



(10) **DE 10 2009 040 264 A1** 2011.03.10

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2009 040 264.0**

(22) Anmeldetag: **04.09.2009**

(43) Offenlegungstag: **10.03.2011**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G01S 7/521 (2006.01)**

**H04R 17/00 (2006.01)**

**B60R 19/48 (2006.01)**

(71) Anmelder:  
**Volkswagen AG, 38440 Wolfsburg, DE**

(72) Erfinder:  
**Schmidt, Knut, 38550 Isenbüttel, DE; Täger, Olaf, Dr., 01324 Dresden, DE; Kolmer, Holger, 38550 Isenbüttel, DE; Eppers, Jörg, 38550 Isenbüttel, DE; Kruse, Frank, 38106 Braunschweig, DE; Kunzmann, Jan, Dr., 09126 Chemnitz, DE; Daue, Thomas, Sarasota, Fla., US**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

**DE 10 2008 016558 A1**

**DE 10 2006 044656 A1**

**DE 10 2006 034997 A1**

**DE 197 58 075 A1**

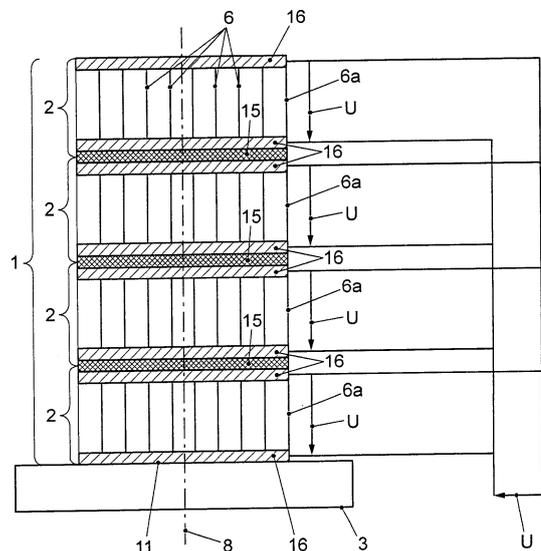
**US 35 21 090 A**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Erzeugung oder zum Empfang von Ultraschallwellen sowie Ultraschallmessvorrichtung und Fahrzeug**

(57) Zusammenfassung: Ein länglicher Ultraschallwandler (1) ist derart mit einem flächigen Bauteil (3) eines Fahrzeugs (10) gekoppelt, dass eine Längsachse (8) des Ultraschallwandlers (1) im Wesentlichen senkrecht zu einer Fläche (11) des Bauteils (3) angeordnet ist, an welcher der Ultraschallwandler (1) mit dem Bauteil (3) gekoppelt ist. Durch die Kopplung zwischen dem Ultraschallwandler (1) und dem Bauteil (3) werden zur Erzeugung von Ultraschallwellen bei aktivem Ultraschallwandler (1) Dickenschwingungen (9) des Bauteils (3) verursacht oder zum Empfang von Ultraschallwellen Dickenschwingungen des Bauteils (3) von dem Ultraschallwandler (1) in elektrische Signale gewandelt.



**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft zum einen ein Verfahren und eine Vorrichtung, um Ultraschallwellen zu erzeugen, und zum anderen ein Verfahren und eine Vorrichtung, um Ultraschallwellen zu empfangen und auszuwerten. Darüber hinaus wird eine Ultraschallmessvorrichtung beschrieben, bei welcher insbesondere dieselbe Vorrichtung zur Erzeugung und zum Empfang von Ultraschallwellen eingesetzt wird. Schließlich wird ein Fahrzeug mit einer oder mit mehreren dieser erfindungsgemäßen Vorrichtungen offenbart.

**[0002]** Die DE 10 2005 046 173 A1 betrifft einen Ultraschallwandler, der verdeckt eingebaut und somit nach außen nicht sichtbar ist.

**[0003]** Die DE 10 2006 044 656 A1 beschreibt eine Konstruktion zur Befestigung eines Ultraschallsensors beispielsweise an der Stoßstange eines Fahrzeugs.

**[0004]** Die DE 103 61 316 A1 betrifft eine Ultraschallwandlervorrichtung insbesondere für ein Parklückenvermessungssystem bei einem Kraftfahrzeug.

**[0005]** Die DE 10 2006 038 598 A1 beschreibt ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Ultraschallerzeugung.

**[0006]** Die DE 10 2008 018 110 A1 beschreibt einen flächigen Ultraschallwandler, welcher mit einem Piezokeramikfaser-Verbundstoff aufgebaut ist.

**[0007]** Nach dem Stand der Technik in Serie verbauten Ultraschall-Messsysteme, beispielsweise für eine Einparkhilfe, basieren auf dünnen kreisrunden Piezokeramik-Scheiben, welche auf einen Boden einer tonnenförmigen Metallkappe aufgebracht werden. In dieser Metallkappe ist in der Regel zusätzlich eine Elektronik zur sensornahen Analyse der Signale verbaut und vergossen. Über die kreisförmigen Piezokeramikscheiben wird ein Luft-Ultraschallfeld abgestrahlt, welches beim Auftreffen auf ein Hindernis reflektiert und von der gleichen Piezokeramikscheibe sensiert wird. Aus der Laufzeit des reflektierten Signals lässt sich der Abstand eines Hindernisses berechnen.

**[0008]** Zur optimalen Wirkungsweise sind diese Ultraschall-Sensoren meist an einer Position eines Stoßfängers eines Fahrzeugs mit der größten Ausbauchung montiert. Damit liegen die Ultraschall-Sensoren im lackierten Bereich des Stoßfängers. Bei zweigeteilten Stoßfängern ist unter Umständen auch eine Positionierung im unteren, nicht lackierten Bereich möglich. Damit in diesem Fall aber eine gerichtete Wirkungsweise parallel zur Fahrbahn möglich ist, müssen hier noch entsprechende Hutzen an den un-

teren Stoßfängerabschnitt angeformt werden, welche das optische Erscheinungsbild des Fahrzeugs noch stärker negativ beeinträchtigen.

**[0009]** Bei einem Herstellungsprozess nach dem Stand der Technik werden die zugelieferten Sensoren und deren Halter in der entsprechenden Fahrzeugfarbe vorlackiert oder verchromt. In der Produktion werden Befestigungslöcher an dem Stoßfänger ausgestanzt, die vorlackierten Halter eingeklebt und die ebenfalls vorlackierten Sensoren im Halter (zusammen mit einem Kunststoffring zur akustischen Entkopplung des Sensors vom Stoßfänger) eingeklebt.

**[0010]** Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht daher darin, die für einen Ultraschallsensor notwendigen Ultraschallwellen derart zu erzeugen und/oder zu empfangen, dass eine entsprechende Vorrichtung das äußere Erscheinungsbild eines Fahrzeugs, an welchem diese Vorrichtung angebracht ist, nicht negativ beeinflusst.

**[0011]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren zur Erzeugung von Ultraschallwellen, insbesondere für ein Fahrzeug nach Anspruch 1, durch ein Verfahren zum Empfang von Ultraschallwellen, insbesondere für ein Fahrzeug nach Anspruch 3, durch eine Vorrichtung zur Erzeugung von Ultraschallwellen für ein Fahrzeug nach Anspruch 5, durch eine Vorrichtung zum Empfang von Ultraschallwellen für ein Fahrzeug nach Anspruch 6, durch eine Ultraschallmessvorrichtung nach Anspruch 17 und durch ein Fahrzeug nach Anspruch 19 gelöst. Die abhängigen Ansprüche definieren bevorzugte und vorteilhafte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung.

**[0012]** Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zur Erzeugung von Ultraschallwellen, insbesondere für ein Fahrzeug bereitgestellt. Dabei wird ein länglicher Ultraschallwandler derart mit einem flächigen Bauteil (z. B. mit einem Stoßfänger des Fahrzeugs) gekoppelt, dass eine Längsachse des Ultraschallwandlers im Wesentlichen senkrecht zu einer Fläche des Bauteils oder parallel zu einer Flächennormalen dieser Fläche des Bauteils angeordnet ist, wobei der Ultraschallwandler an dieser Fläche mit dem Bauteil gekoppelt ist. Durch die Kopplung zwischen dem Ultraschallwandler und dem Bauteil werden bei einem aktiven oder eingeschalteten Ultraschallwandler lokale Dickenschwingungen des Bauteils verursacht, wobei diese Dickenschwingungen durch eine Kopplung des schwingenden Bauteils mit der angrenzenden Luft die Ultraschallwellen erzeugen.

**[0013]** Dabei wird unter einem länglichen Ultraschallwandler ein Ultraschallwandler verstanden, dessen Längenabmessung größer als seine Breiten-

oder Tiefenabmessung ist. Unter der Aussage, dass die Längsachse des Ultraschallwandlers im Wesentlichen senkrecht zu der Fläche des Bauteils angeordnet ist, wird verstanden, dass ein Winkel, welchen die Längsachse des Ultraschallwandlers und die Flächennormale der Fläche des Bauteils ausbilden, kleiner als  $10^\circ$  ist. Wenn das Bauteil allerdings an derjenigen Stelle, an welcher der Ultraschallwandler mit dem Bauteil zu koppeln ist, eine starke Rundung aufweist, kann dieser Winkel noch größer ausfallen. Wichtig ist dabei insbesondere, dass der Ultraschallwandler derart angeordnet wird, dass seine Längsachse parallel zur Fahrbahn liegt, auf welcher das Fahrzeug fährt.

**[0014]** Durch den länglichen Ultraschallwandler können lokale Dickenschwingungen des Bauteils erzeugt werden, was im Gegensatz zum Stand der Technik (siehe z. B. DE 10 2006 038 598 A1) steht, wobei Ultraschallwellen durch sich z. B. im Stoßfänger ausbreitende bzw. laufende Biege-Wellen oder Biegeschwingungen einer Stoßfängeroberfläche erzeugt werden. Durch die sich erfindungsgemäß ergebenden lokalen Dickenschwingungen, welche durch die Einleitung von Schwingungen senkrecht zur Oberfläche des zu durchschallenden Bauteils erzeugt werden, ergibt sich eine im Vergleich zum Stand der Technik verbesserte Abstrahlcharakteristik der Ultraschallkeule, womit auch eine Durchschallung von Kunststoff und flächigen Metallstrukturen möglich ist. Darüber hinaus ist eine verdeckte Anbringung einer gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren ausgestalteten Ultraschall-Erzeugungsvorrichtung möglich, wodurch eine negative Beeinflussung des äußeren Erscheinungsbildes des Fahrzeugs vermieden wird. Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass durch die eingesetzten lokalen Dickenschwingungen ein unerwünschtes Auftreten von sich lateral im Bauteil ausbreitenden Dehnungs- bzw. Biege-Wellen deutlich reduziert wird.

**[0015]** Dabei wird z. B. eine Platte oder ein flächiges Bauteil, welches periodische Signale eines physikalischen Energieträgers (hier der Ultraschallwandler) in frequenzgleiche und amplitudenproportionale lokale Verschiebungen der Platte bzw. des flächigen Bauteils senkrecht zur Bauteil-/Plattenoberfläche als Dickenschwinger bezeichnet. Die laterale Ausbreitung dieser Oberflächenverschiebungen entspricht dabei ungefähr der lateralen Abmessung des Energieträgers. Dickenschwingungen lösen sich dabei durch Kopplung mit der angrenzenden Luft zu einem gewissen Anteil als Luft-Schallwellen ab.

**[0016]** Insbesondere werden durch die vorliegende Erfindung über eine in der Länge des Ultraschallwandlers stattfindende Ausdehnung dynamische Kräfte im Wesentlichen senkrecht zu der Fläche des Bauteils in dasselbe eingeleitet.

**[0017]** Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird auch ein Verfahren zum Empfang von Ultraschallwellen für ein Fahrzeug bereitgestellt. Dabei wird in ähnlicher Weise wie bei dem Verfahren zur Erzeugung von Ultraschallwellen ein länglicher Ultraschallwandler derart mit einem flächigen Bauteil (z. B. mit einem Stoßfänger) des Fahrzeugs gekoppelt, dass eine Längsachse des Ultraschallwandlers im Wesentlichen senkrecht zu einer Fläche des Bauteils oder parallel zu einer Flächennormalen dieser Fläche des Bauteils angeordnet ist, wobei der Ultraschallwandler an dieser Fläche mit dem Bauteil gekoppelt ist. Durch die Kopplung zwischen dem Ultraschallwandler und dem Bauteil werden lokale Dickenschwingungen des Bauteils von dem Ultraschallwandler erfasst und in elektrische Signale (z. B. eine elektrische Spannung) gewandelt.

**[0018]** Dabei muss der Ultraschallwandler sowohl bei der Ultraschallerzeugung als auch bei dem Ultraschallempfang nicht als ein massiver monolithischer Block ausgebildet sein, sondern der Ultraschallwandler kann aus mehreren Scheiben aufgebaut werden, welche entlang der Längsachse des Ultraschallwandlers übereinander angeordnet werden, so dass eine Mittelachse der jeweiligen Scheibe im Wesentlichen mit der Längsachse des Ultraschallwandlers zusammenfällt. Dabei ist zumindest eine Scheibe dieser mehreren Scheiben (am besten aber alle Scheiben) aus einer monolithischen Piezokeramik oder aus einem Piezokeramikfaser-Verbundstoff ausgebildet, wobei die Piezofasern dieses Piezokeramikfaser-Verbundstoffs parallel zu der Längsachse des Ultraschallwandlers ausgebildet werden. Die Dicken der einzelnen Scheiben können dabei unterschiedlich sein. Die Gesamtlänge des schwingenden Ultraschallwandlers kann dabei auf die Frequenz der abgestrahlten Luft-Ultraschallwelle angepasst werden, indem für eine vorgegebene Frequenz der Luft-Ultraschallwelle die Gesamtlänge abhängig von der Materialdichte und der Steifigkeit des Ultraschallwandlers bestimmt wird.

**[0019]** Durch die Aufteilung des Ultraschallwandlers in mehrere Scheiben, kann die zur Ansteuerung des Ultraschallwandlers notwendige elektrische Spannung reduziert werden, da die Scheiben insbesondere zur Ultraschallerzeugung mittels einer Parallelschaltung mit elektrischer Spannung versorgt werden, so dass die Spannung, mit der die einzelne Scheibe versorgt oder angesteuert wird, umso geringer ist, je höher die Anzahl der Scheiben ist, aus welchen der Ultraschallwandler aufgebaut ist.

**[0020]** Für den Empfang von Ultraschallwellen ist es dagegen vorteilhaft, wenn die hintereinander angeordneten Piezoscheiben elektrisch in Reihe verschaltet sind, so dass sich die elektrischen Spannungen, welche beim Empfang der Ultraschallwellen von den

einzelnen Piezoscheiben erzeugt werden, aufsummieren.

**[0021]** Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird auch eine Vorrichtung zur Erzeugung von Ultraschallwellen, insbesondere für ein Fahrzeug bereitgestellt. Dabei umfasst die Vorrichtung ein flächiges Bauteil (z. B. einen Stoßfänger eines Fahrzeugs) und einen länglichen Ultraschallwandler. Wie vorab bereits bei dem erfindungsgemäßen Verfahren beschrieben ist, ist die Längsachse des Ultraschallwandlers im Wesentlichen senkrecht zu derjenigen Fläche des Bauteils angeordnet, an welcher der Ultraschallwandler mit dem Bauteil in Verbindung steht. Die Verbindung zwischen dem Ultraschallwandler und dem Bauteil ist dabei derart ausgestaltet, dass Dickenschwingungen des Bauteils erzeugt werden, wenn sich der Ultraschallwandler in Betrieb befindet. Über diese lokalen Dickenschwingungen des Bauteils werden Ultraschallwellen in Luft erzeugt.

**[0022]** Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird ebenfalls eine Vorrichtung zum Empfang von Ultraschallwellen für ein Fahrzeug bereitgestellt. Dabei umfasst die Vorrichtung ein flächiges Bauteil (z. B. einen Stoßfänger) eines Fahrzeugs und einen länglichen Ultraschallwandler. Wie vorab bereits bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Erzeugung von Ultraschall beschrieben ist, ist die Längsachse des Ultraschallwandlers im Wesentlichen senkrecht zu derjenigen Fläche des Bauteils angeordnet, an welcher der Ultraschallwandler mit dem Bauteil in Verbindung steht. Die Verbindung zwischen dem Ultraschallwandler und dem Bauteil ist dabei derart ausgestaltet, dass Dickenschwingungen des Bauteils von dem Ultraschallwandler erfasst und in elektrische Signale umgesetzt werden können.

**[0023]** Es sei darauf hingewiesen, dass erfindungsgemäß derselbe Ultraschallwandler zur Erzeugung von Ultraschallwellen sowie zum Empfang und zur Auswertung von Ultraschallwellen eingesetzt werden kann. In diesem Fall handelt es sich insbesondere um dieselbe Vorrichtung, welche sowohl Ultraschallwellen erzeugt als auch Ultraschallwellen erfasst und umwandelt bzw. auswertet. Bei der Erzeugung der Ultraschallwellen wandelt der Ultraschallwandler vorteilhafterweise eine an ihm anliegende elektrische Spannung in eine Verformung des Ultraschallwandlers insbesondere in Längsrichtung um. Beim Empfang und der Auswertung der Ultraschallwellen wandelt der Ultraschallwandler vorteilhafterweise eine durch die Ultraschallwellen über das Bauteil an ihm verursachte Verformung insbesondere in eine elektrische Spannung um.

**[0024]** Die Vorteile der erfindungsgemäßen Vorrichtungen zur Erzeugung und zum Empfang von Ultraschallwellen entsprechen im Wesentlichen den Vorteilen der entsprechenden erfindungsgemäßen Ver-

fahren, weshalb hier auf eine Wiederholung verzichtet wird.

**[0025]** Der Ultraschallwandler kann dabei entweder ein massiver monolithischer Piezoblock sein oder aus mehreren Piezoscheiben aufgebaut sein, wobei diese Piezoscheiben Scheibenfläche an Scheibenfläche übereinander entlang der Längsachse des Ultraschallwandlers angeordnet sind.

**[0026]** Während der massive monolithische Piezoblock den Vorteil aufweist, dass er nur mit einer, wenn auch mit einer großen, Spannung versorgt werden muss, weist der aus mehreren Piezoscheiben aufgebaute Ultraschallwandler den Vorteil auf, dass die einzelne Scheibe mit einer im Vergleich zum Piezoblock geringen Spannung angesteuert werden muss, wie es vorab bereits beschrieben ist.

**[0027]** Wenn der Ultraschallwandler aus mehreren Piezoscheiben aufgebaut ist, ist es vorteilhaft, wenn zumindest eine oder alle dieser Piezoscheiben aus einem Piezokeramikfaser-Verbundstoff ausgebildet sind.

**[0028]** Damit der längliche Ultraschallwandler, welcher auch als stabförmiges Piezoelement bezeichnet werden kann, einen möglichst großen Anteil einer von ihm erzeugten Kraft in das Bauteil einleiten kann, ist es vorteilhaft, wenn die Ultraschall-Erzeugungsvorrichtung eine becherförmige Abstützvorrichtung umfasst. Dabei ist die offene Seite der becherförmigen Abstützvorrichtung bündig mit dem Bauteil verbunden während der Ultraschallwandler an der geschlossenen Seite der becherförmigen Abstützvorrichtung angebracht ist. Mit anderen Worten ist der Rand der offenen Seite der becherförmigen Abstützvorrichtung mit dem Bauteil verbunden, und der Ultraschallwandler ist an dem Boden der becherförmigen Abstützvorrichtung angebracht. Gleichzeitig ist der Ultraschallwandler an der offenen Seite der Abstützvorrichtung kraftschlüssig mit dem Bauteil verbunden.

**[0029]** Die Abstützvorrichtung kann allerdings auch eine oder mehrere Aussparungen oder Öffnungen aufweisen, so dass die Abstützvorrichtung beispielsweise die Form eines Bügels oder eines in Kreuzform angebrachten Doppelbügels aufweist, wobei die offenen Enden des Bügels mit dem Bauteil verbunden sind und der Ultraschallwandler von der Mitte des Bügels abgestützt wird. Die Ausbildung der Abstützvorrichtung (z. B. bügelförmig, becherförmig) und die Art der Ankopplung des Ultraschallwandlers an das Bauteil sowie die Art der Ankopplung des Ultraschallwandlers an die Abstützvorrichtung beeinflusst dabei die Abstrahleigenschaften der Ultraschallwellen, was den Schallpegel einschließt.

**[0030]** Damit sich eine Längenausdehnung des Ultraschallwandlers aufgrund des Piezoeffektes im We-

sentlichen auf das Bauteil (und nicht auf die Abstützvorrichtung) auswirkt, ist es vorteilhaft, wenn die Steifigkeit der Abstützvorrichtung höher als die Steifigkeit der zu verformenden Membranfläche, also des Bauteils, ist.

**[0031]** Durch die Anordnung einer passiven Zwischenlage oder Zwischenschicht zwischen Ultraschallwandler und Bauteil oder durch eine entsprechend ausgestaltete Ausbildung einer Verbindungsstelle zwischen dem Ultraschallwandler und dem Bauteil lässt sich die Einleitung der Schwingungen von dem Ultraschallwandler in das Bauteil (oder von dem Bauteil in den Ultraschallwandler) und damit die Ultraschallabstrahlung von dem Bauteil (oder die Erfassung reflektierter Ultraschallwellen mittels des Ultraschallwandlers) günstig beeinflussen.

**[0032]** Das Bauteil, mittels welchem die Ultraschallwellen erzeugt und/oder empfangen werden, kann aus Metall, Kunststoff, einem faserverstärkten Kunststoff oder aus Glas oder aus Kombinationen davon hergestellt sein.

**[0033]** Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird auch eine Ultraschallmessvorrichtung (z. B. eine Ultraschallabstandsmessvorrichtung) bereitgestellt, welche eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Erzeugung von Ultraschall und/oder eine erfindungsgemäße Vorrichtung zum Empfang von Ultraschall umfasst. Mit anderen Worten existieren folgende Varianten für die erfindungsgemäße Ultraschallmessvorrichtung:

- Die Ultraschallmessvorrichtung umfasst eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Erzeugung von Ultraschall und eine nicht erfindungsgemäße Vorrichtung zum Empfang von Ultraschall.
- Die Ultraschallmessvorrichtung umfasst eine nicht erfindungsgemäße Vorrichtung zur Erzeugung von Ultraschall und eine erfindungsgemäße Vorrichtung zum Empfang von Ultraschall.
- Die Ultraschallmessvorrichtung umfasst sowohl eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Erzeugung von Ultraschall als auch eine erfindungsgemäße Vorrichtung zum Empfang von Ultraschall. Bei dieser letzten Variante sind zwei Untervarianten möglich. Zum einen kann die erfindungsgemäße Ultraschallmessvorrichtung zwei verschiedene Vorrichtungen (eine zur Erzeugung von Ultraschall und eine zum Empfang von Ultraschall) umfassen. Zum anderen ist es möglich, dass die Vorrichtung zur Erzeugung von Ultraschall und die Vorrichtung zum Empfang von Ultraschall ein und dieselbe Vorrichtung ist. Bei der letzteren Untervariante wird der Ultraschallwandler vorteilhafterweise zum einen zur Erzeugung der Ultraschallwellen mittels lokaler Dickenschwingungen des Bauteils

und zum anderen auch zur Erfassung von reflektierten Ultraschallwellen, welche über das Bauteil zu dem Ultraschallwandler geleitet werden, eingesetzt.

**[0034]** Eine erfindungsgemäße Ultraschallmessvorrichtung kann auch mehrere Vorrichtungen zur Erzeugung von Ultraschall und mehrere Vorrichtungen zum Empfang von Ultraschall umfassen. Dabei umfasst die Ultraschallmessvorrichtung insbesondere mehrere Ultraschallwandler in beliebigen Abständen, welche situativ in Kombination mit einer entsprechenden Steuerungselektronik sowohl als Ultraschall-Erzeuger als auch als Ultraschall-Empfänger genutzt werden können.

**[0035]** Schließlich wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung auch ein Fahrzeug bereitgestellt, welches eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Erzeugung von Ultraschall und/oder eine erfindungsgemäße Vorrichtung zum Empfang von Ultraschall und/oder eine erfindungsgemäße Ultraschallmessvorrichtung umfasst.

**[0036]** Basis der vorliegenden Erfindung ist der Einsatz eines länglichen Ultraschallwandlers, welcher insbesondere mittels eines Piezokeramikfaser-Verbundstoffs aufgebaut ist. Ein solcher Ultraschallwandler kann aufgrund seines Aufbaus so viel akustische Leistung erzeugen, dass er nicht direkt an die Luft ankoppeln muss. Die Ultraschallabstrahlung in Luft entsteht vielmehr dadurch, dass die Piezokeramikelemente oder Piezokeramikfasern zunächst das Bauteil-Material zu Körperschall-Wellen anregt und dieses Bauteil-Material dann über die Luft-Strukturkopplung (vibroakustische Kopplung) den Ultraschall in die Luft abstrahlt.

**[0037]** Die vorliegende Erfindung ist insbesondere zur Erzeugung von Ultraschallwellen bei einem Fahrzeug geeignet. Selbstverständlich ist die vorliegende Erfindung nicht auf diesen bevorzugten Anwendungsbereich beschränkt, da die vorliegende Erfindung auch in allgemeiner Form (ohne ein Fahrzeug) zur verdeckten Ultraschall-Abstrahlung über Kunststoffmembrane, Metalle, faserverstärkte Kunststoffe oder auch Glas eingesetzt werden kann. Darüber hinaus ist ein Einsatz der vorliegenden Erfindung auch bei Flugzeugen, Schiffen oder gleisgebundenen Fahrzeugen denkbar.

**[0038]** Im Folgenden wird die vorliegende Erfindung anhand bevorzugter erfindungsgemäßer Ausführungsformen mit Bezug auf die Figuren im Detail beschrieben.

**[0039]** In Fig. 1 wird die Erzeugung von Dickenschwingungen aufgrund einer Längsdehnung in einem länglichen Piezoelement bzw. Ultraschallwandler dargestellt.

[0040] **Fig. 2** stellt schematisch einen aus mehreren Piezoscheiben aufgebauten Ultraschallwandler dar.

[0041] In **Fig. 3a** bis **Fig. 3d** sind verschiedene Varianten einer steifen rückwärtigen Abstützung eines stabförmigen Piezoelements bzw. Ultraschallwandlers zur verbesserten Krafteinleitung in eine Stoßfängerhaut dargestellt.

[0042] **Fig. 4** stellt schematisch ein erfindungsgemäßes Fahrzeug mit erfindungsgemäßen Vorrichtungen zur Erzeugung bzw. zum Empfang von Ultraschall an beispielhaften Stellen dar.

[0043] In **Fig. 1a** ist eine erfindungsgemäße Vorrichtung **7** zur Erzeugung und/oder zum Empfang von Ultraschallwellen dargestellt, welche einen länglichen Ultraschallwandler **1** und ein Fahrzeugbauteil (z. B. einen Stoßfänger) **3** umfasst. Dabei ist der Ultraschallwandler **1** an dem Stoßfänger **3** angebracht. Wenn die Längenausdehnung **9** des Ultraschallwandlers **1** aufgrund des Piezoeffektes verändert wird, werden dadurch dynamische Kräfte in den Stoßfänger eingeleitet, wodurch Dickenschwingungen des Stoßfängers **3** erzeugt werden, wodurch wiederum Ultraschallwellen **4** erzeugt werden, wie es in **Fig. 1b** dargestellt ist.

[0044] In **Fig. 2** ist der längliche Ultraschallwandler **1**, welcher auch als Piezoelement bezeichnet wird, dargestellt. Der Ultraschallwandler **1** ist aus mehreren Piezoscheiben **2** aufgebaut, welche derart übereinander angeordnet sind, dass eine Mittelachse (nicht dargestellt) der jeweiligen Piezoscheibe **2** mit einer Mittellängsachse **8** des Ultraschallwandlers **1** zusammenfällt. Dabei wird jede Piezoscheibe von einer elektrischen Kontaktierungsschicht **16** begrenzt, über welche der elektrische Anschluss erfolgt. Zur Isolierung befindet sich zwischen zwei benachbarten Kontaktierungsschichten **16** jeweils eine elektrische Isolierungsschicht **15**.

[0045] Diese mechanische Reihenschaltung von Piezoscheiben **2** wird über eine elektrische Parallelschaltung der Piezoscheiben **2** derart angesteuert, dass jede Piezoscheibe **2** eine Ansteuerspannung  $U$  aufweist, wie es in **Fig. 2** dargestellt ist. Durch eine Änderung dieser Spannung  $U$  wird durch den Piezoeffekt die Ausdehnung der entsprechenden Piezoscheibe **2** in Richtung der Längsachse **8** entsprechend der Spannungsänderung verändert. Durch die dargestellte mechanische Reihenschaltung der Piezoscheiben **2** und durch die entsprechende elektrische parallele Ansteuerung addieren sich die Längenausdehnungen der Piezoscheiben **2**. Um einen ähnlichen Effekt bei einem massiven monolithischen Piezoblock, welcher dieselbe Länge wie der in **Fig. 2** dargestellte Ultraschallwandler **1** aufweist, zu bewirken, müsste ein solcher Piezoblock mit dem Vierfachen von  $U$  angesteuert werden. Daher weist die

mechanische Reihenschaltung von Piezoscheiben **2** einhergehend mit einer entsprechenden parallelen elektrischen Beschaltung den Vorteil einer um ein Vielfaches reduzierten Ansteuerspannung auf. Darüber hinaus lässt sich eine gewünschte Resonanzfrequenz mit dünneren Elementen bzw. Piezoscheiben **2** erzielen. Dabei ist die Länge der Piezoscheiben **2** auf die gewünschte Ultraschallwellenfrequenz in Luft, welche von dem Ultraschallwandler **1** zu erzeugen oder zu erfassen ist, abgestimmt.

[0046] Es sei darauf hingewiesen, dass die einzelnen Piezoscheiben **2** auch unterschiedliche Dicken aufweisen können. In diesem Fall ist es vorteilhaft, wenn die jeweilige Piezoscheibe mit einer ihrer Dicke entsprechenden Spannung angesteuert wird, wobei die Ansteuerspannung ca. proportional zur Dicke der Scheibe sein sollte.

[0047] Zur Erhöhung der Messempfindlichkeit beim Empfangen von Ultraschallwellen ist eine elektrische Reihenschaltung der einzelnen mechanisch in Reihe angeordneten Piezoscheiben **2** vorteilhaft. Wenn mit demselben Ultraschallwandler **1** sowohl Ultraschallwellen erzeugt als auch Ultraschallwellen erfasst und in entsprechende Spannungswerte gewandelt werden, ist es vorteilhaft, mit einer entsprechenden Elektronik zwischen einer elektrischen Parallelschaltung zum Erzeugen von Ultraschallwellen und einer elektrischen Reihenschaltung zum Empfang von Ultraschallwellen umzuschalten.

[0048] Jede der in **Fig. 2** dargestellten Piezoscheiben **2** ist aus einer monolithischen Piezokeramik **6a** oder aus einem Piezokeramikfaser-Verbundstoff hergestellt. Der Piezokeramikfaser-Verbundstoff umfasst hierzu Fasern bzw. Piezofasern **6**, welche parallel zur Mittelachse der jeweiligen Piezoscheibe **2** oder parallel zur Längsachse **8** ausgerichtet sind. Bei einer elektrischen Ansteuerung der jeweiligen Piezoscheibe **2** verändern sich die Längen der Piezofasern **6** gleichzeitig, wodurch die oben beschriebene Längenänderung der jeweiligen Piezoscheibe **2** entsteht. Dadurch wird eine Langschwingung des gesamten Ultraschallwandlers **1** erzeugt. Über einen Faserdurchmesser und einen Faservolumengehalt lässt sich die Frequenz der Dickenschwingungen einstellen. Der Piezokeramikfaser-Verbundstoff wird beispielsweise von der Firma Smart Material GmbH hergestellt.

[0049] Bei der in **Fig. 2** dargestellten Ausführungsform ist der Ultraschallwandler **1** im Wesentlichen senkrecht zu einer Fläche **11** des Stoßfängers **3** angeordnet (Ausnahmen bilden Bereiche mit starker Bauteilrundung, wie es oben beschrieben ist). Aufgrund dieser Kopplung des Ultraschallwandlers **1** mit dem Stoßfänger **3** erzeugen die durch den Piezoeffekt erzeugten Längenänderungen des Ultraschallwandlers **1** lokale Dickenschwingungen des Stoßfängers, wodurch Ultraschallwellen nach unten (in

**Fig. 2)** abgestrahlt werden. Mit anderen Worten wird lokal (dort wo der Stoßfänger mit dem Ultraschallwandler gekoppelt ist) eine lokale Dickenschwingung ähnlich einer idealisierten Kolbenstrahler-Bewegung in die Stoßfängerhaut eingebracht, wodurch sich eine verbesserte Abstrahlcharakteristik der Ultraschallkeule ergibt. Darüber hinaus sind mit dieser Kolbenstrahlerarchitektur auch höhere Schalldruck-Pegel der abgestrahlten Luft-Ultraschallwelle als mit den nach dem Stand der Technik üblichen Biegeschwingungen der Oberfläche zu erzielen.

**[0050]** In **Fig. 3a** ist eine erfindungsgemäße Vorrichtung **7** zur Erzeugung und/oder zum Empfang von Ultraschall dargestellt, welche zusätzlich eine Abstützvorrichtung **5** umfasst. Bei der in **Fig. 3a** dargestellten Ausführungsform ist die Abstützvorrichtung **5** bündelförmig. Dabei sind die offenen Enden **12** bzw. der Rand **12** an der offenen Seite der Abstützvorrichtung **5** mit dem Stoßfänger **3** verbunden während die geschlossene Seite **13** der Abstützvorrichtung **5** oder die Mitte **13** des Bündels **5** mit dem Ultraschallwandler **1**, welcher wiederum kraftschlüssig auch am Stoßfänger **3** angebracht ist, verbunden ist. Da die Abstützvorrichtung **5** eine größere Steifigkeit als das Bauteil, in diesem Fall der Stoßfänger **3**, aufweist, wirken sich Längenänderungen **9** des Ultraschallwandlers **1** zum Großteil auf das Bauteil **3** aus, ohne in die Abstützvorrichtung **5** wesentliche Dehnungen zu induzieren.

**[0051]** Es ist auch möglich, dass anstelle einer bündelförmigen Abstützvorrichtung eine becherförmige rotationssymmetrische oder achsensymmetrische Abstützvorrichtung eingesetzt wird. Weist eine solche becherförmige Abstützvorrichtung Aussparungen **14** auf, so geht diese becherförmige Abstützvorrichtung beispielsweise in die in **Fig. 3a** dargestellte bündelförmige Abstützvorrichtung **5** über. Natürlich ist es erfindungsgemäß auch möglich, dass der "Becher" nur einige Aussparungen oder Öffnungen aufweist, aber im Wesentlichen die Form eines Bechers beibehält. Die Aussparungen **14** können dabei beliebig angeordnet sein.

**[0052]** In **Fig. 3b** bis **Fig. 3d** sind weitere Varianten von Abstützvorrichtungen **5** dargestellt. In **Fig. 3b** ist eine rechteckförmige Abstützvorrichtung **5** und in **Fig. 3c** eine ellipsen- oder kreisförmige Abstützvorrichtung **5** dargestellt. **Fig. 3d** zeigt eine Abstützvorrichtung **5**, welche mehrere Bündel umfasst.

**[0053]** Es sei darauf hingewiesen, dass jede Vorrichtung **7**, welche in **Fig. 1** bis **Fig. 3** dargestellt ist, eine von folgenden Varianten sein kann:

- eine Vorrichtung zur Erzeugung von Ultraschallwellen,
- eine Vorrichtung zum Empfang von Ultraschallwellen,
- eine Vorrichtung zur Erzeugung und zum Empfang von Ultraschallwellen,
- eine Ultraschallmessvorrichtung.

**[0054]** In **Fig. 4** ist ein erfindungsgemäßes Fahrzeug **10** dargestellt, welches an mehreren Stellen eine erfindungsgemäße Vorrichtung **7** zur Erzeugung und/oder zum Empfang von Ultraschall und/oder eine erfindungsgemäße Ultraschallmessvorrichtung **7** umfasst. Dabei sind die erfindungsgemäßen Vorrichtungen **7** zur Erzeugung von Ultraschall derart an dem Fahrzeug **10** montiert, dass die Vorrichtungen **7** Schallwellen über ein Bauteil **3** des Fahrzeugs **10**, z. B. den vorderen und hinteren Stoßfänger **3**, vom Fahrzeug **10** gesehen nach vorn bzw. nach hinten abstrahlt. Reflektierte Ultraschallwellen werden von der erfindungsgemäßen Vorrichtung **7** zum Empfang von Ultraschall erfasst, indem diese reflektierten Ultraschallwellen über das Bauteil **3** wieder zu dem Ultraschallwandler **1** geleitet werden, dort zu Längenänderungen des Ultraschallwandlers **1** führen und dann schließlich über Änderungen der an dem Ultraschallwandler **1** anliegenden Spannung erfasst werden. Der Übertragungsweg ist dabei durch die Luftultraschall-Anregung des Bauteils **3**, die Körperschallweiterleitung im Bauteil **3** und die mechanische Anregung der Piezo-Fasern **6** gekennzeichnet. Erfindungsgemäße Vorrichtungen **7** können auch an anderen Stellen der Fahrzeugaußenhaut angeordnet werden, wie z. B. an Türen des Fahrzeugs und an einer Heckklappe bzw. einem Heckdeckel des Fahrzeugs.

#### Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Ultraschallwandler
<b>2</b>	Piezoscheibe
<b>3</b>	Fahrzeugbauteil
<b>4</b>	Ultraschallwellen
<b>5</b>	Abstützung
<b>6</b>	lange Piezofaser
<b>6a</b>	monolithische Piezokeramik
<b>7</b>	Vorrichtung zur Erzeugung und zum Empfang von Ultraschall bzw. Ultraschallmessvorrichtung
<b>8</b>	Längsachse des Ultraschallwandlers
<b>9</b>	Längenänderungen
<b>10</b>	Fahrzeug
<b>11</b>	Fläche
<b>12</b>	Rand an der offenen Seite der Abstützung
<b>13</b>	geschlossene Seite der Abstützung
<b>14</b>	Aussparung
<b>15</b>	elektrische Isolierungsschicht
<b>16</b>	elektrische Kontaktierungsschicht
<b>U</b>	Spannung

**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 Patentliteratur**

- DE 102005046173 A1 [[0002](#)]
- DE 102006044656 A1 [[0003](#)]
- DE 10361316 A1 [[0004](#)]
- DE 102006038598 A1 [[0005](#), [0014](#)]
- DE 102008018110 A1 [[0006](#)]

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung von Ultraschallwellen (4) für ein Fahrzeug (10),

**dadurch gekennzeichnet,**

dass ein länglicher Ultraschallwandler (1) derart mit einem flächigen Bauteil (3) des Fahrzeugs (10) gekoppelt wird, dass eine Längsachse (8) des Ultraschallwandlers (1) im Wesentlichen senkrecht zu einer Fläche (11) des Bauteils (3) angeordnet ist, an welcher der Ultraschallwandler (1) mit dem Bauteil (3) gekoppelt ist,

dass durch die Kopplung zwischen dem Ultraschallwandler (1) und dem Bauteil (3) bei einer Aktivierung des Ultraschallwandlers (1) Dickenschwingungen (9) des Bauteils (3) verursacht werden, und dass mittels der Dickenschwingungen (9) die Ultraschallwellen (4) erzeugt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass über eine Längsausdehnung des Ultraschallwandlers (1) dynamische Kräfte im Wesentlichen senkrecht zu der Fläche (11) des Bauteils (3) in das Bauteil (3) eingeleitet werden.

3. Verfahren zum Empfang von Ultraschallwellen (4) für ein Fahrzeug (10),

**dadurch gekennzeichnet,**

dass ein länglicher Ultraschallwandler (1) derart mit einem flächigen Bauteil (3) des Fahrzeugs (10) gekoppelt wird, dass eine Längsachse (8) des Ultraschallwandlers (1) im Wesentlichen senkrecht zu einer Fläche (11) des Bauteils (3) angeordnet ist, an welcher der Ultraschallwandler (1) mit dem Bauteil (3) gekoppelt ist, und

dass durch die Kopplung zwischen dem Ultraschallwandler (1) und dem Bauteil (3) Dickenschwingungen (9) des Bauteils (3) von dem Ultraschallwandler (1) erfasst und in elektrische Signale umgesetzt werden.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass der Ultraschallwandler (1) aus mehreren Scheiben (2) aufgebaut wird, welche entlang der Längsachse (8) des Ultraschallwandlers (1) übereinander angeordnet werden, und

dass zumindest eine Scheibe (2) aus einer monolithischen Piezokeramik (6a) oder einem Piezokeramikfaser-Verbundstoff ausgebildet wird, wobei Piezofasern (6) des Piezokeramikfaser-Verbundstoffs parallel zu der Längsachse (8) des Ultraschallwandlers (1) ausgebildet werden.

5. Vorrichtung zur Erzeugung von Ultraschallwellen, insbesondere für ein Fahrzeug (10),

wobei die Vorrichtung (7) ein flächiges Bauteil (3) und einen Ultraschallwandler (1) umfasst,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass der Ultraschallwandler (1) länglich ist,

dass eine Längsachse (8) des Ultraschallwandlers (1) im Wesentlichen senkrecht zu einer Fläche (11) des Bauteils (3) angeordnet ist, an welcher der Ultraschallwandler (1) mit dem Bauteil (3) gekoppelt ist, dass die Kopplung zwischen dem Ultraschallwandler (1) und dem Bauteil (3) derart ausgestaltet ist, dass Dickenschwingungen (9) des Bauteils (3) bei einer Aktivierung des Ultraschallwandlers (1) erzeugbar sind, und

dass mittels der Dickenschwingungen (9) Ultraschallwellen (4) erzeugbar sind.

6. Vorrichtung zum Empfang von Ultraschallwellen, insbesondere für ein Fahrzeug (10),

wobei die Vorrichtung (7) ein flächiges Bauteil (3) und einen Ultraschallwandler (1) umfasst,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass der Ultraschallwandler (1) länglich ist,

dass eine Längsachse (8) des Ultraschallwandlers (1) im Wesentlichen senkrecht zu einer Fläche (11) des Bauteils (3) angeordnet ist, an welcher der Ultraschallwandler (1) mit dem Bauteil (3) gekoppelt ist, dass die Kopplung zwischen dem Ultraschallwandler (1) und dem Bauteil (3) derart ausgestaltet ist, dass Dickenschwingungen (9) des Bauteils (3) von dem Ultraschallwandler (1) erfassbar sind, und dass der Ultraschallwandler (1) derart ausgestaltet ist, dass von dem Ultraschallwandler elektrische Signale abhängig von den Dickenschwingungen (9) erzeugbar sind.

7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Ultraschallwandler (1) ein massiver monolithischer Piezoblock ist.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5–7, **dadurch gekennzeichnet,**

dass der Ultraschallwandler (1) mehrere Piezoscheiben (2) umfasst, und

dass die Piezoscheiben (2) übereinander entlang der Längsachse (8) des Ultraschallwandlers (1) angeordnet sind.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Piezoscheibe (2) aus einer monolithischen Piezokeramik (6a) oder einem Piezokeramikfaser-Verbundstoff ausgebildet ist, wobei Piezofasern (6) des Piezokeramikfaser-Verbundstoffs parallel zu der Längsachse (8) des Ultraschallwandlers (1) ausgebildet sind.

10. Vorrichtung nach Anspruch 5 und Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Piezoscheiben (2) elektrisch parallel verschaltet sind.

11. Vorrichtung nach Anspruch 6 und Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Piezoscheiben (2) elektrisch in Reihe verschaltet sind.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5–11,

dadurch gekennzeichnet,  
 dass die Vorrichtung (7) eine becherförmige Abstützvorrichtung (5) umfasst,  
 dass ein Rand (12) der offenen Seite der becherförmigen Abstützvorrichtung (5) an dem Bauteil (3) angebracht ist, und  
 dass der Ultraschallwandler (1) mechanisch mit der geschlossenen Seite (13) der becherförmigen Abstützvorrichtung (5) verbunden ist.

dass das Bauteil (3) an einer Kontaktfläche zwischen dem Ultraschallwandler (1) und dem Bauteil (3) eine starke Rundung aufweist, und  
 dass der Ultraschallwandler (1) derart mit dem Bauteil (3) gekoppelt ist, dass der Ultraschallwandler (1) parallel zu einer Fahrbahn, auf welcher das Fahrzeug (10) fährt, angeordnet ist.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Abstützvorrichtung (5) mindestens eine Aussparung (14) derart aufweist, dass die Abstützvorrichtung (5) eine Form eines Bügels oder eines kreuzförmigen Bügels aufweist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass eine Steifigkeit der Abstützvorrichtung (5) größer als eine Steifigkeit des Bauteils (3) ist.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5–14, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauteil ein Stoßfänger (3) eines Fahrzeuges (10) ist.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5–15, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauteil (3) aus Metall, Kunststoff, aus faserverstärktem Kunststoff oder aus Glas hergestellt ist.

17. Ultraschallmessvorrichtung, wobei die Ultraschallmessvorrichtung mindestens eine Vorrichtung zur Erzeugung von Ultraschallwellen nach Anspruch 5 oder Anspruch 5 und einem der Ansprüche 7–16 und/oder mindestens eine Vorrichtung zum Empfang von Ultraschallwellen nach Anspruch 6 oder Anspruch 6 und einem der Ansprüche 7–16 umfasst.

18. Ultraschallmessvorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet,  
 dass die Vorrichtung (7) zur Erzeugung von Ultraschallwellen die Vorrichtung nach Anspruch 10 ist,  
 dass die Vorrichtung (7) zum Empfang von Ultraschallwellen die Vorrichtung nach Anspruch 11 ist,  
 dass die Vorrichtung (7) zur Erzeugung der Ultraschallwellen der Vorrichtung (7) zum Empfang der Ultraschallwellen entspricht,  
 dass die Ultraschallmessvorrichtung (7) derart ausgestaltet ist, dass die Piezoscheiben (2) zur Erzeugung der Ultraschallwellen elektrisch parallel und zum Empfang der Ultraschallwellen elektrisch in Reihe angesteuert sind.

19. Fahrzeug mit mindestens einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5–16 und/oder einer Ultraschallmessvorrichtung nach Anspruch 17 oder 18.

20. Fahrzeug nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet,

Anhängende Zeichnungen

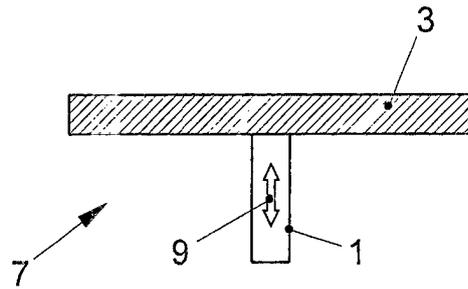


FIG. 1a

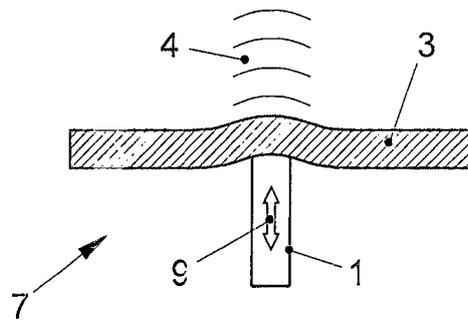


FIG. 1b

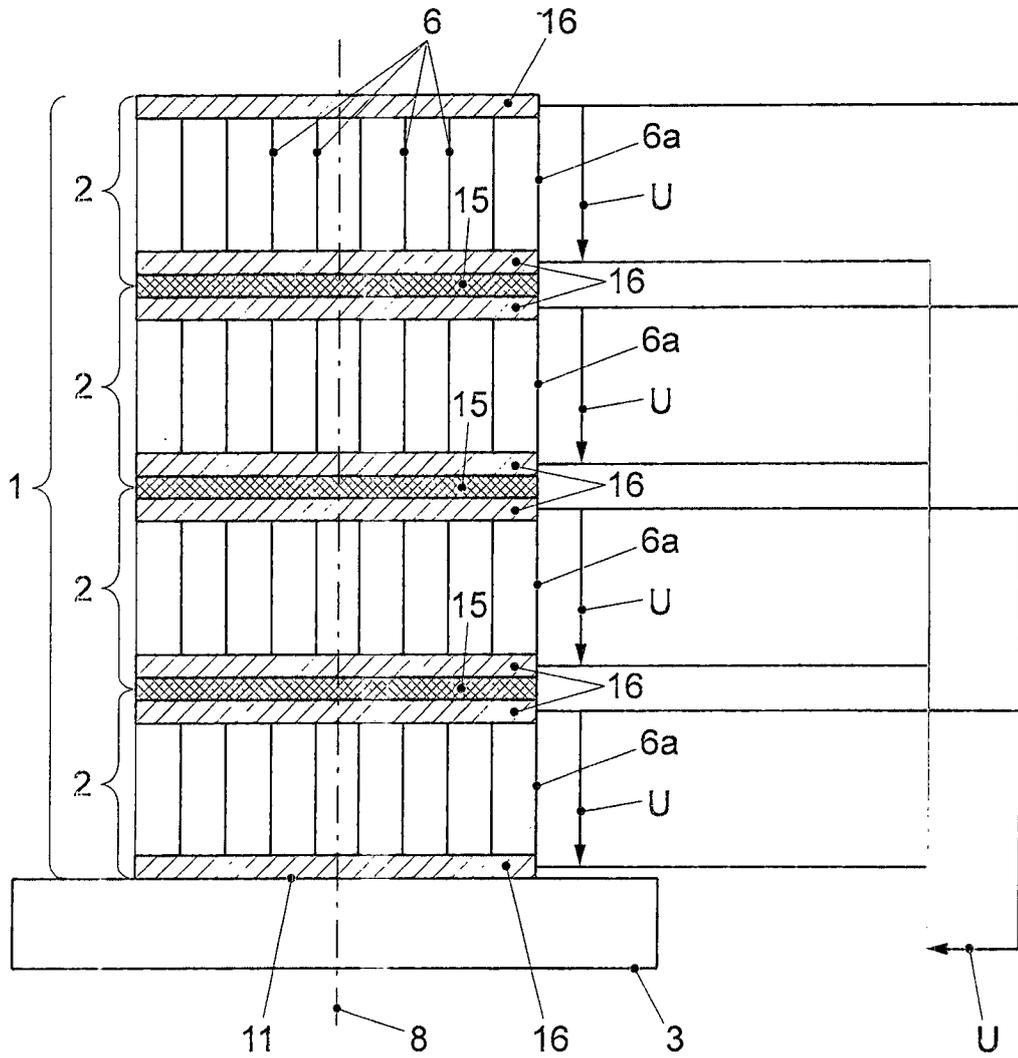


FIG. 2

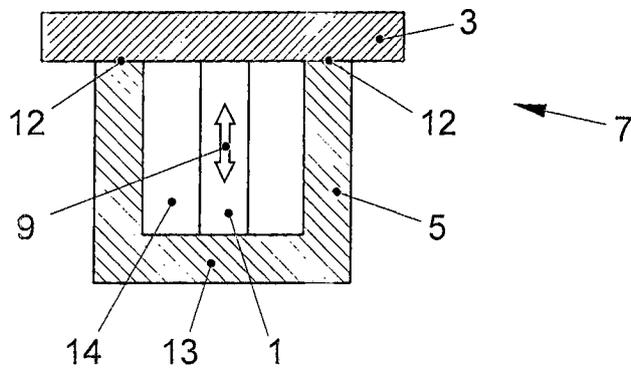


FIG. 3a

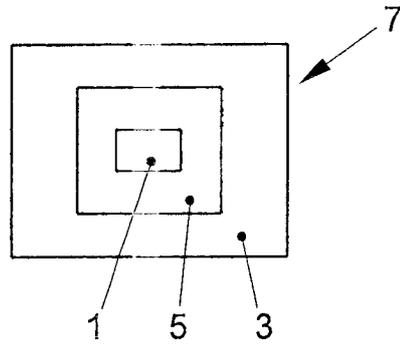


FIG. 3b

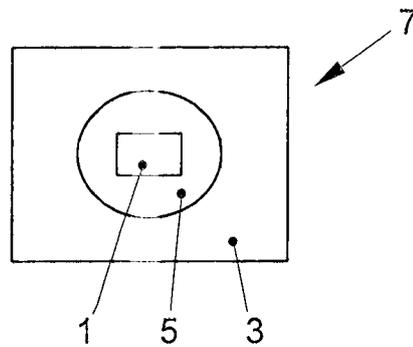


FIG. 3c

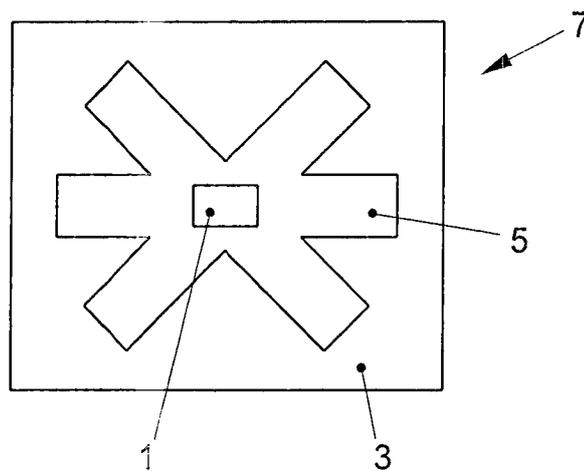


FIG. 3d

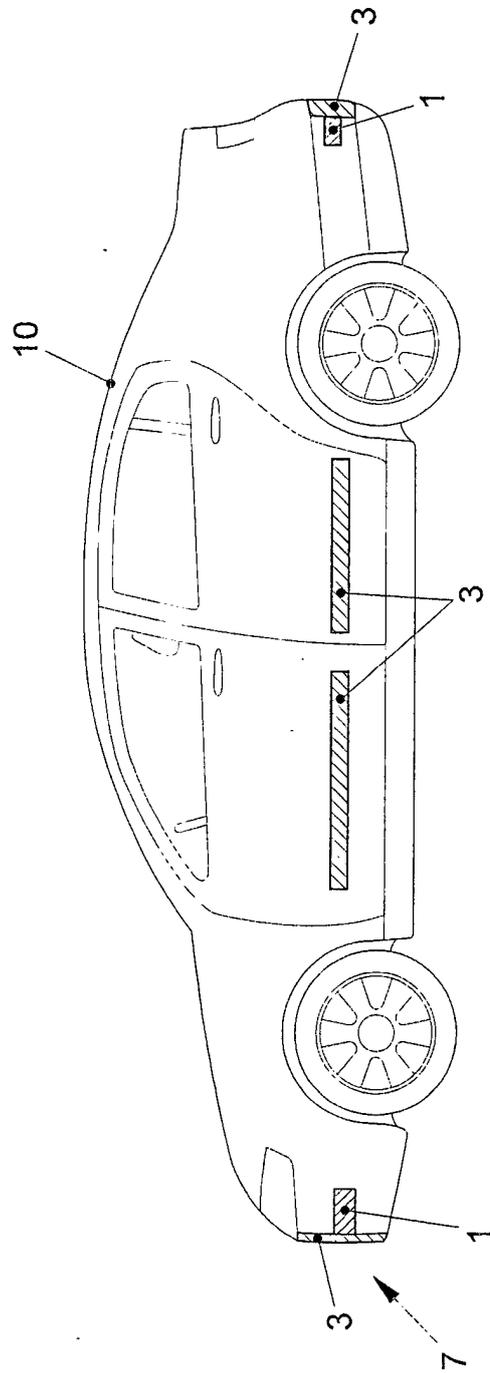


FIG. 4