** und **Fig. 7B** zeigen zwei Absorberelemente **2, 5** gemäß **Fig. 6A** und **Fig. 6B**, wobei in **Fig. 7A** die Stapelreihenfolge dargestellt ist und **Fig. 7B** den gestapelten Zustand zeigt. Die beiden dargestellten Absorberelemente **2** und **5** sind geometrisch gleich ausgebildet und radial um die Hauptachse **13** zueinander versetzt. Der radiale Versatz **37** weist dabei einen Verdrehwinkel auf, welcher bezogen auf das Zentrum des Ringes **38**, auf welchem die Fortsätze **33** angeordnet sind, dem Winkel zwischen dem Kreismittelpunkt **M** eines Fortsatzes und dem Kreismittelpunkt **M** seiner Ausnehmung **32** entspricht. Der Kreismittelpunkt **M** der Ausnehmung **32** eines ersten Absorberelements **2** deckt sich im gestapelten Zustand mit dem Kreismittelpunkt **M** eines Fortsatzes **33** des zweiten Absorberelements **5**. Da die Abstände zwischen den Kreismittelpunkten **M** der

Fortsätze **33** und der Ausnehmungen **32** regelmäßig über den Umfang des Ringes **38** angeordnet sind, wechseln sich die Fortsätze **33** des ersten Absorberelements **2** und des zweiten Absorberelements **5** stetig und formschlüssig miteinander ab. Somit entsteht aus dem Koppel- und Kontaktbereichen **4, 7** der beiden Absorberelemente **2, 5** an ihren Stirnseiten **3** und **6** im gestapelten Zustand ein inniger Formschlussverbund, wie in **Fig. 7B** dargestellt.

[0081] **Fig. 8A** und **Fig. 8B** zeigen einen Schwingungsabsorber mit drei Absorberelementen **2, 5** und **8**, wobei analog zur Ausführungsform aus **Fig. 2B** das dritte, mittlere Absorberelement **8** notwendigerweise an beiden Stirnseiten **3** und **6** Koppel- und Kontaktbereiche **4** und **7** aufweist. Dieses ist ferner um den radialen Versatz **37** zum ersten und zweiten Absorberelement **2, 5** versetzt. Die Koppel- und Kontaktbereiche **4, 7** sind an beiden Stirnseiten **3, 6** eines Absorberelements **2, 5, 8** gleich, spiegelsymmetrisch zu einer radialen Mittelebene des Absorberelements **2, 5, 8**, ausgebildet. Die drei Absorberelemente **2, 5, 8** geraten somit an den Koppel- und Kontaktbereichen **4, 7** formschlüssig miteinander in Eingriff, wenn sie gestapelt werden.

[0082] Der gestapelte Zustand ist in **Fig. 8B** dargestellt. Darin besteht zwischen den drei Absorberelementen **2, 5** und **8** im Bereich ihrer Koppel- und Kontaktbereiche **4, 7** jeweils eine formschlüssige Verbindung mit einer Vielzahl von in verschiedenen Raumrichtungen orientierten Reibungs- bzw. Kontaktflächen.

[0083] **Fig. 10** zeigt eine Vorderansicht einer Entkopplungsvorrichtung **40**. Bei dieser wird der erfindungsgemäße Schwingungsabsorber **1** in der Entkopplungsvorrichtung **40** eingesetzt. Die Entkopplungsvorrichtung **40** ist derart aufgebaut, dass ein oder mehrere Schwingungsabsorber **1**, im dargestellten Beispiel vier Schwingungsabsorber **1** (wobei die hinteren beiden durch die vorderen verdeckt sind) zwischen zwei Platten **42, 43** zwischengeschaltet sind. Eine untere Platte **43** liegt dabei auf einem Umgebungsuntergrund **44** auf und die obere Platte **42** dient als Standfläche für das Phonogerät **41** mit Gehäuse **45**. Die Platten **42, 43** sind dabei beispielsweise aus Plexiglas, Schiefer, MDF (mitteldichte Faser), Multiplex oder einem anderen steifen Material gebildet. Mit dieser Vorrichtung wird ein sehr stabiler Stand des Phonogeräts trotz einer hohen Stapelhöhe der Schwingungsabsorber mit einer Vielzahl von Absorberelementen in einem Stapel gewährleistet. Beispielsweise sind in einem Stapel gemäß dem Ausführungsbeispiel als Schwingungsabsorber **1** jeweils drei Absorberelemente in einem Stapel vorgesehen. Ferner dämpfen die Platten **42, 43** selbst zusätzlich Schwingungen.

[0084] Fig. 11 zeigt eine Querschnittansicht durch einen Schwingungsabsorber 1 mit Haltering 51. Der Schwingungsabsorber 1 weist in dieser Ausführungsform ein erstes Absorberelement 2 und ein zweites Absorberelement 5 auf. Die Absorberelemente 2, 5 sind aufeinander in der in Bezug auf die voranstehenden Ausführungsbeispiele beschriebenen Weise miteinander gestapelt. Der Haltering 51 umreift die Absorberelemente 2, 5 außen, konzentrisch um die Hauptachse 13. Der Haltering 51 ist um die Hauptachse 13 rotationssymmetrisch ausgebildet und weist an seiner Innenseite einen Einstich 52 auf. Dieser Einstich 52 bildet am oberen und unteren Rand des Halterings 51 jeweils einen innenseitigen Absatz aus. Das obere und das untere Absorberelement 2, 5 weisen an ihren äußeren Rändern jeweils einen umlaufend ausgebildeten Absatz 53, 54 auf. Diese Absätze 53, 54 befinden sich im dargestellten montierten Zustand im Bereich des Einstichs 52 und stehen an den durch den Einstich 52 gebildeten innenseitigen Absätzen des Halterings an. Somit werden das obere und das untere Absorberelement 2, 5 zusammengehalten. Ferner bietet der Haltering, welcher beispielsweise ein Metall mit polierter, gebürsteter oder verchromter Außenfläche enthält, eine verbesserte optisch-ästhetische Erscheinung des Schwingungsabsorbers. Dies ist insbesondere im Anwendungsfall der Heim-Phonotechnik vorteilhaft, da es dabei auch auf die Ästhetik von Funktionselementen ankommt. Des Weiteren steht mit dem Haltering eine weitere Materialkomponente zur Schwingungsdämpfung bereit.

[0085] Zur Montage des Halterings werden die bevorzugt aus flexiblem TPU hergestellten Absorberelemente unter flexibler Verformung mit ihren Absätzen 53, 54 in den Einstich 52 des Halterings eingedrückt.

[0086] Dargestellt ist der Schwingungsabsorber mit Absorberelementen 2, 5 gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel. Die Absorberelemente 2, 5 gemäß dem ersten, zweiten oder vierten Ausführungsbeispiel sind aber ebenso mit Haltering 51 verwendbar.

[0087] Fig. 12 zeigt eine perspektivische Ansicht des Schwingungsabsorbers 1 aus Fig. 11. Die Perspektive ist dabei so gewählt, dass das Oberflächenprofil des oberen, zweiten Absorberelements 5 und der obere und der äußere Rand des Halterings 51 sichtbar sind. Das untere, erste Absorberelement 2 ist lediglich durch seine nach unten hervorstehenden Fortsätze 11, die in der dargestellten Perspektive über den unteren Rand des Halterings hervorragen, zu erkennen.

[0088] In dieser Ausführungsform wird der Schwingungsabsorber bevorzugt ohne Platten 42, 43 verwendet und kann direkt unter ein Phonogerät zur Entkopplung von dessen Umgebungsuntergrund unter-

gestellt werden. Bevorzugt werden dazu drei oder vier solchen Schwingungsabsorber, beispielsweise vier Schwingungsabsorber jeweils an den Ecken eines quaderförmigen Phonogeräts, untergestellt.

[0089] Bei sämtlichen Ausführungsbeispielen ist es vorteilhaft, wenn die unterschiedlichen Absorberelemente unterschiedliche Werkstoffe oder unterschiedliche Eigenschaften, wie beispielsweise unterschiedliche Shore-A Härten, aufweisen, weil damit Schwingungen unterschiedlicher Frequenzbereiche durch innere Reibung im Material absorbiert werden können.

[0090] Obwohl die vorliegende Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele vorstehend vollständig beschrieben wurde, ist sie darauf nicht beschränkt, sondern auf vielfältige Art und Weise modifizierbar.

[0091] Obwohl die vorliegende Erfindung vorfolgend anhand von Beispielen aus der Phonotechnik beschrieben wird, ist sie darauf nicht begrenzt. Vielmehr kann sie in sämtlichen technischen Gebieten eingesetzt werden, in welchen die Dämpfung von zwischen unterschiedlichen Baugruppen, Bauteilen oder Elementen übertragenen Schwingungen bedeutsam ist.

[0092] Beispielsweise könnte der erfindungsgemäße Schwingungsabsorber auch in einer anderen Größenordnung und/oder mit an die andere Größenordnung angepassten Werkstoffen vorgesehen sein. Beispielsweise ist der Einsatz genauso an einer Werkzeugmaschine denkbar, beispielsweise um Fertigungsgenauigkeit durch schwingungstechnische Entkopplung des Maschinenbetts von seiner von ihrer Umgebung zu erhöhen. Beispielsweise könnte mit dem Schwingungsabsorber die Werkzeugmaschine auch von dem Fabrikboden, auf welchem auch andere Maschinen stehen, schwingungstechnisch entkoppelt werden. Selbstverständlich müssten dazu die Werkstoffe der Absorberelemente an die aufzunehmende Schwingungsenergie, an die Frequenzbereiche und an das Gewicht der zu tragenden Maschine angepasst werden.

[0093] Ferner müssen die Absorberelemente des Schwingungsabsorbers keinen runden Umfang aufweisen, sondern könnten auch jede zweckmäßige, z. B. eckige Grundform haben. Ferner können auch die Fortsätze in den Koppel- und Kontaktbereichen eine eckige Form haben. Beispielsweise wäre denkbar, dass die Grundform und/oder die Form der Fortsätze viereckig oder sechseckig ausgebildet sind.

[0094] Im Fall einer viereckigen Grundform kann die gesamte Stirnseite beispielsweise mit quaderförmigen Fortsätzen versehen sein, insbesondere angeordnet in einem Schachbrettmuster mit abwechselnden Fortsätzen und Zwischenräumen, welche beim

Schachbrettmuster eher als Taschen bzw. Vertiefungen ausgebildet sind. Die Fortsätze eines zweiten Koppel- und Kontaktbereiches weisen dann die Negativform des Schachbrettmusters auf. Das heißt, die Fortsätze des zweiten Koppel- und Kontakt sind dort vorgesehen, wo der erste Koppel und Kontaktbereich seine Vertiefungen aufweist, und umgekehrt. Somit wird eine sehr große Kontaktfläche geschaffen, welche sich über die Stirnseiten und die Flanken bzw. seitlichen Flächen der Fortsätze erstreckt.

[0095] Das gleiche Prinzip ist auch bei einer sechseckigen Grundform mit sechseckigen Fortsätzen mit einem Honigwabenmuster anstatt des Schachbrettmusters denkbar. Bei sämtlichen Mustern und Geometrien der Fortsätze können diese kegelartig oder kegelstumpfförmig bzw. pyramidenartig oder pyramidenstumpfförmig zulaufend und/oder abgerundet ausgebildet sein. Die Vertiefungen können dementsprechend auch zulaufend und/oder abgerundet ausgebildet sein.

[0096] Ferner kann die Grundform auch unabhängig von der Form der Fortsätze ausgebildet sein.

[0097] Ein Haltering kann selbstverständlich auch drei oder mehr Absorberelemente umreifen und zusammenhalten.

[0098] Alternativ zu einer einteiligen Ausführung des Halterings ist auch eine mehrteilige Ausführung denkbar. Beispielsweise könnten ein oberer und ein unterer Halteringteil mit einem Gewinde verschraubt, miteinander verpresst, verklebt oder anderweitig verbunden werden. In diesem Fall könnten vorteilhaft auch wenig flexible Absorberelemente in den Stapel eingefügt werden.

[0099] Der Haltering kann auch bei einer erfindungsgemäßen Entkopplungsvorrichtung am Schwingungsabsorber vorgesehen werden.

37
38
39
40
41
42
43
44
51
52
53, 54
R
S
M

Winkelversatz
Ring
Zwischenraum
Entkopplungsvorrichtung
Phonogerät
obere Platte
untere Platte
Umgebungsuntergrund, Umgebung
Haltering, Umreifung
Einstich
Absätze der Absorberelemente
Radius
Stapelrichtung
Kreismittelpunkt

Bezugszeichenliste

1	Schwingungsabsorber
2, 5, 8	Absorberelemente
3, 6, 9	Stirnseiten
4, 7, 10	Koppel- und Kontaktbereiche
11, 33	Fortsätze
12	Zwischenräume bzw. Täler
13	Hauptachse
20	Umfang
21	Ring
22	Scheitelfläche
23	Radialer Zwischenraum
31	Kreisfläche mit Ausnehmung bzw. Grundfläche
32	Ausnehmung
34	Stapelabsatz
35, 36	Radien, Rundungen

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- DIN 53505 [0062]

Patentansprüche

1. Schwingungsabsorber (1; 30), insbesondere zur akustischen Entkopplung eines Phonogeräts von seiner Umgebung, mit einem ersten Absorberelement (2), welches an zumindest einer Stirnseite (3) einen ersten Koppel- und Kontaktbereich (4) mit einer dreidimensional geformten ersten Oberflächenkontur aufweist, mit einem zweiten Absorberelement (5), welches an zumindest einer Stirnseite (6) einen zweiten dreidimensionalen Koppel- und Kontaktbereich (7) mit einer dreidimensional geformten, zur ersten Oberflächenkontur korrespondierenden, zweiten Oberflächenkontur aufweist, wobei der erste und der zweite Koppel- und Kontaktbereich (4, 7) derart vorgesehen und ausgelegt sind, dass das erste Absorberelement (2) mit dem zweiten Absorberelement (5) formschlüssig stapelbar ist.

2. Schwingungsabsorber nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste und die zweite dreidimensionale Oberflächenkontur gleich ausgebildet sind, derart, dass das erste und zweite Absorberelement (2, 5) durch einen radialen und/oder lateralen Versatz zueinander formschlüssig miteinander stapelbar sind.

3. Schwingungsabsorber nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein drittes Absorberelement (8) vorgesehen ist, welches an zumindest einer Stirnseite (9) einen dritten Koppel- und Kontaktbereich (10) mit einer dreidimensional geformten dritten Oberflächenkontur aufweist, wobei der dritte Koppel- und Kontaktbereich (10) derart vorgesehen und ausgelegt ist, dass das dritte Absorberelement mit dem ersten und dem zweiten Absorberelement (2, 4) formschlüssig stapelbar ist.

4. Schwingungsabsorber nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste und/oder zweite und/oder dritte Absorberelement (2; 5; 8) zumindest ein thermoplastisches Elastomer, insbesondere thermoplastisches Polyurethan oder Silikon, und/oder Holz und/oder ein Metall und/oder eine Metalllegierung enthält.

5. Schwingungsabsorber nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste und/oder zweite und/oder dritte Absorberelement (2; 5; 8) einen Kunststoff mit einer Shore-A Härte von 20 bis 80, insbesondere von 30 bis 60, enthält.

6. Schwingungsabsorber nach einem der Ansprüche 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste und zweite oder das erste, zweite und dritte Absorberelement (2, 5; 2, 5, 8) jeweils unterschiedli-

che Werkstoffe, insbesondere unterschiedliche thermoplastische Elastomere mit unterschiedlicher Shore-A Härte, enthalten.

7. Schwingungsabsorber nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste und/oder zweite und/oder dritte Koppel- und Kontaktbereich (4; 7; 10) in Stapelrichtung (S) vorstehende Fortsätze (11; 33) aufweist, zwischen welchen jeweils ein Zwischenraum (12) zur formschlüssigen Aufnahme eines Fortsatzes (11) eines Koppel- und Kontaktbereichs (4; 7; 10) eines mit dem ersten und/oder zweiten und/oder dritten Absorberelement (2; 5; 8) gestapelten Absorberelements (2; 5; 8) vorgesehen ist.

8. Schwingungsabsorber nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste und/oder zweite und/oder dritte Absorberelement (2; 5; 8) jeweils an zwei Stirnseiten (3; 6; 9) einen Koppel- und Kontaktbereich (4; 7; 10) aufweist.

9. Schwingungsabsorber nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Absorberelemente (2; 5; 8) einen im Wesentlichen kreisförmigen Umfang (20) aufweisen.

10. Schwingungsabsorber nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fortsätze (11; 33) in zumindest einem konzentrisch zum kreisförmigen Umfang (20) angeordneten Ring (21; 38) angeordnet sind.

11. Schwingungsabsorber nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fortsätze (11; 33) entlang des Rings (21; 38) eine sinusförmige Wellenkontur aufweisen.

12. Schwingungsabsorber nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Mehrzahl konzentrischer Ringe (21) mit sinusförmiger Wellenkontur im Koppel und Kontaktbereich (4; 7; 10) vorgesehen sind, wobei an äußeren und inneren Ringen (21) jeweils gleich viele sinusförmige Fortsätze (11) vorgesehen sind und die Phasenlängen der jeweiligen Sinuskurven bei gleicher Amplitude entsprechend des unterschiedlichen Umfangs zwischen äußeren und inneren Ringen (21) angepasst sind.

13. Schwingungsabsorber nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fortsätze (11) in radialer Richtung im Wesentlichen sinusförmig ausgebildet sind.

14. Schwingungsabsorber nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fortsätze (33) im Wesentlichen zylinderförmig ausgebildet sind und eine Ausnehmung (32) aufweisen, wobei die Fortsätze (33) an einer der Ausnehmung abgewandten Seite eine zur Ausnehmung korrespondierende Form auf-

weisen und in regelmäßigen Abständen zueinander derart angeordnet sind, dass zwischen den Fortsätzen (33) jeweils ein Zwischenraum (39) vorgesehen ist, der zur formschlüssigen Aufnahme eines gleichen Fortsatzes (33) ausgebildet ist.

Abspielgerät, einen Verstärker, ein Netzteil, einen Lautsprecher und/oder ein Hifi-Regal, aufweist.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

15. Schwingungsabsorber nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Grundfläche eines zylinderförmigen Fortsatzes (33) als Kreisfläche (31) mit einer kreisabschnittförmigen Ausnehmung (32) gebildet ist und die Ausnehmung (32) einen gleichen Kreisradius (R) wie die Kreisfläche (31) aufweist, wobei der Kreismittelpunkt (M) der Ausnehmung (32) auf dem Ring (21) außerhalb der Kreisfläche (31) liegt.

16. Schwingungsabsorber nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Absorberelemente (2; 5; 8) eine gemeinsame umfängliche Umreifung (51), insbesondere einen umfänglichen Haltering (51) mit Einstich (52), aufweisen.

17. Entkopplungsvorrichtung (40), insbesondere zur akustischen Entkopplung eines Phonogeräts (41) von seiner Umgebung, mit zumindest einer Platte (42; 43), zumindest einem Gerätegehäuse (45) und zumindest einem Schwingungsabsorber (1) gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Platte (42; 43) und der Schwingungsabsorber (1) zwischen dem Gerätegehäuse (45) und einer Umgebung (44) des Gerätegehäuses (45) angeordnet sind.

18. Entkopplungsvorrichtung nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine obere mit dem Gerätegehäuse (45) in Kontakt stehende Platte (42) und eine untere mit der Umgebung (44) in Kontakt stehende Platte (43) und dazwischen zumindest drei Schwingungsabsorber (1) vorgesehen sind, wobei die obere und untere Platte (42, 43) parallel übereinander und die Schwingungsabsorber (1) zwischen den Platten (42, 43) derart vorgesehen und angeordnet sind, dass die obere Platte (42) und das Gerätegehäuse (45) von der unteren Platte (43) und der Umgebung (44) durch die Schwingungsabsorber (1) schwingungstechnisch entkoppelt sind.

19. Schwingfähiges mechanisches System, insbesondere Gerät (41) mit einem Gehäuse (45), gedämpft durch einen Schwingungsabsorber (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 16 oder durch eine Entkopplungsvorrichtung (40) gemäß einem Ansprüche 17 oder 18.

20. System nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass das System ein Gerät (41) und/oder ein Möbel aus dem Hifi-Bereich, insbesondere ein

Anhängende Zeichnungen

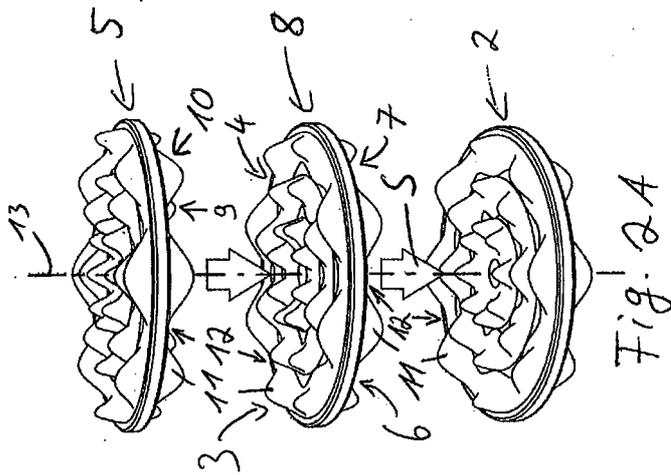


Fig. 2A

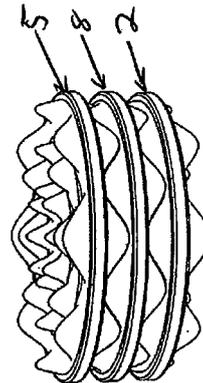


Fig. 2B

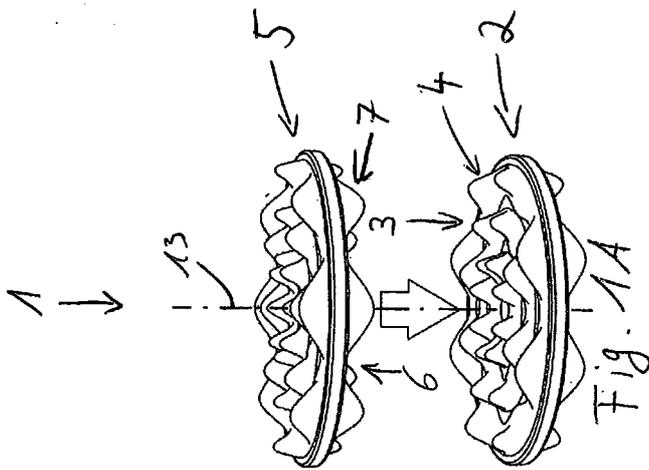


Fig. 1A

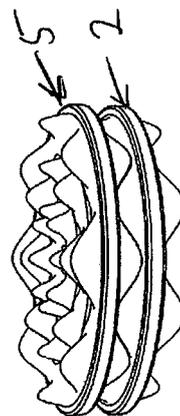


Fig. 1B

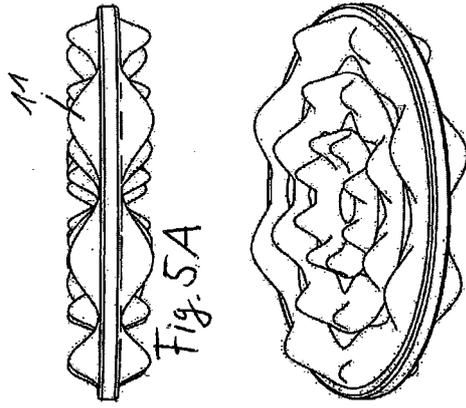


Fig. 5B

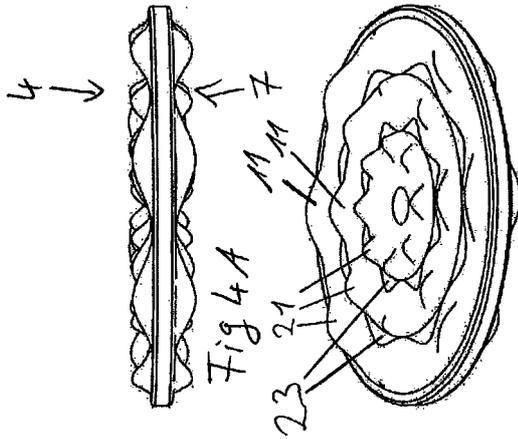


Fig. 4B

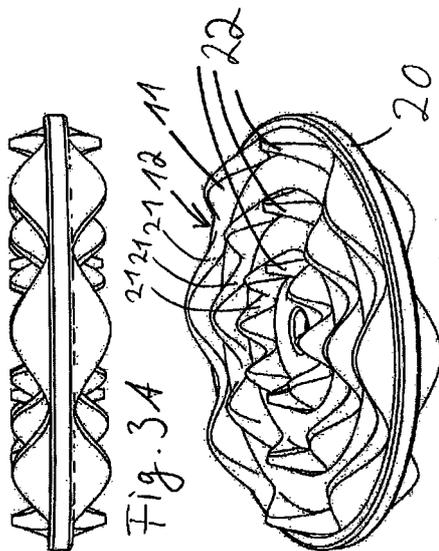
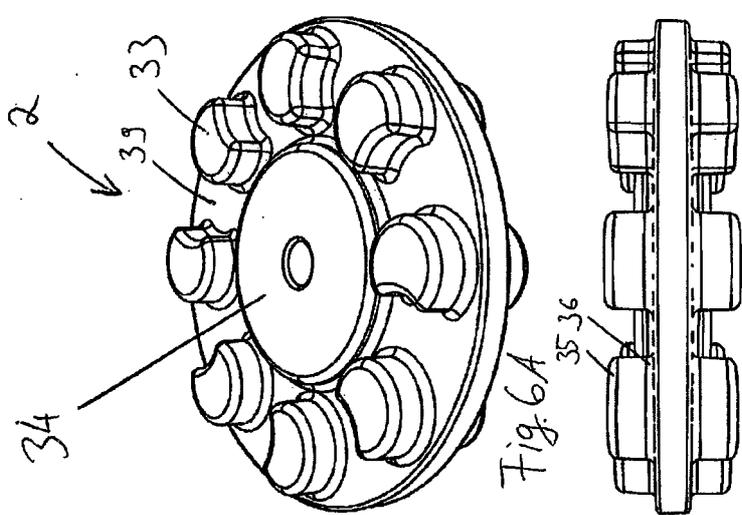
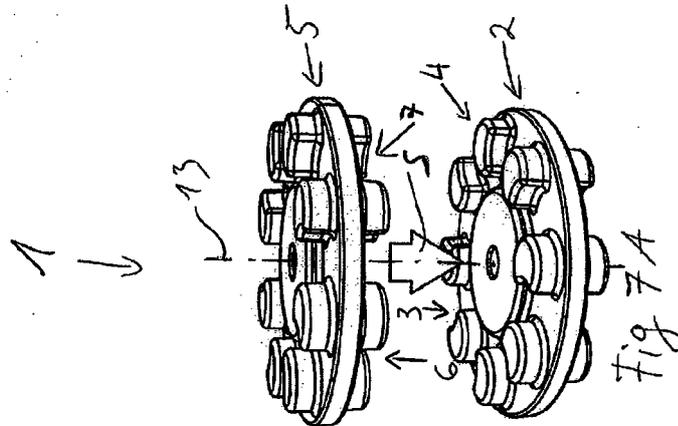
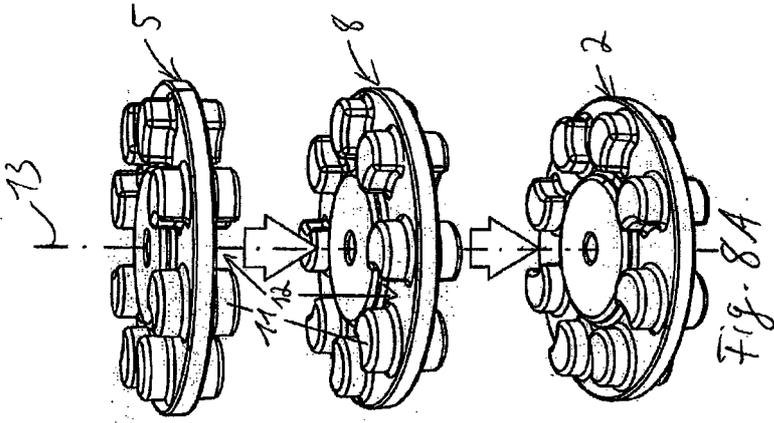


Fig. 3B



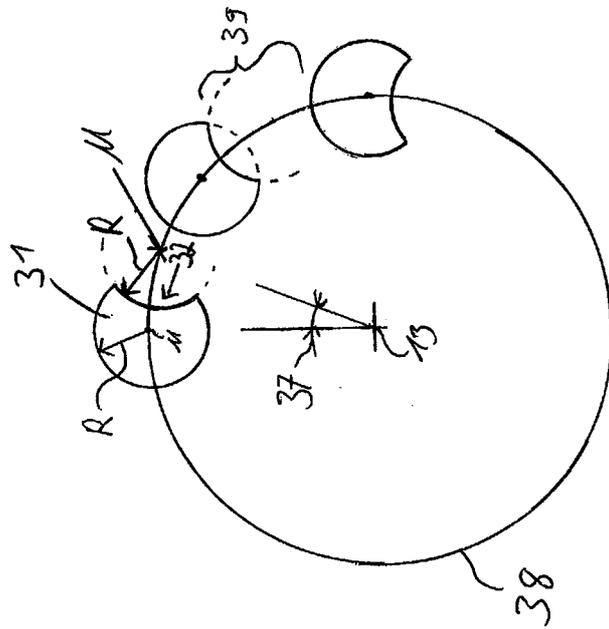


Fig. 9

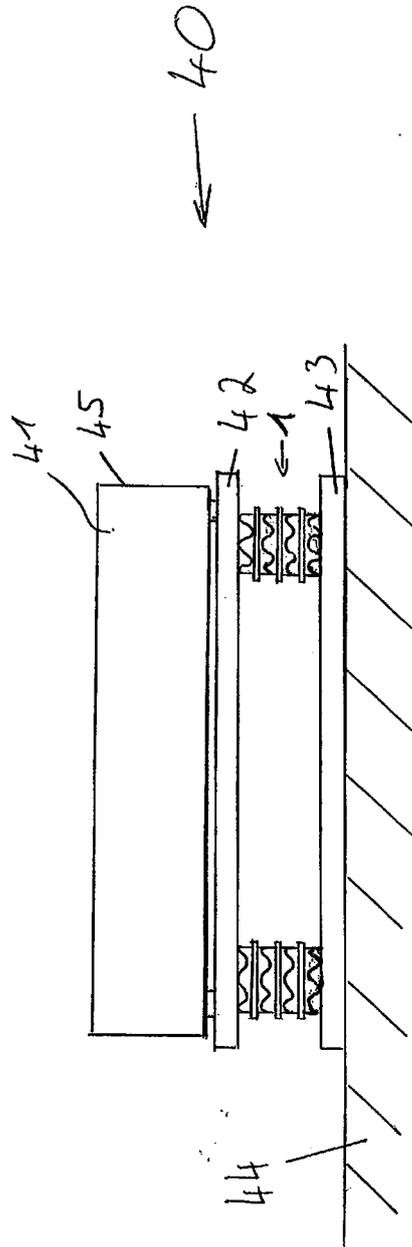


Fig. 10

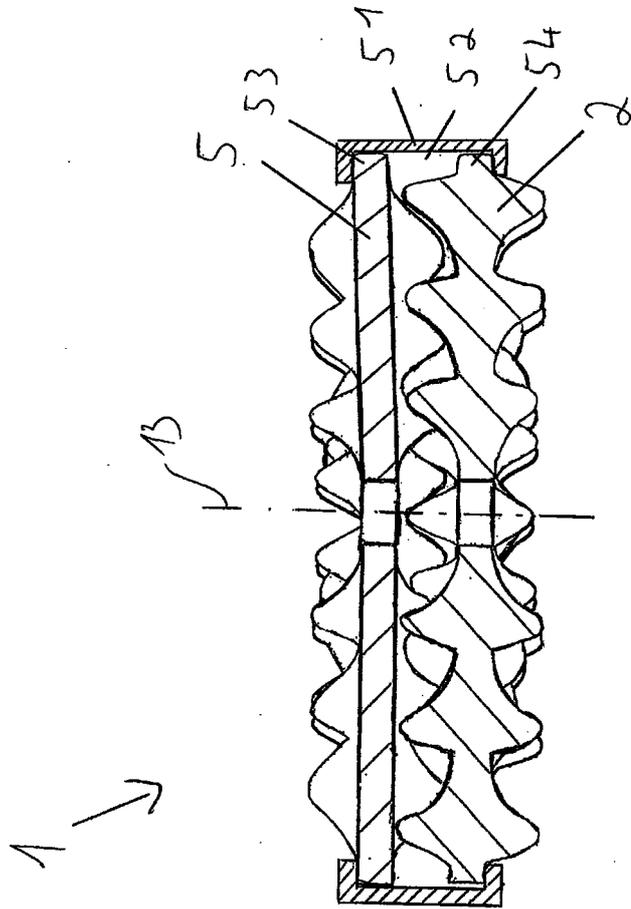


Fig. 11

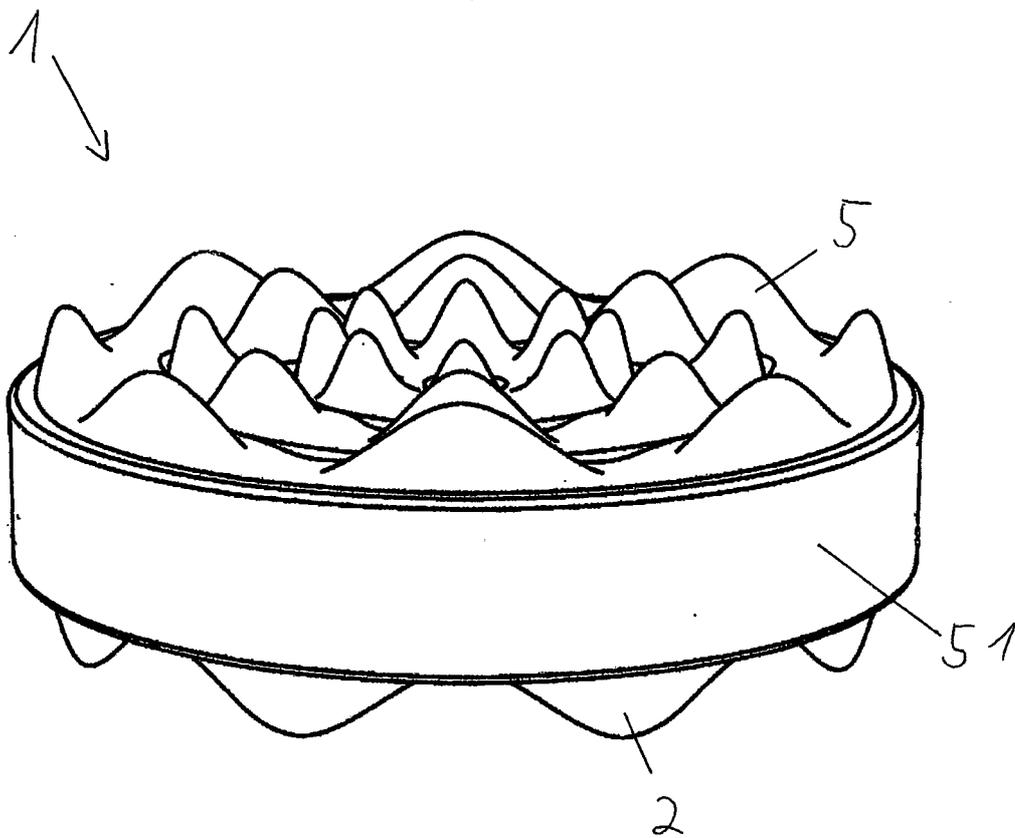


Fig. 12