



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**10.05.2017 Patentblatt 2017/19**

(51) Int Cl.:  
**F01N 1/06 (2006.01) F01N 13/18 (2010.01)**

(21) Anmeldenummer: **16195879.8**

(22) Anmeldetag: **26.10.2016**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**  
Benannte Validierungsstaaten:  
**MA MD**

(30) Priorität: **06.11.2015 DE 102015119191**

(71) Anmelder: **Eberspächer Exhaust Technology GmbH & Co. KG**  
**66539 Neunkirchen (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Nicolai, Manfred**  
**73730 Esslingen (DE)**  
• **Schmidt, Thomas**  
**71711 Steinheim (DE)**  
• **Krüger, Jan**  
**73765 Neuhausen (DE)**

(74) Vertreter: **Diehl & Partner GbR**  
**Patentanwälte**  
**Erika-Mann-Strasse 9**  
**80636 München (DE)**

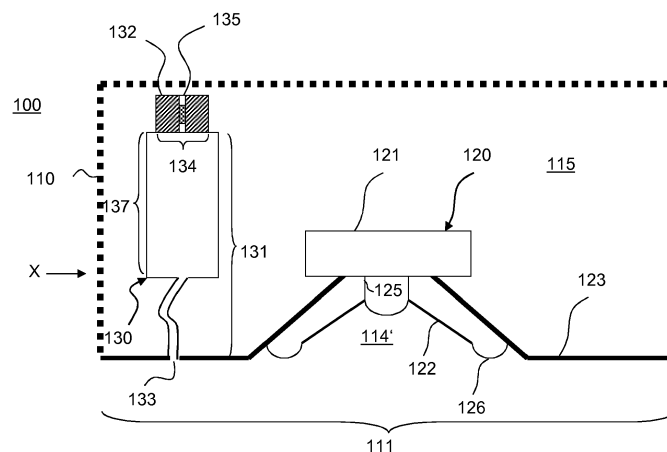
Bemerkungen:  
Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2) EPÜ.

(54) **SCHALLERZEUGER ZUR BEFESTIGUNG AN EINEM FAHRZEUG ZUR BEEINFLUSSUNG VON GERÄUSCHEN DES FAHRZEUGS**

(57) Ein Schallerzeuger (100) zur Befestigung an einem Fahrzeug zur Beeinflussung von Geräuschen des Fahrzeugs, welche von einem insbesondere verbrennungsmotorisch betriebenen Fahrzeug hervorgerufen werden, weist ein Gehäuse (110), einen Lautsprecher (120) und wenigstens ein Druckausgleichsventil (130) auf. Dabei umschließt der Lautsprecher (120) zusammen mit dem Gehäuse (110) ein Volumen (115). Weiter verbindet das Druckausgleichsventil (130) das von dem

Lautsprecher (120) und dem Gehäuse umschlossene Volumen (115) mit einer Außenseite des Gehäuses (110). Dabei durchsetzt das Druckausgleichsventil (130) eine Ebene, in welcher der Lautsprecher (120) angeordnet ist.

Weiter wird ein System (200) zur Beeinflussung von in Abgasanlagen von verbrennungsmotorisch betriebenen Fahrzeugen geführten Schallwellen offenbart, welches den vorstehenden Schallerzeuger (100) verwendet.



**Figur 3A**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Schallerzeuger zur Befestigung an einem Fahrzeug zur Beeinflussung von Geräuschen des Fahrzeugs. Bei diesem Fahrzeug kann es sich um ein verbrennungsmotorisch oder elektrisch angetriebenes Fahrzeug und insbesondere Kraftfahrzeug handeln. Insbesondere kann der Schallerzeuger Teil eines Systems zur Beeinflussung von in Abgasanlagen von verbrennungsmotorisch betriebenen Fahrzeugen geführten Schallwellen sein.

**[0002]** Unabhängig von der Bauform eines Verbrennungsmotors (beispielsweise Hubkolbenmotor, Rotationskolbenmotor oder Freikolbenmotor) werden infolge der hintereinander ablaufenden Arbeitstakte (insbesondere Ansaugen und Verdichten eines Kraftstoff-Luftgemischs, Arbeiten und Ausstoßen des verbrannten Kraftstoff-Luftgemischs) Geräusche erzeugt. Diese durchlaufen zum einen als Körperschall den Verbrennungsmotor und werden außen am Verbrennungsmotor als Luftschall abgestrahlt. Zum anderen durchlaufen die Geräusche als Luftschall zusammen mit dem verbrannten Kraftstoff-Luftgemisch eine mit dem Verbrennungsmotor in Fluidverbindung stehende Abgasanlage. Die als Luftschall die Abgasanlage durchlaufenden Geräusche werden Abgasgeräusche genannt.

**[0003]** Weitere von verbrennungsmotorisch betriebenen Fahrzeugen erzeugte Geräusche sind Abrollgeräusche der Reifen auf dem jeweiligen Bodenbelag und Strömungsgeräusche der während der Fahrt verdrängten Luft.

**[0004]** Diese Geräusche werden häufig als nachteilig empfunden. Zum einen gibt es gesetzliche Vorgaben zum Lärmschutz, die von Herstellern von verbrennungsmotorisch betriebenen Fahrzeugen einzuhalten sind. Diese gesetzlichen Vorgaben geben in der Regel einen im Betrieb des Fahrzeugs maximal zulässigen Schalldruck vor. Zum anderen versuchen Hersteller, den von ihnen hergestellten verbrennungsmotorisch betriebenen Fahrzeugen eine charakteristische Geräuschentwicklung aufzuprägen, welche zum Image des jeweiligen Herstellers passen und die Kunden ansprechen soll. Diese charakteristische Geräuschentwicklung lässt sich bei modernen Motoren mit geringem Hubraum häufig nicht mehr auf natürlichem Wege sicherstellen.

**[0005]** Die den Verbrennungsmotor als Körperschall durchlaufenden Geräusche lassen sich gut dämmen und stellen daher in der Regel kein Problem hinsichtlich des Lärmschutzes dar.

**[0006]** Die eine Abgasanlage des Verbrennungsmotors zusammen mit dem verbrannten Kraftstoff-Luftgemisch als Luftschall durchlaufenden Abgasgeräusche werden durch vor der Mündung der Abgasanlage angeordnete Schalldämpfer reduziert, welche ggf. vorhandenen Katalysatoren nachgeschaltet sind. Derartige Schalldämpfer können beispielsweise nach dem Absorptions- und/oder Reflexionsprinzip arbeiten. Beide Arbeitsweisen weisen den Nachteil auf, dass sie ein ver-

gleichsweise großes Volumen beanspruchen und dem verbrannten Kraftstoff-Luftgemisch einen relativ hohen Widerstand entgegen setzen, wodurch der Gesamtwirkungsgrad des Fahrzeuges sinkt und der Kraftstoffverbrauch steigt.

**[0007]** Als Alternative oder zur Ergänzung von Schalldämpfern werden seit einiger Zeit sogenannte Antischallsysteme entwickelt, die dem vom Verbrennungsmotor erzeugten und in der Abgasanlage geführten Luftschall einen elektroakustisch erzeugten Anti-Schall überlagern. Derartige Antischall-Systeme verwenden üblicherweise einen sogenannten Filtered-x Least mean squares (FxLMS) Algorithmus, der versucht, den in der Abgasanlage geführten Luftschall durch Ausgabe von Schall über wenigstens einen mit der Abgasanlage in Fluidverbindung stehenden Schallerzeuger (z. B. ein Tauchspulenlautsprecher oder ein anderer akustischer Aktor) auf Null (im Falle der Schallauslöschung) oder einen vorgegebenen Schwellwert (im Falle der Schallbeeinflussung) zu regeln. Zum Erzielen einer vollständigen destruktiven Interferenz der Schallwellen des in der Abgasanlage geführten Luftschalls und des vom Schallerzeuger erzeugten Anti-Schalls müssen die vom Schallerzeuger herrührenden Schallwellen nach Amplitude und Frequenz den in der Abgasanlage geführten Schallwellen entsprechen, relativ zu diesen jedoch eine Phasenverschiebung von 180 Grad aufweisen. Entsprechen sich die in der Abgasanlage geführten Schallwellen des Luftschalls und die vom Schallerzeuger erzeugten Schallwellen des Anti-Schalls zwar in der Frequenz, und weisen sie relativ zueinander eine Phasenverschiebung von 180 Grad auf, entsprechen sich die Schallwellen aber nicht in der Amplitude, kommt es nur zu einer Abschwächung der in der Abgasanlage geführten Schallwellen des Luftschalls. Für jedes Frequenzband des in der Abgasanlage geführten Luftschalls wird der Anti-Schall mittels des FxLMS-Algorithmus gesondert berechnet, indem eine geeignete Frequenz und Phasenlage von zwei zueinander um 90 Grad verschobenen Sinusschwingungen bestimmt wird, und die erforderlichen Amplituden für diese Sinusschwingungen berechnet werden. Das Ziel von Antischall-Systemen ist es, dass die Schallauslöschung bzw. Schallbeeinflussung zumindest außerhalb, ggf. aber auch innerhalb der Abgasanlage hörbar und messbar ist. Die Herleitung eines Steuersignals zum Erzeugen eines gewünschten Anti-Schalls mittels eines Schallerzeugers ist dem Fachmann beispielsweise aus den Dokumenten US 4,177,874, US 5,229,556, US 5,233,137, US 5,343,533, US 5,336,856, US 5,432,857, US 5,600,106, US 5,619,020, EP 0 373 188, EP 0 674 097, EP 0 755 045, EP 0 916 817, EP 1 055 804, EP 1 627 996, DE 197 51 596, DE 10 2006 042 224, DE 10 2008 018 085 und DE 10 2009 031 848 bekannt, so dass auf eine Angabe weiterer Details verzichtet wird. In diesem Zusammenhang wird betont, dass der Begriff Anti-Schall in diesem Dokument verwendet wird, um den vom Schallerzeuger künstlich erzeugten Schall von Abgasgeräuschen oder sonstigen vom Verbrennungsmotor herrührenden Ge-

räuschen zu unterscheiden. Für sich alleine betrachtet handelt es sich bei Anti-Schall um gewöhnlichen Schall (in der Regel Luftschall).

**[0008]** Die Einkopplung des von Antischall-Systemen erzeugten Schalls kann dabei dadurch erfolgen, dass der Schallerzeuger akustisch an die Abgasanlage angekoppelt wird. Alternativ ist es auch bekannt, den Schallerzeuger unabhängig von der Abgasanlage beispielsweise am Unterboden eines Fahrzeughecks zu montieren und dort den Anti-Schall auszugeben. Unabhängig davon, ob der Schallerzeuger mit der Abgasanlage in Fluidverbindung steht oder unabhängig von der Abgasanlage am Unterboden eines Fahrzeugs montiert ist, bringt eine Anordnung des Schallerzeugers am Unterboden eines Fahrzeugs mehrere Probleme mit sich: Zum einen ist der zur Verfügung stehende Raum in der Regel sehr beschränkt, so dass der Schallerzeuger insgesamt möglichst kompakt ausgebildet sein muss; zum anderen muss der Schallerzeuger gegen äußere Einflüsse und insbesondere gegen Wasser und Schmutz geschützt werden.

**[0009]** Beispielhaft für derartige Schallerzeuger wird im Folgenden anhand der Figuren 1A und 1B ein Schallerzeuger zur Erzeugung von Anti-Schall zur Beeinflussung von in einer Abgasanlage eines verbrennungsmotorisch betriebenen Fahrzeugs geführten Schallwellen beschrieben.

**[0010]** Der in Figur 1A in schematischer Perspektivansicht gezeigte Schallerzeuger 3 weist ein formstabiles Gehäuse auf, welches zweiteilig aus einer Oberschale 32 und einer Unterschale 33 aufgebaut ist, die miteinander luftdicht verbunden sind. Das Gehäuse nimmt einen elektrodynamischen Lautsprecher 2 auf und ist über ein Y-Stück 1 an eine Abgasanlage 4 angebunden. Das Y-Stück 1 weist am Fuß des "Y" eine Mündung 5 auf, um in der Abgasanlage 4 geführtes Abgas und von dem Lautsprecher 2 erzeugten Schall nach außen abzugeben. Durch die Anbindung über das Y-Stück wird die thermische Belastung des im Schallerzeuger 3 aufgenommenen Lautsprechers 2 infolge des in der Abgasanlage 4 geführten Abgases gering gehalten. Dies ist erforderlich, da herkömmliche Lautsprecher nur in einem Bereich von bis maximal 200°C arbeiten können, die Temperatur des in der Abgasanlage 4 geführten Abgases aber bis zu zwischen 400°C und 700°C betragen kann. An der Oberschale 32 des Gehäuses ist ein Druckausgleichsventil 36 angeordnet. Um das auf der Oberfläche der Oberschale 32 angeordnete Druckausgleichsventil 36 vor Beschädigungen zu schützen, trägt die Oberschale 32 weiter einen Ring 37 aus Gussmetall, der das Druckausgleichsventil 36 umgibt. Um ein Abfließen von Flüssigkeit aus dem von dem Ring 37 umschlossenen Bereich zu erlauben, weist der Ring 37 unten einen Schlitz auf. Schließlich trägt die Oberschale 32 eine Kabeldurchführung 34, über welche elektrische Leitungen in das Innere des Schallerzeugers 3 geführt werden.

**[0011]** In Figur 1B ist schematisch eine Schnittansicht durch den Schallerzeuger 3 aus Figur 1A gezeigt. Er-

sichtlich weist der als Tauchspulenlautsprecher ausgebildete Lautsprecher 2 einen Permanentmagneten 21 und eine trichterförmige Membran 22 auf, welche gemeinsam von einem Lautsprecherkorb 23 getragen werden. Dabei ist die Membran 22 radial außen über eine elastische Sicke (nicht gezeigt) mit dem Lautsprecherkorb 23 verbunden und weist radial innen eine Schwingspule (nicht gezeigt) auf, welche in Bohrungen in dem Permanentmagneten 21 geführt wird. Durch Anlegen eines Wechselstroms an die Schwingspule wird aufgrund der Lorentzkraft über die Schwingspule eine Kraft auf die Membran 22 ausgeübt, die diese zum Schwingen veranlasst. Die zum Betrieb der Schwingspule benötigten elektrischen Steuersignale werden durch Leitungen 35 über die Kabeldurchführung 34 in der Oberschale 32 des Gehäuses bereitgestellt. Der Lautsprecherkorb 23 ist radial außen von einem Schalltrichter 42 gehalten, welcher über ein Verbindungsrohr 41 mit dem Y-Stück 1 verbunden ist. Die Verwendung des Schalltrichters 42 ist im gezeigten Beispiel erforderlich, da die Fläche der Membran 22 des Lautsprechers 2 größer der Querschnittsfläche der Abgasanlage 4 im Bereich der Einkopplung des Schalls ist. Die große Fläche der Membran 22 ist erforderlich, um die benötigten Schallflüsse zu erreichen. Die trichterförmige Membran 22 legt eine Symmetrieachse fest, die mit einem Boden des Schalltrichters 42 einen Winkel von 33° einschließt. Durch die Membran 22, die Sicke, einen äußeren Rand des Lautsprecherkorbs 23 und den Schalltrichter 42 wird das vom Gehäuse umschlossene Volumen in ein Rückvolumen 38, welches nicht mit dem Y-Stück 1 in Fluidverbindung steht, und in ein Vordervolumen 39, welches mit dem Y-Stück 1 in Fluidverbindung steht, unterteilt. Das Rückvolumen 37 ist somit grundsätzlich abgeschlossen und wirkt als Luftposter auf die Membran 22 des Lautsprechers 2. Das Vordervolumen 39 besteht im Wesentlichen aus dem vom Schalltrichter 42 umschlossenen Volumen, und ist nicht abgeschlossen. Je nachdem ob der (Luft-)Druck im Rückvolumen 37 größer oder kleiner dem (Luft-)Druck im Vordervolumen 39 ist, wirkt das Rückvolumen 37 mehr oder weniger stark dämpfend auf die Membran 22 und kann auch eine einseitige Auslenkung der Membran 22 aus ihrer Nulllage heraus bewirken. Eine derartige einseitige Auslenkung der Membran 22 aus ihrer Nulllage heraus reduziert im Betrieb die Lebensdauer des Lautsprechers 2 erheblich. Das Druckausgleichsventil 36 sorgt dafür, dass ein Druck im Inneren des Gehäuses in etwa gleich einem Druck außerhalb des Gehäuses ist. Somit wird durch das Vorsehen des Druckausgleichsventils 36 der Druck im Rückvolumen 38 beständig an den Druck außerhalb des Gehäuses des Schallerzeugers 3 angepasst. Hierdurch soll eine einseitige Auslenkung der Membran 22 aus ihrer Nulllage heraus verhindert werden.

**[0012]** Bei dem vorstehend beschriebenen Aufbau ist es nachteilig, dass das Druckausgleichsventil des Schallerzeugers häufig nur unzuverlässig funktioniert. Zum einen wird das Druckausgleichsventil leicht durch

Stöße von außen beschädigt; zum anderen kann das Druckausgleichsventil durch Staub oder Wasser verstopfen, so dass kein Druckausgleich mehr möglich ist. Insbesondere wenn das Druckausgleichsventil des Schallerzeugers unterhalb der Wasserlinie liegt, ist häufig kein Druckausgleich möglich, da Druckausgleichsventile häufig für Luft durchlässig und für Wasser undurchlässig ausgebildet sind. In der Folge ist es häufig erforderlich, in dem Schallerzeuger einen Lautsprecher mit erhöhter Robustheit zu verwenden.

**[0013]** Dies erhöht zum einen die Kosten; zum anderen kann aufgrund einer damit häufig verbundenen Erhöhung der Steifigkeit der Membran die akustische Wirksamkeit des Lautsprechers bei tiefen Frequenzen herabgesetzt sein.

**[0014]** Zur Lösung dieses Problems wird in der DE 10 2013 208 186 A1 vorgeschlagen, das Druckausgleichsventil über eine lange Druckausgleichsleitung an den Schallerzeuger anzubinden, damit das Druckausgleichsventil an einer beliebigen (und damit gut geschützten) Stelle am Fahrzeug angeordnet werden kann. Hierdurch vergrößert sich der Aufwand des Einbaus des Schallerzeugers jedoch erheblich.

**[0015]** Weiter tritt bei dem vorstehend beschriebenen Aufbau das Problem auf, dass es bei einem Eintauchen der Abgasanlage in Wasser zu einem erhöhten Druck auf die Membran von außen kommt. Dies führt dazu, dass die Membran nicht mehr um ihre Ruhelage schwingt, sondern um eine von dieser Ruhelage beabstandete Ebene, und somit einen Offset aufweist. Dabei führt die Schwingung der mit dem Offset versehenen Membran zudem zu einem Leerpumpen des Rückvolumens über das Druckausgleichsventil.

**[0016]** Die vorstehenden Probleme treten auch dann auf, wenn der Schallerzeuger - anders als in den Figuren 1A und 1B gezeigt - nicht mit der Abgasanlage in Fluidverbindung steht. Auch in diesem Fall umschließen die Membran und ein Gehäuse des Schallerzeugers ein Rückvolumen, so dass auch hier ein Druckausgleichsventil benötigt wird. Zudem ist bei einem nicht mit der Abgasanlage in Fluidverbindung stehenden Schallerzeuger die Gefahr eines Offsets der Membran infolge eines gestiegenen Außendrucks erhöht.

**[0017]** Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Schallerzeuger für ein System zur Beeinflussung von Geräuschen und insbesondere Abgasgeräuschen von verbrennungsmotorisch betriebenen Fahrzeugen bereitzustellen, dessen Zuverlässigkeit insbesondere bei Eintauchen des Schallerzeugers in Wasser verbessert ist. Zudem soll der Schallerzeuger kostengünstig in der Herstellung und robust in Einbau und Betrieb sein.

**[0018]** Die vorstehende Aufgabe wird durch die Kombination der Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. Bevorzugte Weiterbildungen finden sich in den Unteransprüchen.

**[0019]** Ausführungsformen eines Schallerzeugers zur Beeinflussung von Geräuschen eines Fahrzeugs weisen

ein Gehäuse, einen Lautsprecher und wenigstens ein Druckausgleichsventil auf. Dabei wird unter dem Begriff "Lautsprecher" der Teil des Schallerzeugers verstanden, der elektrische Signale in mechanische Schwingungen (Schall) überträgt. Zusammen mit dem Gehäuse umschließt der Lautsprecher ein Volumen. Dieses auch als Rückvolumen bezeichnete Volumen wird somit von dem Gehäuse (und insbesondere einer Innenwand des Gehäuses) und dem Lautsprecher begrenzt. Hierfür ist der Lautsprecher insbesondere gasdicht mit dem Gehäuse verbunden. Dabei kann der Lautsprecher ganz oder teilweise im Inneren des Gehäuses oder unmittelbar benachbart zum Gehäuse angeordnet sein. Das Druckausgleichsventil stellt eine Fluidverbindung zwischen dem von dem Lautsprecher und dem Gehäuse umschlossenen Volumen und einer Außenseite des Gehäuses bereit. Dabei ist das Druckausgleichsventil so angeordnet, dass es eine Ebene durchsetzt, in welcher der Lautsprecher angeordnet ist. Die Ebene, in welcher der Lautsprecher angeordnet ist, kann beispielsweise durch eine Lautsprechermembran oder einen Lautsprecherkorb festgelegt sein, und beispielsweise orthogonal zu einer Hauptabstrahlrichtung des von dem Lautsprecher emittierten Schalls ausgerichtet sein. Alternativ kann die Ebene, in welcher der Lautsprecher angeordnet ist, beispielsweise durch entsprechende Befestigungsmittel, welche am Gehäuse ausgebildet sind, festgelegt sein. Wenn der Lautsprecher ein Tauchspulenlautsprecher mit einer Lautsprechermembran und einer von der Lautsprechermembran getragenen Schwingspule ist, kann die Ebene, in welcher der Lautsprecher angeordnet ist, eine beliebige Ebene sein, welche orthogonal zu einer Hauptabstrahlrichtung des von dem Lautsprecher emittierten Schalls und zwischen der Schwingspule und einem von der Schwingspule maximal entfernten Abschnitt der Lautsprechermembran angeordnet ist. Gemäß einer Ausführungsform ist damit ein Abschnitt der Lautsprechermembran gemeint, der entlang einer Symmetrieachse der Lautsprechermembran von der Schwingspule am Weitesten beabstandet ist. Gemäß einer Ausführungsform kann es sich dabei um den Abschnitt der Membran handeln, mit dem die Membran am Lautsprecherkorb befestigt ist.

**[0020]** Da das Druckausgleichsventil die Ebene, in welcher der Lautsprecher angeordnet ist, durchsetzt, wird eine zwischen beiden Seiten des Lautsprechers konkret bestehende Druckdifferenz ausgeglichen. In der Folge kann über das Druckausgleichsventil ein besonders genauer Druckausgleich erfolgen. Weiter wird ein Leerpumpen des von dem Lautsprecher und dem Gehäuse umschlossenen Volumens durch den Lautsprecher vermieden, wenn es außerhalb des von dem Lautsprecher und dem Gehäuse umschlossenen Volumens aber vor dem Lautsprecher zu einer Druckerhöhung kommt.

**[0021]** Gemäß einer Ausführungsform ist das Gehäuse ein- oder mehrstückig aus einem formbeständigen festen Werkstoff wie beispielsweise Metallblech und ins-

besondere Edelstahlblech oder Kunststoff und insbesondere Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS), Polyamide (PA), Polylactat (PLA), Polymethylmethacrylat (PMMA), Polycarbonat (PC), Polyethylenterephthalat (PET), Polyethylen (PE), Polypropylen (PP), Polystyrol (PS), Polyetheretherketon (PEEK) oder Polyvinylchlorid (PVC) gebildet.

**[0022]** Gemäß einer Ausführungsform weist das Gehäuse Befestigungsösen oder Befestigungsanker auf, welche eine Befestigung des Gehäuses an einem Fahrzeug und insbesondere an einem Unterboden des Fahrzeugs erlauben.

**[0023]** Gemäß einer Ausführungsform ist das Gehäuse ausgebildet, insbesondere über einen zusätzlichen Schalltrichter an eine Abgasanlage eines verbrennungsmotorisch angetriebenen Fahrzeugs angekoppelt und damit mit in der Abgasanlage geführtem Abgas in Fluidverbindung gebracht zu werden.

**[0024]** Gemäß einer Ausführungsform weist das wenigstens eine Druckausgleichsventil einen Ventilkörper und einen Ventilkopf auf, und ist somit mehrteilig ausgebildet. Dabei weist der Ventilkörper ein erstes Ende auf, in welchem eine erste Öffnung ausgebildet ist, die nach außerhalb des Gehäuses mündet. Weiter weist der Ventilkörper ein zweites Ende auf, an welchem eine zweite Öffnung ausgebildet ist. Das erste und zweite Ende können sich dabei gegenüberliegen. Der Ventilkopf wird am zweiten Ende des Ventilkörpers von der zweiten Öffnung gefasst und verschließt so die zweite Öffnung. Der Ventilkopf ist im Inneren des von dem Lautsprecher und dem Gehäuse umschlossenen Volumens angeordnet. Der Ventilkopf weist eine Durchtrittsöffnung für Luft auf, welche in das von dem Lautsprecher und dem Gehäuse umschlossene Volumen mündet. Der Ventilkörper dient somit dazu, dem Ventilkopf von außerhalb des Gehäuses Luft zuzuführen und die zugeführte Luft über den Ventilkopf an das von dem Lautsprecher und dem Gehäuse umschlossene Volumen auszugeben bzw. über den Ventilkopf aus dem von dem Lautsprecher und dem Gehäuse umschlossenen Volumen empfangene Luft nach außerhalb des Gehäuses auszugeben. Somit wird der Ventilkörper nicht (oder zumindest nicht primär) dazu verwendet, Luftschall nach außerhalb des Gehäuses zu übertragen, wie es beispielsweise bei einem Bassreflexkanal der Fall ist. Zur Übertragung schallbedingter Druck- und Dichteschwankungen der Luft ist das Vermögen des Ventilkopfs, Luft hindurchtreten zu lassen, nicht ausreichend und der Ventilkopf damit zu träge. Durch Verwendung eines aus Ventilkörper und Ventilkopf gebildeten Druckausgleichsventils ist eine flexible Anordnung des Ventilkopfes im von dem Lautsprecher und dem Gehäuse umschlossenen Volumen möglich. Dabei kann der Ventilkopf beispielsweise an der Stelle angeordnet sein, die sich bei an einem Fahrzeug befestigten Schallerzeuger bei waagerechter Lage des Fahrzeugs am höchsten Punkt befindet. Zudem stellt der Ventilkörper dem Druckausgleichsventil ein gewisses Luftvolumen bereit, welches bei einem Eintauchen des Schallerzeugers in Was-

ser zum Druckausgleich verwendet werden kann. Somit dient der Ventilkörper auch als Luftreservoir. Gemäß einer Ausführungsform ist dieses vom Ventilkörper bereitgestellte Luftreservoir von einem Innenvolumen einer Anschlussleitung, welche den Ventilkörper mit einem Äußeren des Gehäuses verbindet, unterscheidbar; dies hindert das von dem Ventilkörper bereitgestellte Luftreservoir jedoch nicht daran, mit dem Innenvolumen der Anschlussleitung für den Ventilkörper zusammen zu wirken. Gemäß einer Ausführungsform ist dieses vom Ventilkörper bereitgestellte Luftreservoir und / oder das Innenvolumen der Anschlussleitung für den Ventilkörper vollständig oder teilweise innerhalb des Ventilkörpers angeordnet.

**[0025]** Gemäß einer Ausführungsform ist der Ventilkörper aus einem formbeständigen festen Werkstoff wie beispielsweise Metallblech und insbesondere Edelstahlblech oder Kunststoff und insbesondere Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS), Polyamide (PA), Polylactat (PLA), Polymethylmethacrylat (PMMA), Polycarbonat (PC), Polyethylenterephthalat (PET), Polyethylen (PE), Polypropylen (PP), Polystyrol (PS), Polyetheretherketon (PEEK) oder Polyvinylchlorid (PVC) gebildet. Der Ventilkörper kann alternativ aber auch aus einem flexiblen Material wie beispielsweise Elastomer gebildet sein. Der Ventilkörper kann ein- oder mehrteilig ausgebildet sein; insbesondere kann sich der Ventilkörper aus einem ersten, aus einem festen Werkstoff gebildeten Körper (wie beispielsweise einer Tonne) und einem zweiten, aus flexiblem Material gebildeten Körper (wie beispielsweise einem Schlauch) zusammensetzen, wobei die Innenvolumina beider Körper miteinander in Fluidverbindung stehen. Wenn der Ventilkörper aus dem ersten und zweiten Körper gebildet ist, kann gemäß einer Ausführungsform eine Anschlussleitung, welche den Ventilkörper mit einem Äußeren des Gehäuses verbindet, Teil des Ventilkörpers sein.

**[0026]** Gemäß einer Ausführungsform ist das wenigstens eine Druckausgleichsventil so im Gehäuse angeordnet und ist der Ventilkörper so dimensioniert, dass der Ventilkopf der Ebene, in welcher der Lautsprecher angeordnet ist, gegenüberliegend und maximal von der Ebene, in welcher der Lautsprecher angeordnet ist, beabstandet angeordnet ist. Da der Lautsprecher bei an einem Fahrzeug montierten Schallerzeuger normalerweise nach unten orientiert ist, führt diese Anordnung des Ventilkörpers dazu, dass selbst bei vollständig in Wasser eingetauchtem Schallerzeuger regelmäßig noch ein Druckausgleich möglich ist. Dabei bezeichnet das Merkmal "maximal beabstandet" eine Anordnung, bei welcher der Ventilkopf von der Ebene, in welcher der Lautsprecher angeordnet ist, möglichst weit entfernt ist, aber noch eine ausreichende Funktionalität des Ventilkopfs sichergestellt ist. Gemäß einer Ausführungsform soll das Merkmal "maximal beabstandet" erfüllt sein, wenn der Ventilkopf um wenigstens 2/3 eines Abstandes einer Innenwand des Gehäuses von der Ebene, in welcher der Lautsprecher angeordnet ist, von dieser Ebene

beabstandet ist, wobei der Abstand senkrecht zu dieser Ebene gemessen wird.

**[0027]** Gemäß einer Ausführungsform ist der Lautsprecher zwischen Ventilkopf und dem ersten Ende des Ventilkörpers angeordnet. Entsprechend ist der Ventilkörper geeignet ausgeformt und dimensioniert, um diese Anordnung des Ventilkopfes zu ermöglichen.

**[0028]** Gemäß einer Ausführungsform weist der Ventilkörper zwischen der ersten Öffnung und der zweiten Öffnung einen Abschnitt auf, in dem ein Durchmesser des Ventilkörpers gegenüber einem Durchmesser der ersten und/oder zweiten Öffnung vergrößert ist. Die so gebildete Aufweitung des Ventilkörpers stellt ein Luftreservoir dar, welches zum Druckausgleich verwendet werden kann. Gemäß einer Ausführungsform ist dieses von der Aufweitung des Ventilkörpers gebildete Luftreservoir von einem Innenvolumen einer Anschlussleitung für den Ventilkörper unterscheidbar; dies schließt nicht aus, dass das von der Aufweitung des Ventilkörpers gebildete Luftreservoir mit einem Innenvolumen einer Anschlussleitung für den Ventilkörper zusammenwirkt. Gemäß einer Ausführungsform ist dieses von der Aufweitung des Ventilkörpers gebildete Luftreservoir vollständig oder teilweise innerhalb des Ventilkörpers angeordnet. Gemäß einer Ausführungsform wird ein Innendurchmesser des Ventilkörpers mit einem Innendurchmesser der ersten und/oder zweiten Öffnung verglichen.

**[0029]** Gemäß einer Ausführungsform beträgt das vom Ventilkörper zwischen der ersten Öffnung und der zweiten Öffnung umschlossene Volumen zwischen 1 % und 20 % oder zwischen 4 % und 15 % des von dem Lautsprecher und dem Gehäuse umschlossenen Volumens. Bei einer solchen Abstimmung der Volumina kann selbst bei einem vollständigen Eintauchen des Schallerzeugers in Wasser in der Regel noch ein ausreichender Druckausgleich sichergestellt werden.

**[0030]** Gemäß einer Ausführungsform weist der Ventilkopf in seinem Inneren eine Membran auf, welche für Luft durchlässig und für Wasser undurchlässig ist, und welche die Durchtrittsöffnung des Ventilkopfes verschließt. Derartige Membranen sind dem Fachmann bekannt; beispielsweise kann diese Membran aus Acryl-Copolymer gebildet sein.

**[0031]** Gemäß einer Ausführungsform bildet die Durchtrittsöffnung des Ventilkopfes eine Drossel, die bei einem konstanten Druckunterschied von 300 Pa einen Durchfluss von größer 2 Liter Luft/Stunde und kleiner 10 Liter Luft/Stunde oder von größer 3 Liter Luft/Stunde und kleiner 9 Liter Luft/Stunde oder von größer 4 Liter Luft/Stunde und kleiner 8 Liter Luft/Stunde erlaubt. Dabei wird der konstante Druckunterschied von 300 Pa nur zur Bestimmung der Durchflussleistung der Drossel verwendet. Im Betrieb des Schallerzeugers ist dieser Druckunterschied nicht konstant.

**[0032]** Gemäß einer Ausführungsform ist der Lautsprecher selber gasdicht.

**[0033]** Gemäß einer Ausführungsform weist der Lautsprecher einen Lautsprecherkorb, eine von dem Laut-

sprecherkorb luftdicht gehaltene Membran, einen von dem Lautsprecherkorb gehaltenen Permanentmagneten und eine von einem Schwingspulenträger getragene Schwingspule auf. Dabei ist die Schwingspule in einem von dem Permanentmagneten erzeugten magnetischen Gleichfeld angeordnet und mit der Membran verbunden. Mit anderen Worten kann es sich bei dem Lautsprecher um einen Tauchspulenlautsprecher handeln. Dann ist der Lautsprecherkorb luftdicht mit dem Gehäuse verbunden. Weiter kann der Lautsprecherkorb vom Ventilkörper durchsetzt sein. Alternativ kann der Ventilkörper luftdicht mit dem Lautsprecherkorb verbunden sein und die erste Öffnung des Ventilkörpers mit einer in dem Lautsprecherkorb ausgebildeten Öffnung fluchten. Somit kann die erste Öffnung des Ventilkörpers in der gleichen Ebene angeordnet sein, in welcher auch die Membran oder der Lautsprecherkorb des Lautsprechers angeordnet ist.

**[0034]** Wie bei Tauchspulenlautsprechern üblich kann die Membran beispielsweise trichterförmig oder kugelkalottenförmig sein, oder eine nicht-abwickelbare (NIWI) Form aufweisen. Weiter kann die Membran über eine luftdichte Sicke mit dem Lautsprecherkorb verbunden sein. Nicht-abwickelbare trichterförmige oder kugelkalottenförmige Membranen sind besonders steif und erlauben so eine ganzflächige und gleichmäßige Bewegung der Membran. Alternativ ist aber auch eine konusförmige Membran möglich.

**[0035]** Gemäß einer Ausführungsform ist die Membran luftdicht und über eine luftdichte Sicke mit dem Lautsprecherkorb verbunden. Dies erlaubt es, das Schwingungsverhalten der Membran durch entsprechende Materialwahl und Dimensionierung der Sicke einzustellen. Weiter sind Sicke und Membran gemäß einer Ausführungsform aus unterschiedlichen Materialien gefertigt.

**[0036]** Gemäß einer Ausführungsform trägt der Lautsprecherkorb eine Zentriereinrichtung und insbesondere eine Zentrierspinne, welche mit dem Schwingspulenträger oder im Bereich des Schwingspulenträgers mit der Membran verbunden ist. Es wird betont, dass auf das Vorsehen einer Zentriereinrichtung verzichtet werden kann, wenn eine weitgehend reibungslose Führung der Schwingspule im Permanentmagneten erfolgt.

**[0037]** Gemäß einer Ausführungsform ist die Membran aus Metall und insbesondere aus Aluminium oder Titan oder aus Kunststoff und insbesondere aus aromatischen Polyamiden gebildet.

**[0038]** Gemäß einer Ausführungsform ist der Lautsprecher luftdicht mit einem im Inneren des Gehäuses angeordneten Schalltrichter verbunden. Somit wird das vom Lautsprecher und dem Gehäuse umschlossene Volumen im Inneren des Gehäuses auch von dem Schalltrichter begrenzt. Dann kann die erste Öffnung des Ventilkörpers mit einer im Schalltrichter ausgebildeten Öffnung fluchten. Der Schalltrichter kann dazu ausgebildet sein, mit einer Abgasanlage eines verbrennungsmotorisch betriebenen Fahrzeugs in Fluidverbindung gebracht zu werden.

**[0039]** Gemäß einer Ausführungsform ist der Ventil-

körper einstückig mit dem Lautsprecherkorb oder dem Gehäuse ausgebildet oder dauerhaft an dem Lautsprecherkorb oder dem Gehäuse befestigt. Auf diese Weise kann ein Abschnitt des Lautsprecherkorbes oder des Gehäuses auch eine Wand des Ventilkörpers bilden.

**[0040]** Gemäß einer Ausführungsform ist das vom Lautsprecher und dem Gehäuse umschlossene Volumen bis auf das Druckausgleichsventil luftdicht umschlossen.

**[0041]** Gemäß einer Ausführungsform ist das Gehäuse des Schallerzeugers einstückig. Gemäß einer alternativen Ausführungsform ist das Gehäuse des Schallerzeugers aus einer Oberschale und einer mit der Oberschale luftdicht verbundenen Unterschale zusammengesetzt. Dabei kann die Oberschale und/oder Unterschale wenigstens eine luftdichte Durchführung für eine mit dem Lautsprecher verbundene Steuerleitung aufweisen.

**[0042]** Gemäß einer Ausführungsform wird das wenigstens eine Druckausgleichsventil vollständig vom Gehäuse des Schallerzeugers aufgenommen.

**[0043]** Ausführungsformen eines Systems zur Beeinflussung von in Abgasanlagen von verbrennungsmotorisch betriebenen Fahrzeugen geführten Schallwellen weisen eine Steuerung, welche über eine Steuerleitung mit einer Motorsteuerung des Fahrzeugs verbindbar oder in die Motorsteuerung des Fahrzeugs integriert ist und wenigstens einen Schallerzeuger wie vorstehend beschrieben auf. Dann ist der Lautsprecher des wenigstens einen Schallerzeugers über eine Steuerleitung mit der Steuerung verbunden. Weiter ist die Steuerung ausgebildet, in Abhängigkeit von Signalen, welche von der Motorsteuerung empfangen werden, ein Steuersignal zu erzeugen und über die Steuerleitung an den Lautsprecher auszugeben. Dabei ist das Steuersignal geeignet, in einer Abgasanlage des Fahrzeugs geführte Schallwellen teilweise oder vollständig auszulöschen, wenn der Lautsprecher mit diesem Steuersignal betrieben wird.

**[0044]** Ausführungsformen eines Kraftfahrzeugs weisen einen Verbrennungsmotor mit einer Motorsteuerung, eine mit dem Verbrennungsmotor in Fluidverbindung stehende Abgasanlage und das vorstehend beschriebene System auf. Dabei steht der wenigstens eine Schallerzeuger des Systems mit der Abgasanlage in Fluidverbindung. Weiter ist die Steuerung des Systems mit der Motorsteuerung des Verbrennungsmotors des Fahrzeugs verbunden.

**[0045]** In diesem Zusammenhang wird darauf hingewiesen, dass die in dieser Beschreibung und den Ansprüchen zur Aufzählung von Merkmalen verwendeten Begriffe "umfassen", "aufweisen", "beinhalten", "enthalten" und "mit", sowie deren grammatikalische Abwandlungen, generell als nichtabschließende Aufzählung von Merkmalen, wie z. B. Verfahrensschritten, Einrichtungen, Bereichen, Größen und dergleichen aufzufassen sind, und in keiner Weise das Vorhandensein anderer oder zusätzlicher Merkmale oder Gruppierungen von anderen oder zusätzlichen Merkmalen ausschließen.

**[0046]** Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich

aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Ansprüchen sowie den Figuren. In den Figuren werden gleiche bzw. ähnliche Elemente mit gleichen bzw. ähnlichen Bezugszeichen bezeichnet. Es wird darauf hingewiesen, dass die Erfindung nicht auf die Ausführungsformen der beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt, sondern durch den Umfang der beiliegenden Patentansprüche bestimmt ist. Insbesondere können die einzelnen Merkmale bei erfindungsgemäßen Ausführungsformen in anderer Anzahl und Kombination als bei den untenstehend angeführten Beispielen verwirklicht sein. Bei der nachfolgenden Erläuterung eines Ausführungsbeispiels der Erfindung wird auf die beiliegenden Figuren Bezug genommen, von denen

Figur 1A schematisch eine perspektivische Ansicht eines Schallerzeugers eines Systems zur Beeinflussung von in Abgasanlagen von verbrennungsmotorisch betriebenen Fahrzeugen geführten Schallwellen nach dem Stand der Technik zeigt;

Figur 1B schematisch einen Querschnitt durch den Schallerzeuger aus Figur 1A zeigt;

Figur 2A schematisch einen Querschnitt durch einen Schallerzeuger zur Befestigung an einem Fahrzeug zur Beeinflussung von Geräuschen des Fahrzeugs gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung zeigt;

Figur 2B schematisch einen Querschnitt durch einen Schallerzeuger zur Befestigung an einem Fahrzeug zur Beeinflussung von Geräuschen des Fahrzeugs gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung zeigt;

Figur 2C schematisch einen Querschnitt durch einen Schallerzeuger zur Befestigung an einem Fahrzeug zur Beeinflussung von Geräuschen des Fahrzeugs gemäß einer dritten Ausführungsform der Erfindung zeigt;

Figur 3A einen Querschnitt durch einen schematisch gezeichneten Schallerzeuger zur Befestigung an einem Fahrzeug zur Beeinflussung von Geräuschen des Fahrzeugs gemäß einer vierten Ausführungsform der Erfindung in einem ersten Betriebszustand zeigt;

Figur 3B einen zweiten Betriebszustand des Schallerzeugers aus Figur 3A zeigt;

Figur 3C einen dritten Betriebszustand des Schallerzeugers aus Figur 3A zeigt;

Figur 3D einen vierten Betriebszustand des Schaller-

zeugers aus Figur 3A zeigt, wobei die Ansicht gegenüber der Figur 3A gedreht ist;

Figur 4 schematisch ein Blockdiagramm eines Systems zur Beeinflussung von in Abgasanlagen von verbrennungsmotorisch betriebenen Fahrzeugen geführten Schallwellen gemäß einer Ausführungsform der Erfindung zeigt; und

Figur 5 schematisch ein Kraftfahrzeug zeigt, in welches das System aus Figur 4 integriert ist.

Im Folgenden wird unter Bezugnahme auf die Figur 2A ein Schallerzeuger gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung beschrieben. Dabei zeigt Figur 2A eine schematische Schnittansicht durch den Schallerzeuger 100.

**[0047]** Der in Figur 2A gezeigte Schallerzeuger 100 weist ein Gehäuse 110 aus, welches aus einer Unterschale 113 und einer mit der Unterschale 113 luftdicht verbundenen Oberschale 112 gebildet ist. Sowohl Unterschale 113 als auch Oberschale 112 bestehen aus Edelstahlblech.

**[0048]** Die Unterschale 113 des Gehäuses 110 weist eine Gehäuseöffnung 111 auf, und nimmt einen Schalltrichter 140 auf, der ebenfalls aus Edelstahlblech gebildet ist. Im Bereich der Gehäuseöffnung 111 ist eine Außenseite des Schalltrichters 140 luftdicht mit der Unterschale 113 des Gehäuses 110 verbunden. Eine Öffnung des Schalltrichters 140 fluchtet mit der Gehäuseöffnung 111 des Schallerzeugers 100. Der Schalltrichter 140 ist in der gezeigten Ausführungsform dazu ausgebildet, mit einer Abgasanlage verbunden zu werden, wie es in Figur 1A anhand eines Schallerzeugers aus dem Stand der Technik gezeigt ist. Der Schalltrichter 140 ist luftdicht mit einem aus Stahlblech gebildeten Lautsprecherkorb 123 eines vom Gehäuse 110 aufgenommenen Tauchspulenlautsprechers 120 verbunden. Somit ist der Lautsprecherkorb 123 über den Schalltrichter 140 luftdicht mit dem Gehäuse 110 verbunden.

**[0049]** Der Tauchspulenlautsprecher 120 weist einen Permanentmagneten 121 aus Neodym-Eisen-Bor Legierung und eine nicht-abwickelbare trichterförmige Membran 122 aus Kunststoff auf, welche gemeinsam von dem Lautsprecherkorb 123 getragen werden. Dabei ist die trichterförmige Membran 122 an ihrer Grundfläche radial außen über eine elastische Sicke 126 (siehe Figur 3A) aus Kunststoff luftdicht mit dem Lautsprecherkorb 123 verbunden. Die Deckfläche der trichterförmigen Membran 122 ist mittig durch eine Abdeckkappe aus Kunststoff luftdicht verschlossen. Im Bereich der Abdeckkappe ist an der Membran 122 ein Schwingspulenträger 125 (siehe Figur 3A) befestigt, welcher eine (nicht gezeigte) Schwingspule trägt. Die Schwingspule ist in einem von dem Permanentmagneten 121 erzeugten magnetischen Gleichfeld angeordnet. Hierfür weist der Permanentmagnet 121 entsprechende Ausnehmungen auf. Durch An-

legen eines Wechselstroms an die Schwingspule wird über die Schwingspule aufgrund der Lorentzkraft eine Kraft auf die Membran 122 ausgeübt, die diese zum Schwingen veranlasst. Die Schwingspule wird über (nur in Figur 1A gezeigte) Steuerleitungen mit Strom versorgt, die über eine luftdichte Kabeldurchführung (nur in Figur 1A gezeigt) an der Oberschale 112 des Gehäuses 110 in das Innere des Schallerzeugers 100 eingeführt sind.

**[0050]** Der Tauchspulenlautsprecher 120 und der Schalltrichter 140 trennen ein Volumen 114, welches über den Schalltrichter 140 und die Gehäuseöffnung 111 des Schallerzeugers 100 mit einer Abgasanlage in Fluidverbindung steht, luftdicht gegen ein von der Oberschale 112 und Unterschale 113 des Gehäuses 110 umschlossenes sowie von einer Außenseite des Schalltrichters 140 begrenztes Volumen 115, welches nachfolgend als Rückvolumen bezeichnet wird, ab. Folglich legt der Tauchspulenlautsprecher 120 zusammen mit dem Schalltrichter 123 und dem Gehäuse 110 ein abgeschlossenes Rückvolumen 115 fest, welches von der Atmosphäre oder der Abgasanlage durch die Membran 122 des Tauchspulenlautsprechers 120 und einen Teil des Lautsprecherkorbs 123 getrennt ist.

**[0051]** Um einen Druckausgleich zwischen diesem abgeschlossenen Rückvolumen 115 und dem Volumen 114 auf der anderen Seite der Membran 122 des Tauchspulenlautsprechers 120 zu ermöglichen, nimmt das Gehäuse 110 des Schallerzeugers 100 in seinem Inneren ein Druckausgleichsventil 130 auf. Das Druckausgleichsventil 130 ist aus einem Ventilkörper und einem Ventilkopf 132 gebildet. Der Ventilkörper ist in der Ausführungsform der Figur 2A nicht gezeigt, da er mit einem Gehäuse des Ventilkopfs 132 zusammen fällt. Dabei durchsetzt das Druckausgleichsventil 130 einen Abschnitt des Lautsprecherkorbs 123 des Tauchspulenlautsprechers 120. Damit durchsetzt das Druckausgleichsventil 130 die Ebene, in welcher die Membran 122 des Tauchspulenlautsprechers 120 bezogen auf das Gehäuse 110 angeordnet ist.

**[0052]** Der Ventilkopf 132 des Druckausgleichsventils 130 weist eine Durchtrittsöffnung 135 für Luft auf, die wie eine Drossel wirkt. In der Durchtrittsöffnung 135 ist eine Membran 136 angeordnet, die für Luft durchlässig und für Wasser undurchlässig ist. Die Durchtrittsöffnung 135 des Ventilkopfs 132 des Druckausgleichsventils 130 ist in der gezeigten Ausführungsform so dimensioniert, dass sie bei einem konstanten Druckunterschied von 300 Pascal zwischen dem abgeschlossenen Rückvolumen 115 und dem von diesem getrennten Volumen 114 auf der anderen Seite des Tauchspulenlautsprechers 120 einen Durchfluss von 7,0 Liter Luft/Stunde erlaubt. Damit ist das Druckausgleichsventil 130 zu träge, um auf Luftdruckschwankungen zu reagieren, die im Inneren des Schallerzeugers 100 durch ein Schwingen der Membran 122 des Tauchspulenlautsprechers 120 hervorgerufen werden. Es wird betont, dass der vorstehend genannte konstante Druckunterschied von 300 Pascal nur zur Bestimmung des Durchflusses des Druckausgleichsventils



verwendet wird; im Betrieb schwankt der Druckunterschied hingegen und wird von dem Druckausgleichsventil 130 kontinuierlich abgebaut.

**[0053]** Im Folgenden wird unter Bezugnahme auf Figur 2B eine zweite Ausführungsform der Erfindung erläutert. Dabei wird zur Vermeidung von Wiederholungen nur auf Unterschiede zur vorstehenden ersten Ausführungsform eingegangen und ansonsten auf die Ausführungen zur zweiten Ausführungsform verwiesen.

**[0054]** Der Schallerzeuger 100 der zweiten Ausführungsform unterscheidet sich vom Schallerzeuger 100 der ersten Ausführungsform dadurch, dass das Druckausgleichsventil 130 einen vom Ventilkopf 132 unterscheidbaren Ventilkörper 131 aufweist.

**[0055]** Der Ventilkörper 131 ist in der gezeigten Ausführungsform zweistückig aus Elastomer gebildet, und weist ein Schlauchstück sowie eine Tonne auf. Die Tonne steht mit dem Schlauchstück in Fluidverbindung. An seinem der Tonne abgewandten Ende weist das Schlauchstück eine erste Öffnung 133 auf, welche den Lautsprecherkorb 123 durchsetzt und so in das Volumen 114 mündet. Weiter ist an dem dem Schlauchstück abgewandten Ende der Tonne eine zweite Öffnung 134 ausgebildet, in welcher der Ventilkopf 132 gefasst ist und die so vom Ventilkopf 132 verschlossen wird. Die Durchtrittsöffnung 135 im Ventilkopf 132 mündet in das abgeschlossene Rückvolumen 115. Zwischen der ersten Öffnung 133 und der zweiten Öffnung 134 weist der Ventilkörper 131 somit einen von der Tonne gebildeten Abschnitt 137 (siehe Figur 3A) auf, in welchem ein Durchmesser des Ventilkörpers 131 gegenüber einem Durchmesser der ersten Öffnung 133 vergrößert ist. Auf diese Weise stellt der Ventilkörper 131 in seinem Inneren ein Volumen bereit, welches in der gezeigten Ausführungsform 5% des Rückvolumens 115 beträgt und hilft, selbst bei einem Untertauchen des Schallerzeugers 100 unter Wasser Druckunterschiede auf beiden Seiten der Membran 122 des Tauchspulenlautsprechers 120 auszugleichen.

**[0056]** In der in Figur 2B gezeigten Ausführungsform ist der Ventilkörper 131 so ausgestaltet, dass der vom Ventilkörper 131 getragene Ventilkopf 132 maximal von der Ebene, in welcher der Lautsprecher 120 am Gehäuse 110 angeordnet ist, beabstandet ist, und dieser Ebene gegenüberliegt. Ersichtlich ist der Ventilkopf 132 im Rückvolumen 115 angeordnet.

**[0057]** Im Folgenden wird unter Bezugnahme auf Figur 2C eine dritte Ausführungsform der Erfindung erläutert. Dabei wird zur Vermeidung von Wiederholungen nur auf Unterschiede zur vorstehenden zweiten Ausführungsform eingegangen und ansonsten auf die Ausführungen zur zweiten Ausführungsform verwiesen.

**[0058]** Der Schallerzeuger 100 gemäß der dritten Ausführungsform unterscheidet sich von dem Schallerzeuger der zweiten Ausführungsform dadurch, dass die erste Öffnung 133 des Schlauchstücks des Ventilkörpers 131 nicht in die Abgasanlage mündet, sondern die Unterschale 113 des Gehäuses 110 durchdringt und nach au-

ßerhalb des Gehäuses 110 mündet. Somit erlaubt der Ventilkörper 131 in dieser Ausführungsform einen Druckausgleich zwischen dem Rückvolumen 115 und der Atmosphäre.

**[0059]** Im Folgenden werden unter Bezugnahme auf die Figuren 3A bis 3D unterschiedliche Betriebszustände eines Schallerzeugers gemäß einer vierten Ausführungsform der Erfindung erläutert. Dabei wird zur Vermeidung von Wiederholungen nur auf Unterschiede zur vorstehenden zweiten Ausführungsform eingegangen und ansonsten auf die Ausführungen zur zweiten Ausführungsform verwiesen.

**[0060]** Der Schallerzeuger 100 der vierten Ausführungsform unterscheidet sich vom Schallerzeuger 100 der zweiten Ausführungsform dadurch, dass die zweite Öffnung 134 des Ventilkörpers 131 einen Durchmesser aufweist, der zwar größer als der Durchmesser der ersten Öffnung 133 des Ventilkörpers 131 ist, aber kleiner als der Durchmesser des Ventilkörpers 131 in dem Abschnitt 137 mit vergrößertem Durchmesser/Querschnitt zwischen der ersten Öffnung 133 und der zweiten Öffnung 134 ist.

**[0061]** Weiter weist der Schallerzeuger 100 gemäß der vierten Ausführungsform keinen im Inneren des Gehäuses 110 angeordneten Schalltrichter auf, und ist das Gehäuse 110 auch nicht zweiteilig aus einer Oberschale und einer Unterschale gebildet. Vielmehr ist das Gehäuse 110 topfförmig aus Polyvinylchlorid gebildet und wird durch den Lautsprecherkorb 123 des vom Gehäuse 110 getragenen Tauchspulenlautsprechers 120 verschlossen. In der Folge ist das von dem Lautsprecher 120 und dem Gehäuse 110 umschlossene Rückvolumen 115 durch den Tauchspulenlautsprecher 120 von der Luft 114' auf der anderen Seite des Tauchspulenlautsprechers 120 abgetrennt. Somit steht das Rückvolumen 115 auch hier nur über das Druckausgleichsventil 130 mit der Luft 114' auf der anderen Seite des Tauchspulenlautsprechers 120 in Verbindung.

**[0062]** Figur 3A zeigt einen ersten Betriebszustand, in welchem der Schallerzeuger 100 nur von Luft 114' umgeben ist. Ein Druckausgleich zwischen dem Rückvolumen 115 und der Luft 114' auf der anderen Seite des Tauchspulenlautsprechers 120 ist über das Druckausgleichsventil 130 problemlos möglich.

**[0063]** Figur 3B zeigt einen zweiten Betriebszustand, in welchem der in Figur 3A gezeigte Schallerzeuger 100 teilweise in Wasser (in der Figur als Wellenlinien dargestellt) eingetaucht ist. Dabei bildet sich vor der Membran 122 des Tauchspulenlautsprechers 120 eine Blase komprimierter Luft 114'.

**[0064]** Figur 3C zeigt einen dritten Betriebszustand, in welchem der in Figur 3A gezeigte Schallerzeuger 100 vollständig in Wasser (in der Figur als Wellenlinien dargestellt) eingetaucht ist. Das über die erste Öffnung 133 des Ventilkörpers 131 in den Ventilkörper eingedrungene Wasser hat die vom Ventilkörper 131 normalerweise aufgenommene Luft über den Ventilkopf 132 nahezu vollständig in das Rückvolumen 115 des Gehäuses 110 ge-

drückt und so zumindest einen gewissen Druckausgleich zwischen dem Rückvolumen 115 und der anderen Seite des Tauchspulenlautsprechers 120 herstellt.

**[0065]** Figur 3D zeigt einen vierten Betriebszustand, in welchem der in Figur 3A gezeigte Schallerzeuger 100 verkippt in Wasser (in der Figur als Wellenlinien dargestellt) eingetaucht ist. Dabei zeigt Figur 3D eine Ansicht auf den in Figur 3A gezeigten Schallerzeuger 100 in Richtung X. Ersichtlich ist die erste Öffnung 133 des Ventilkörpers 131 so angeordnet, dass sie in der Kippachse liegt, um welche der Schallerzeuger 100 verkippt ist.

**[0066]** In Figur 4 ist schematisch ein System 7 zur Beeinflussung von in Abgasanlagen von verbrennungsmotorisch betriebenen Fahrzeugen geführten Schallwellen gezeigt, welches den vorstehend beschriebenen Schallerzeuger 100 verwendet.

**[0067]** Der Schallerzeuger 100 ist im Bereich einer Mündung 5 über ein Y-Stück 1 an eine Abgasanlage 4 eines Fahrzeugs angebunden. Über die Mündung 5 wird in der Abgasanlage 4 geführtes Abgas gemeinsam mit in dem Schallerzeuger 100 erzeugten Schall nach außen abgegeben.

**[0068]** An dem Y-Stück 1 ist ein Fehlermikrofon 8 in Form eines Drucksensors vorgesehen. Das Fehlermikrofon 8 misst Druckschwankungen und damit Schall im Inneren des Y-Stücks 1 in einem Abschnitt stromabwärts eines Bereichs, in dem die fluide Anbindung zwischen Abgasanlage 4 und Schallerzeuger 100 erfolgt. Es wird jedoch betont, dass das Fehlermikrofon 8 nur optional ist.

**[0069]** Der Tauchspulenlautsprecher 120 des Schallerzeugers 100 und das Fehlermikrofon 8 sind elektrisch mit einer Steuerung 2 verbunden. Die Steuerung 2 ist über einen CAN-Bus mit einer Motorsteuerung eines Verbrennungsmotors 6 verbunden. Es wird betont, dass die vorliegende Erfindung nicht auf einen CAN-Bus beschränkt ist.

**[0070]** Die Abgasanlage 4 kann weiter wenigstens einen zwischen dem Verbrennungsmotor 6 und dem Y-Stück 1 angeordneten Katalysator (nicht gezeigt) zur Reinigung des von dem Verbrennungsmotor 6 emittierten und in der Abgasanlage 4 geführten Abgases aufweisen.

**[0071]** Die allgemeine Funktionsweise des vorstehenden Systems 7 zur Beeinflussung von in Abgasanlagen von verbrennungsmotorisch betriebenen Fahrzeugen geführten Schallwellen ist wie folgt:

Anhand von durch das Fehlermikrofon 8 gemessenem Schall und/oder von über den CAN-Bus empfangenen Betriebsparametern des Verbrennungsmotors 6 berechnet die Steuerung 2 unter Verwendung eines Filtered-x Least mean squares (FxLMS) Algorithmus Steuersignale, welche jeweils eine gewünschte Beeinflussung des im Inneren der Abgasanlage 4 geführten, auf den Betrieb des Verbrennungsmotors 6 zurückzuführenden Schalls (Abgasgeräuschs) durch Beaufschlagung mit künstlich im Schallerzeuger 100 erzeugtem Schall erlauben, und gibt diese Steuersignale über die Steuerleitungen an

den Tauchspulenlautsprecher 120 des Schallerzeugers 100 aus.

**[0072]** Auch wenn vorstehend ein System 7 zur Beeinflussung von in Abgasanlagen von verbrennungsmotorisch betriebenen Fahrzeugen geführten Schallwellen beschrieben wurde, welches den Schallerzeuger der ersten Ausführungsform verwendet, kann alternativ auch der Schallerzeuger der zweiten Ausführungsform, welcher nicht mit der Abgasanlage in Fluidverbindung steht, verwendet werden.

**[0073]** In der Figur 5 ist schematisch ein Kraftfahrzeug mit einem Verbrennungsmotor 6, einer Abgasanlage 4 und dem vorstehend beschriebenen System 7 zur Beeinflussung von in Abgasanlagen von verbrennungsmotorisch betriebenen Fahrzeugen geführten Schallwellen gezeigt. Die Schallerzeuger und die Lautsprecher des Antischall-Systems sind in Figur 5 nicht eigens gezeigt.

**[0074]** In den Figuren sind im Interesse einer übersichtlichen Darstellung nur diejenigen Elemente, Komponenten und Funktionen dargestellt, die einem Verständnis der vorliegenden Erfindung förderlich sind. Ausführungsformen der Erfindung sind jedoch nicht auf die dargestellten Elemente, Komponenten und Funktionen beschränkt, sondern enthalten weitere Elemente, Komponenten und Funktionen, soweit sie für ihre Verwendung oder ihren Funktionsumfang erforderlich sind.

**[0075]** Obwohl die voranstehenden Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung lediglich beispielhaft erläutert worden sind, werden die Fachleute erkennen, dass zahlreiche Modifikationen, Hinzufügungen und Ersetzungen möglich sind, ohne von dem Schutzbereich und Geist der in den nachfolgenden Ansprüchen offenbarten Erfindung abzuweichen.

## Patentansprüche

1. Schallerzeuger (100) zur Befestigung an einem Fahrzeug zur Beeinflussung von Geräuschen des Fahrzeugs, aufweisend:

ein Gehäuse (110);  
einen Lautsprecher (120); und  
wenigstens ein Druckausgleichsventil (130);  
wobei der Lautsprecher (120) zusammen mit dem Gehäuse (110) ein Volumen (115) umschließt;  
wobei das Druckausgleichsventil (130) das von dem Lautsprecher (120) und dem Gehäuse umschlossene Volumen (115) mit einer Außenseite des Gehäuses (110) verbindet; und  
wobei das Druckausgleichsventil (130) eine Ebene, in welcher der Lautsprecher (120) angeordnet ist, durchsetzt.

2. Schallerzeuger (100) nach Anspruch 1, wobei das wenigstens eine Druckausgleichsventil

- (130) einen Ventilkörper (131) und einen Ventilkopf (132) aufweist, wobei der Ventilkörper (131) ein erstes Ende aufweist, an welchem eine erste Öffnung (133) ausgebildet ist, die nach außerhalb des Gehäuses mündet, und ein zweites Ende aufweist, an welchem eine zweite Öffnung (134) ausgebildet ist, an welcher der Ventilkopf (132) gefasst ist, wobei der Ventilkopf (132) im Inneren des von dem Lautsprecher (120) und dem Gehäuse umschlossenen Volumens (115) angeordnet ist, und wobei der Ventilkopf (132) eine Durchtrittsöffnung (135) für Luft aufweist.
3. Schallerzeuger (100) nach Anspruch 2, wobei das wenigstens eine Druckausgleichsventil (130) so im Gehäuse (110) angeordnet und der Ventilkörper (131) so dimensioniert ist, dass der Ventilkopf (132) der Ebene, in welcher der Lautsprecher (120) angeordnet ist, gegenüberliegend und maximal von der Ebene, in welcher der Lautsprecher (120) angeordnet ist, beabstandet angeordnet ist.
  4. Schallerzeuger (100) nach Anspruch 2 oder 3, wobei die erste Öffnung (133) des Ventilkörpers (131) in der Ebene liegt, in welcher der Lautsprecher (120) angeordnet ist.
  5. Schallerzeuger (100) nach Anspruch 2, 3 oder 4, wobei der Ventilkörper (131) zwischen der ersten Öffnung (133) und der zweiten Öffnung (134) einen Abschnitt (137) aufweist, in dem ein Durchmesser des Ventilkörpers (131) gegenüber einem Durchmesser der ersten und/oder zweiten Öffnung (133, 134) vergrößert ist.
  6. Schallerzeuger (100) nach Anspruch 5, wobei der Abschnitt (137), in dem ein Durchmesser des Ventilkörpers (131) gegenüber einem Durchmesser der ersten und/oder zweiten Öffnung (133, 134) vergrößert ist, vollständig oder teilweise im Inneren des Gehäuses (110) des Schallerzeugers (100) angeordnet ist.
  7. Schallerzeuger (100) nach einem der Ansprüche 2 bis 6, wobei das vom Ventilkörper (131) zwischen der ersten Öffnung (133) und der zweiten Öffnung (134) umschlossene Volumen zwischen 1 % und 20 % oder zwischen 4 % und 15 % des von dem Lautsprecher (120) und dem Gehäuse umschlossenen Volumens (115) beträgt.
  8. Schallerzeuger (100) nach einem der Ansprüche 2 bis 7, wobei der Ventilkopf (132) in seinem Inneren eine Membran (136) aufweist, welche für Luft durchlässig und für Wasser undurchlässig ist, und welche die Durchtrittsöffnung (135) verschließt.
  9. Schallerzeuger (100) nach einem der Ansprüche 2 bis 8, wobei die Durchtrittsöffnung (135) des Ventilkopfs (132) eine Drossel ist, die bei einem konstanten Druckunterschied von 300 Pa einen Durchfluss von größer 2 Liter Luft/Stunde und kleiner 10 Liter Luft/Stunde oder von größer 3 Liter Luft/Stunde und kleiner 9,0 Liter Luft/Stunde oder von größer 4 Liter Luft/Stunde und kleiner 8 Liter Luft/Stunde erlaubt.
  10. Schallerzeuger (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei der Ventilkörper (131) einstückig mit dem Gehäuse (110) ausgebildet ist.
  11. Schallerzeuger (100) nach einem der Ansprüche 2 bis 9, wobei der Lautsprecher (120) einen Lautsprecherkorb (123), eine von dem Lautsprecherkorb (123) luftdicht gehaltene Membran (122), einen von dem Lautsprecherkorb (123) gehaltenen Permanentmagneten (121) und eine von einem Schwingspulen-träger (125) getragene Schwingspule aufweist, welche Schwingspule in einem von dem Permanentmagneten (121) erzeugten magnetischen Gleichfeld angeordnet und mit der Membran (122) verbunden ist; wobei der Lautsprecherkorb (123) luftdicht mit dem Gehäuse (110) verbunden ist; und wobei der Lautsprecherkorb (123) vom Ventilkörper (131) durchsetzt wird oder der Ventilkörper (131) luftdicht mit dem Lautsprecherkorb (123) verbunden ist und die erste Öffnung (133) des Ventilkörpers (131) mit einer in dem Lautsprecherkorb (123) ausgebildeten Öffnung fluchtet.
  12. Schallerzeuger (100) nach Anspruch 11, wobei der Ventilkörper (131) einstückig mit dem Lautsprecherkorb (123) ausgebildet ist.
  13. Schallerzeuger (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei der Lautsprecher (120) einen Lautsprecherkorb (123), eine von dem Lautsprecherkorb (123) luftdicht gehaltene Membran (122), einen von dem Lautsprecherkorb (123) gehaltenen Permanentmagneten (121) und eine von einem Schwingspulen-träger (125) getragene Schwingspule aufweist, welche Schwingspule in einem von dem Permanentmagneten (121) erzeugten magnetischen Gleichfeld angeordnet und mit der Membran (122) verbunden ist; wobei der Lautsprecherkorb (123) luftdicht mit dem Gehäuse (110) verbunden ist; und wobei die Ebene, in welcher der Lautsprecher (120) angeordnet ist, eine beliebige Ebene ist, welche orthogonal zu einer Hauptabstrahlrichtung des von dem Lautsprecher (120) emittierten Schalls und zwischen der Schwingspule und einem von der Schwingspule maximal entfernten Abschnitt der Membran (122) angeordnet ist.

14. System (200) zur Beeinflussung von in Abgasanlagen von verbrennungsmotorisch betriebenen Fahrzeugen geführten Schallwellen, aufweisend:

eine Steuerung (210), welche über eine Steuerleitung mit einer Motorsteuerung des Fahrzeugs verbindbar oder in die Motorsteuerung des Fahrzeugs integriert ist; und  
 wenigstens einen Schallerzeuger (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei der Lautsprecher (120) des wenigstens einen Schallerzeugers (100) über eine Steuerleitung mit der Steuerung (210) verbunden ist;  
 wobei die Steuerung (210) ausgebildet ist, in Abhängigkeit von Signalen, welche von der Motorsteuerung empfangen werden, ein Steuersignal zu erzeugen und über die Steuerleitung an den Lautsprecher (120) auszugeben, wobei das Steuersignal geeignet ist, in einer Abgasanlage des Fahrzeugs geführte Schallwellen teilweise oder vollständig auszulöschen, wenn der Lautsprecher (120) mit diesem Steuersignal betrieben wird.

#### Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2) EPÜ.

1. Schallerzeuger (100) zur Befestigung an einem Fahrzeug zur Beeinflussung von Geräuschen des Fahrzeugs, aufweisend:

ein Gehäuse (110);  
 einen Lautsprecher (120); und  
 wenigstens ein Druckausgleichsventil (130);  
 wobei der Lautsprecher (120) zusammen mit dem Gehäuse (110) ein Volumen (115) umschliesst;  
 wobei das Druckausgleichsventil (130) das von dem Lautsprecher (120) und dem Gehäuse umschlossene Volumen (115) mit einer Außenseite des Gehäuses (110) verbindet; und  
 wobei das Druckausgleichsventil (130) eine Ebene, in welcher der Lautsprecher (120) angeordnet ist, durchsetzt;  
 wobei das wenigstens eine Druckausgleichsventil (130) einen Ventilkörper (131) und einen Ventilkopf (132) aufweist,  
 wobei der Ventilkörper (131) ein erstes Ende aufweist, an welchem eine erste Öffnung (133) ausgebildet ist, die nach außerhalb des Gehäuses mündet, und ein zweites Ende aufweist, an welchem eine zweite Öffnung (134) ausgebildet ist, an welcher der Ventilkopf (132) gefasst ist, wobei der Ventilkopf (132) im Inneren des von dem Lautsprecher (120) und dem Gehäuse umschlossenen Volumens (115) angeordnet ist, und

wobei der Ventilkopf (132) eine Durchtrittsöffnung (135) für Luft aufweist;

**dadurch gekennzeichnet, dass**

der Ventilkörper (131) zwischen der ersten Öffnung (133) und der zweiten Öffnung (134) einen Abschnitt (137) aufweist, in dem ein Durchmesser des Ventilkörpers (131) gegenüber einem Durchmesser der ersten und/oder zweiten Öffnung (133, 134) vergrößert ist.

2. Schallerzeuger (100) nach Anspruch 1, wobei das wenigstens eine Druckausgleichsventil (130) so im Gehäuse (110) angeordnet und der Ventilkörper (131) so dimensioniert ist, dass der Ventilkopf (132) der Ebene, in welcher der Lautsprecher (120) angeordnet ist, gegenüberliegend und maximal von der Ebene, in welcher der Lautsprecher (120) angeordnet ist, beabstandet angeordnet ist.

3. Schallerzeuger (100) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die erste Öffnung (133) des Ventilkörpers (131) in der Ebene liegt, in welcher der Lautsprecher (120) angeordnet ist.

4. Schallerzeuger (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Abschnitt (137), in dem ein Durchmesser des Ventilkörpers (131) gegenüber einem Durchmesser der ersten und/oder zweiten Öffnung (133, 134) vergrößert ist, vollständig oder teilweise im Inneren des Gehäuses (110) des Schallerzeugers (100) angeordnet ist.

5. Schallerzeuger (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das vom Ventilkörper (131) zwischen der ersten Öffnung (133) und der zweiten Öffnung (134) umschlossene Volumen zwischen 1 % und 20 % oder zwischen 4 % und 15 % des von dem Lautsprecher (120) und dem Gehäuse umschlossenen Volumens (115) beträgt.

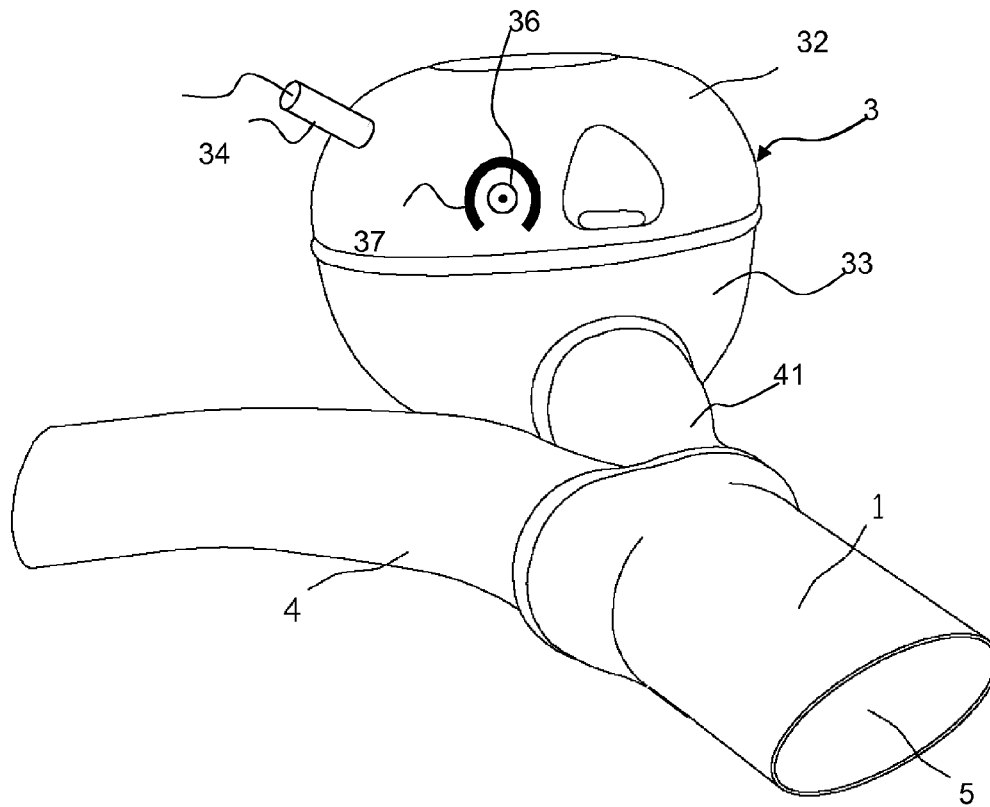
6. Schallerzeuger (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Ventilkopf (132) in seinem Inneren eine Membran (136) aufweist, welche für Luft durchlässig und für Wasser undurchlässig ist, und welche die Durchtrittsöffnung (135) verschließt.

7. Schallerzeuger (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Durchtrittsöffnung (135) des Ventilkopfs (132) eine Drossel ist, die bei einem konstanten Druckunterschied von 300 Pa einen Durchfluss von größer 2 Liter Luft/Stunde und kleiner 10 Liter Luft/Stunde oder von größer 3 Liter Luft/Stunde und kleiner 9,0 Liter Luft/Stunde oder von größer 4 Liter Luft/Stunde und kleiner 8 Liter Luft/Stunde erlaubt.

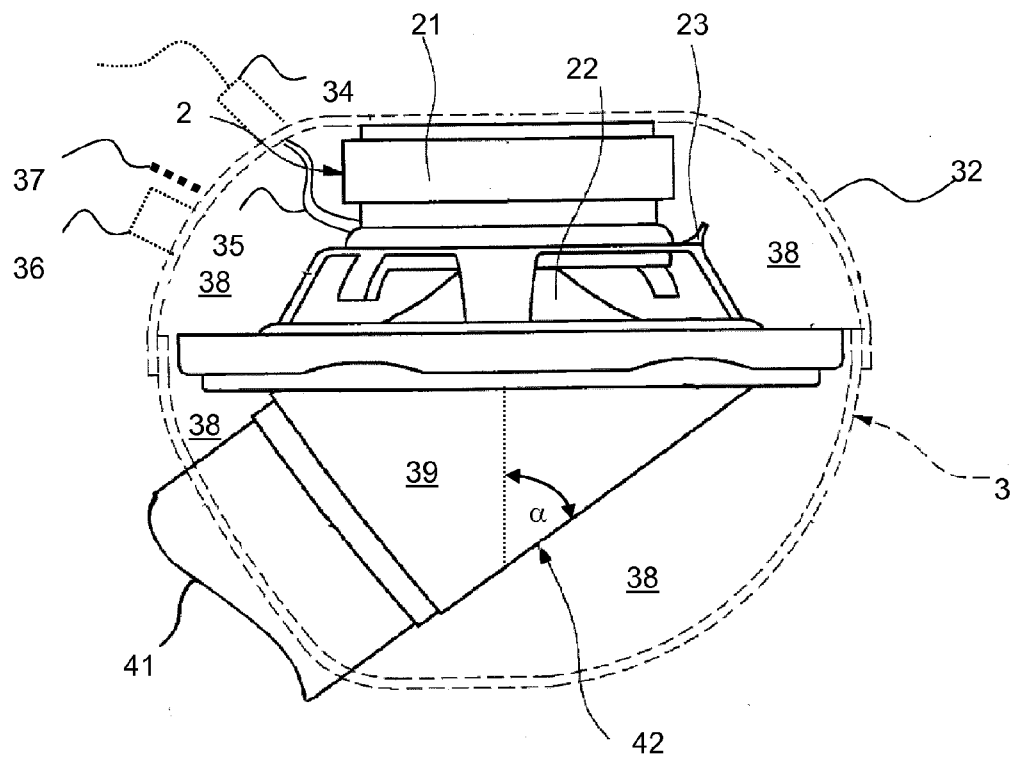
8. Schallerzeuger (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei der Ventilkörper (131) einstückig mit dem Gehäuse (110) ausgebildet ist.

9. Schallerzeuger (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
wobei der Lautsprecher (120) einen Lautsprecherkorb (123), eine von dem Lautsprecherkorb (123) luftdicht gehaltene Membran (122), einen von dem Lautsprecherkorb (123) gehaltenen Permanentmagneten (121) und eine von einem Schwingspulen-  
träger (125) getragene Schwingspule aufweist, welche Schwingspule in einem von dem Permanentmagneten (121) erzeugten magnetischen Gleichfeld angeordnet und mit der Membran (122) verbunden ist; wobei der Lautsprecherkorb (123) luftdicht mit dem Gehäuse (110) verbunden ist; und  
wobei der Lautsprecherkorb (123) vom Ventilkörper (131) durchsetzt wird oder der Ventilkörper (131) luftdicht mit dem Lautsprecherkorb (123) verbunden ist und die erste Öffnung (133) des Ventilkörpers (131) mit einer in dem Lautsprecherkorb (123) ausgebildeten Öffnung fluchtet.
10. Schallerzeuger (100) nach Anspruch 9, wobei der Ventilkörper (131) einstückig mit dem Lautsprecherkorb (123) ausgebildet ist.
11. Schallerzeuger (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 8,  
wobei der Lautsprecher (120) einen Lautsprecherkorb (123), eine von dem Lautsprecherkorb (123) luftdicht gehaltene Membran (122), einen von dem Lautsprecherkorb (123) gehaltenen Permanentmagneten (121) und eine von einem Schwingspulen-  
träger (125) getragene Schwingspule aufweist, welche Schwingspule in einem von dem Permanentmagneten (121) erzeugten magnetischen Gleichfeld angeordnet und mit der Membran (122) verbunden ist; wobei der Lautsprecherkorb (123) luftdicht mit dem Gehäuse (110) verbunden ist; und  
wobei die Ebene, in welcher der Lautsprecher (120) angeordnet ist, eine beliebige Ebene ist, welche orthogonal zu einer Hauptabstrahlrichtung des von dem Lautsprecher (120) emittierten Schalls und zwischen der Schwingspule und einem von der Schwingspule maximal entfernten Abschnitt der Membran (122) angeordnet ist.
12. System (200) zur Beeinflussung von in Abgasanlagen von verbrennungsmotorisch betriebenen Fahrzeugen geführten Schallwellen, aufweisend:
- eine Steuerung (210), welche über eine Steuerleitung mit einer Motorsteuerung des Fahrzeugs verbindbar oder in die Motorsteuerung des Fahrzeugs integriert ist; und  
wenigstens einen Schallerzeuger (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei der Lautsprecher (120) des wenigstens einen Schallerzeugers (100) über eine Steuerleitung mit der Steuerung (210) verbunden ist;

wobei die Steuerung (210) ausgebildet ist, in Abhängigkeit von Signalen, welche von der Motorsteuerung empfangen werden, ein Steuersignal zu erzeugen und über die Steuerleitung an den Lautsprecher (120) auszugeben, wobei das Steuersignal geeignet ist, in einer Abgasanlage des Fahrzeugs geführte Schallwellen teilweise oder vollständig auszulöschen, wenn der Lautsprecher (120) mit diesem Steuersignal betrieben wird.

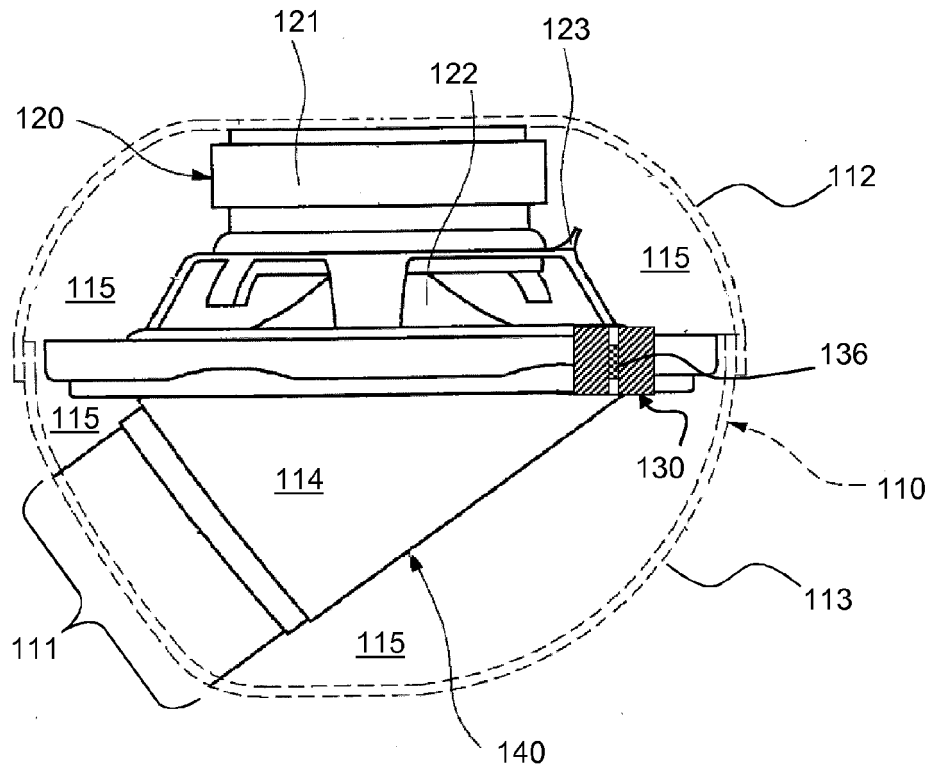


**Figur 1A - Stand der Technik**



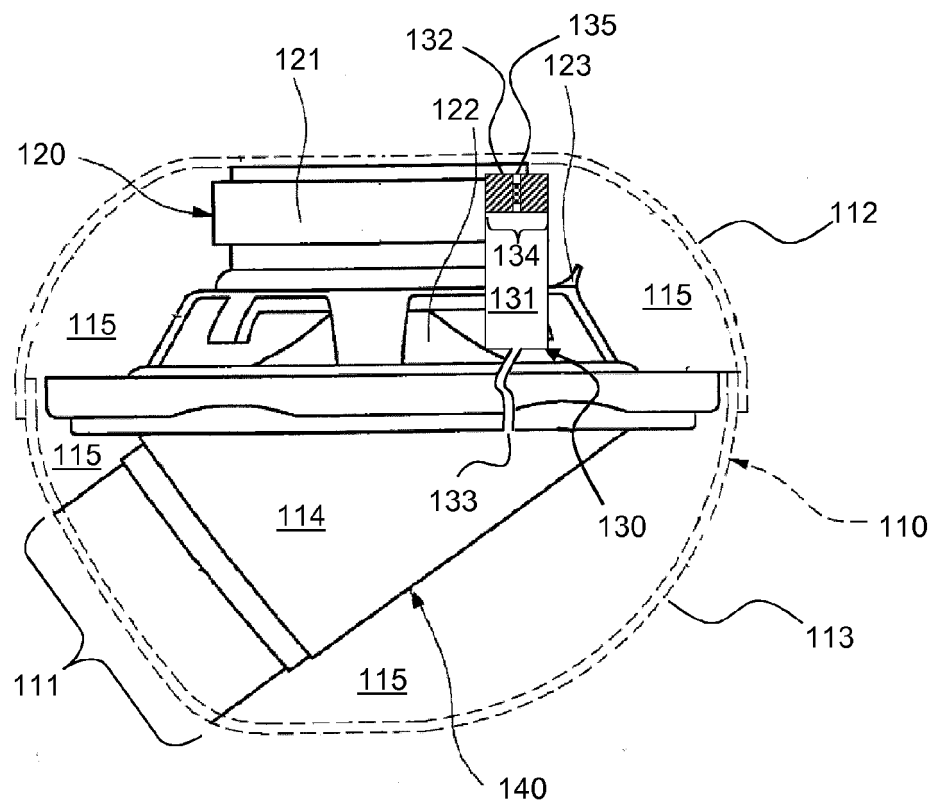
**Figur 1B - Stand der Technik**

100

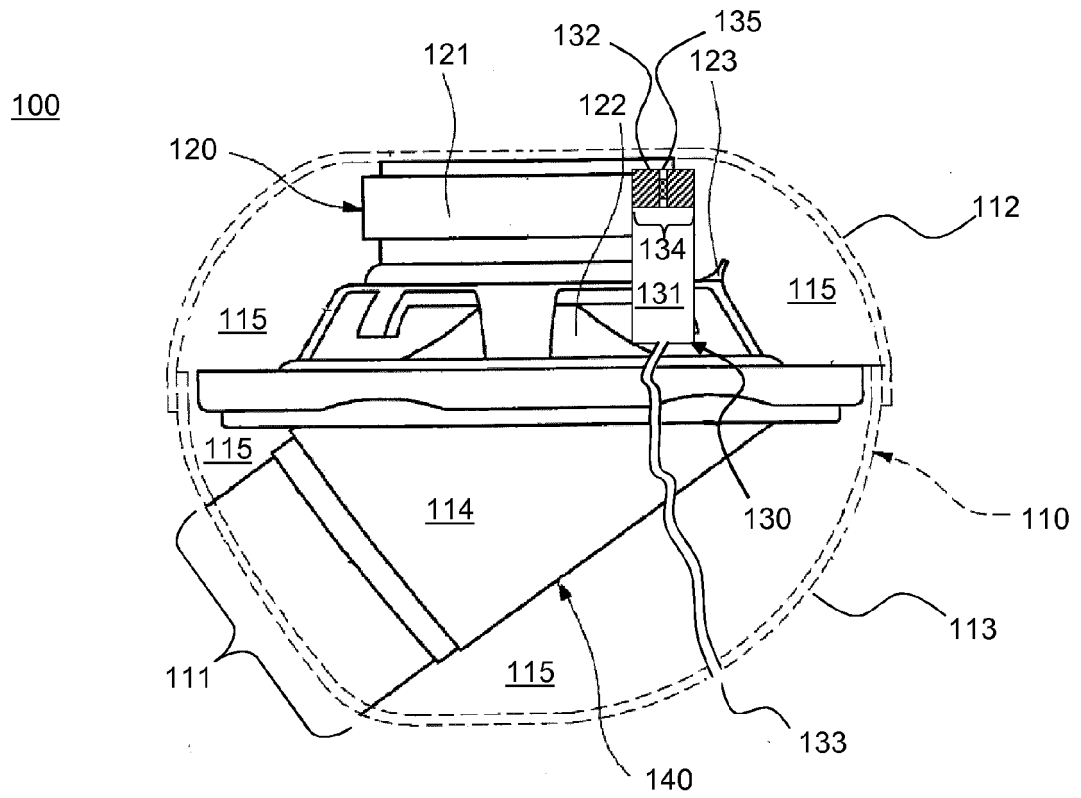


**Figur 2A**

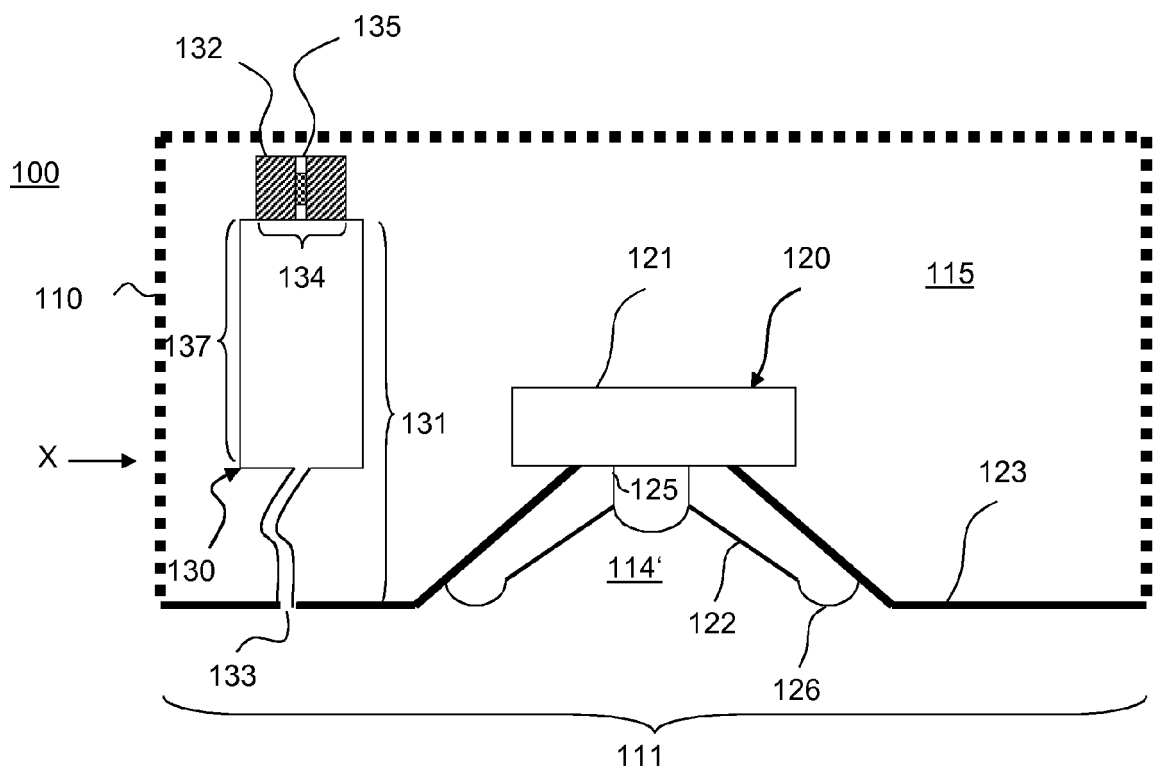
100



**Figur 2B**

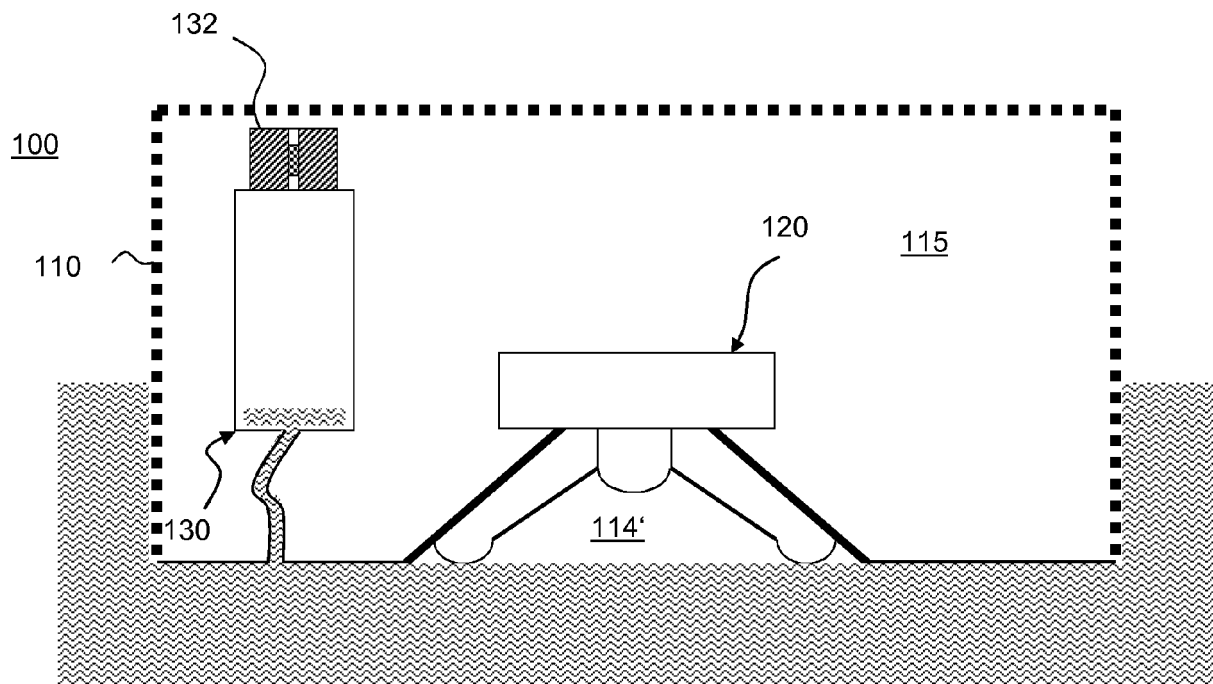


**Figur 2C**

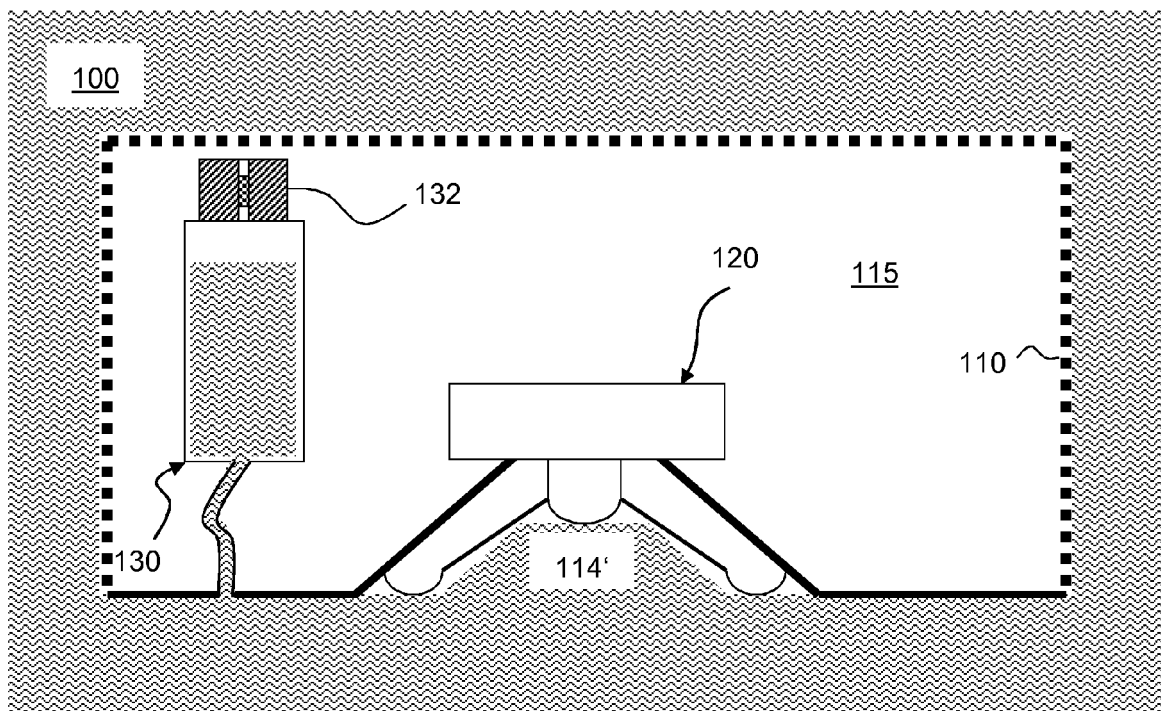


**Figur 3A**

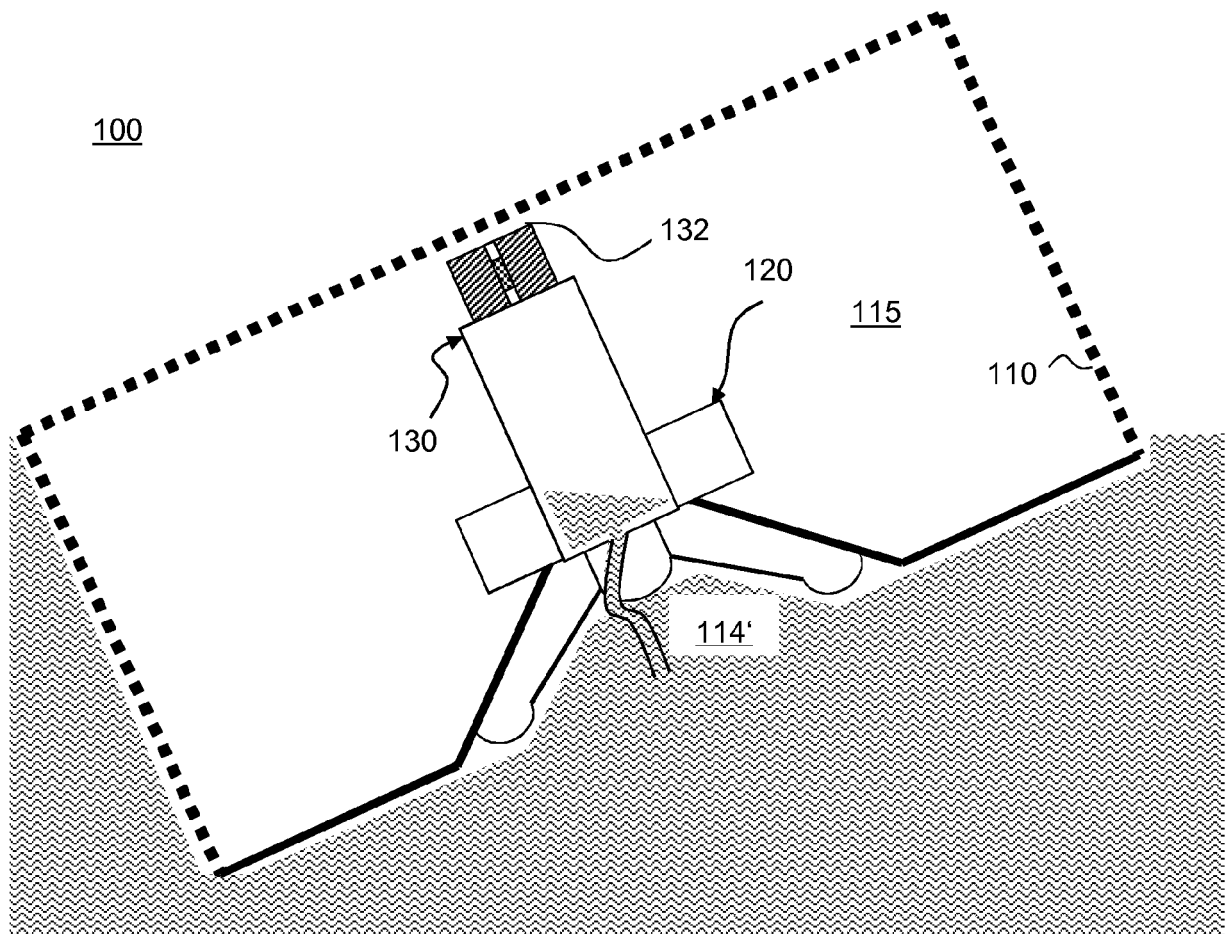




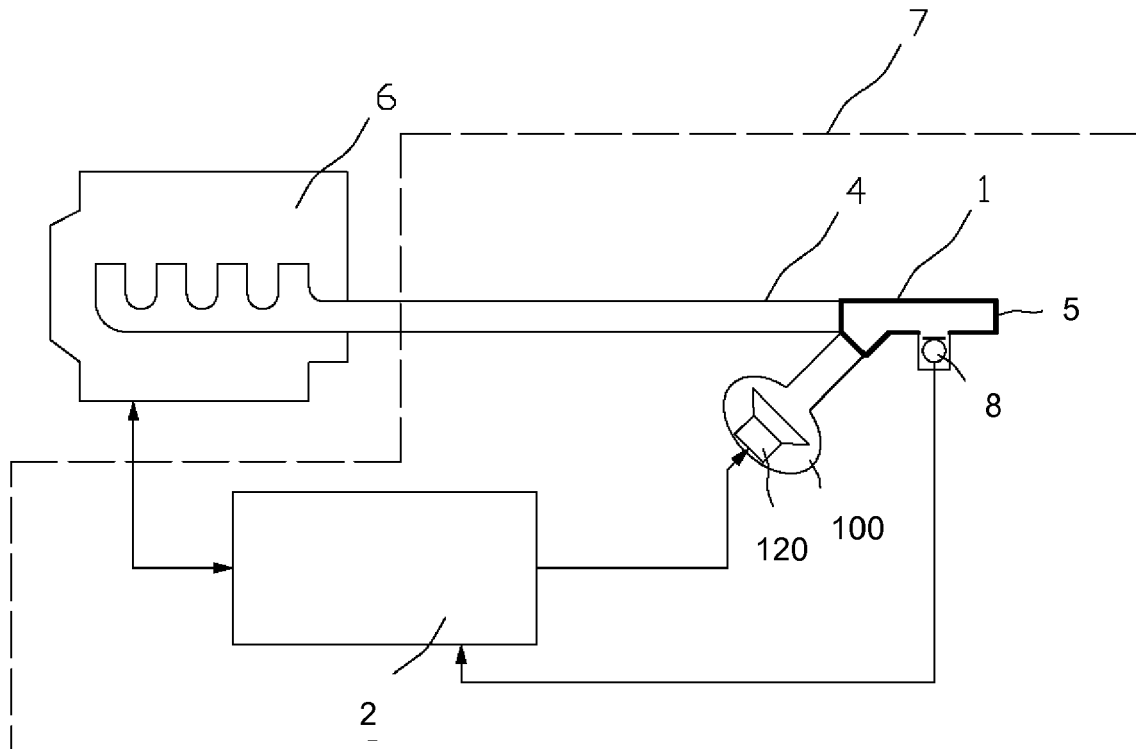
Figur 3B



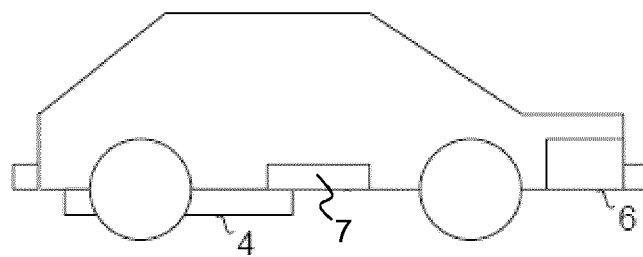
Figur 3C



Figur 3D



**Figur 4**



**Figur 5**



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung  
EP 16 19 5879

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 2 623 737 A1 (EBERSPAECHER EXHAUST TECH GMBH [DE]) 7. August 2013 (2013-08-07)  * Spalte 3, Zeile 57 - Spalte 4, Zeile 7 * * Spalte 9, Zeile 42 - Zeile 52; Abbildungen 1,2 *	1-4, 7-10,13, 14	INV. F01N1/06 F01N13/18
X	WO 94/22403 A1 (NOISE CANCELLATION TECH [US]) 13. Oktober 1994 (1994-10-13) * Anspruch 1; Abbildung 2 *	1,2,11, 12,14	
A	EP 2 607 640 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 26. Juni 2013 (2013-06-26) * Absatz [0071]; Abbildungen 1,4 *	1,2,5,6, 14	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F01N
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>München</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>2. Februar 2017</b>	Prüfer <b>Zebst, Marc</b>
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 16 19 5879

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

02-02-2017

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2623737 A1	07-08-2013	CN 103266933 A	28-08-2013
		DE 102012201725 A1	08-08-2013
		EP 2623737 A1	07-08-2013
		JP 5726219 B2	27-05-2015
		JP 2013160231 A	19-08-2013
		US 2013202148 A1	08-08-2013
-----			
WO 9422403 A1	13-10-1994	KEINE	
-----			
EP 2607640 A1	26-06-2013	DE 102011089283 A1	20-06-2013
		EP 2607640 A1	26-06-2013
-----			

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- US 4177874 A [0007]
- US 5229556 A [0007]
- US 5233137 A [0007]
- US 5343533 A [0007]
- US 5336856 A [0007]
- US 5432857 A [0007]
- US 5600106 A [0007]
- US 5619020 A [0007]
- EP 0373188 A [0007]
- EP 0674097 A [0007]
- EP 0755045 A [0007]
- EP 0916817 A [0007]
- EP 1055804 A [0007]
- EP 1627996 A [0007]
- DE 19751596 [0007]
- DE 102006042224 [0007]
- DE 102008018085 [0007]
- DE 102009031848 [0007]
- DE 102013208186 A1 [0014]