



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung, die es ermöglichen, die von einem Insassen eines Fahrzeugs wahrgenommenen Geräusche für den Insassen erlebbar zu machen.

**[0002]** Ein Fahrzeug umfasst unterschiedliche Komponenten, die bei Betrieb des Fahrzeugs Schall erzeugen, der jeweils als Geräusch in der Fahrgastzelle bzw. in dem Innenraum des Fahrzeugs hörbar ist. Ein in der Fahrgastzelle angeordneter Insasse nimmt daher eine Überlagerung von Geräuschen wahr, die von unterschiedlichen Komponenten des Fahrzeugs bewirkt werden. Beispielhafte geräuscherzeugende Komponenten sind: eine Klimaanlage, ein Lüfter, ein Scheibenwischer, ein Antriebsmotor, eine Kupplung, ein Getriebe, etc. Die von den einzelnen Komponenten des Fahrzeugs erzeugten Geräusche überlagern sich ferner mit Fahrgeräuschen, die z.B. durch das Abrollen der Räder auf einer Fahrbahn und/oder durch Fahrtwind generiert werden.

**[0003]** Das Gesamtgeräusch des Fahrzeugs, das sich für einen Insassen bei einer Fahrt des Fahrzeugs ergibt, kann häufig erst dann zuverlässiger bestimmt werden, wenn das Fahrzeug bereits entwickelt und gefertigt wurde. Änderung an der Akustik des Fahrzeugs sind zu so einem derart späten Zeitpunkt des Entwicklungsprozesses meist gar nicht mehr oder nur mit einem relativ hohen Aufwand möglich.

**[0004]** Das vorliegende Dokument befasst sich mit der technischen Aufgabe, die in einem Fahrzeug hörbaren Geräusche bereits zu einem relativ frühen Zeitpunkt des Entwicklungsprozesses des Fahrzeugs in zuverlässiger und effizienter Weise für eine Testperson erlebbar zu machen bzw. zu simulieren, insbesondere um die Entwicklungskosten eines neuen Fahrzeugtyps und/oder einer neuen Fahrzeugkomponente zu reduzieren.

**[0005]** Die Aufgabe wird durch jeden der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen werden u.a. in den abhängigen Ansprüchen beschrieben. Es wird darauf hingewiesen, dass zusätzliche Merkmale eines von einem unabhängigen Patentanspruch abhängigen Patentanspruchs ohne die Merkmale des unabhängigen Patentanspruchs oder nur in Kombination mit einer Teilmenge der Merkmale des unabhängigen Patentanspruchs eine eigene und von der Kombination sämtlicher Merkmale des unabhängigen Patentanspruchs unabhängige Erfindung bilden können, die zum Gegenstand eines unabhängigen Anspruchs, einer Teilungsanmeldung oder einer Nachanmeldung gemacht werden kann. Dies gilt in gleicher Weise für in der Beschreibung beschriebene technische Lehren, die eine von den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche unabhängige Erfindung bilden können.

**[0006]** Gemäß einem Aspekt wird eine Vorrichtung zur Simulation und/oder zum Erlebarmachen der Akustik an einer Insassenposition eines Fahrzeugs (insbesondere eines (Straßen-) Kraftfahrzeugs, etwa eines Personenkraftwagens oder eines Lastkraftwagens oder eines Busses oder eines Motorrads) beschrieben. Insbesondere kann die Vorrichtung ausgebildet sein, für eine Testperson eine Immersion in die Akustik an der Insassenposition des Fahrzeugs zu ermöglichen. Die Vorrichtung kann darauf ausgelegt sein, die Geräusche an der Insassenposition eines Fahrzeugs für eine Testperson innerhalb der Vorrichtung, insbesondere innerhalb des Modellfahrzeugs der Vorrichtung, hörbar zu machen.

**[0007]** Die Vorrichtung umfasst ein Modellfahrzeug mit einer Insassenposition (z.B. mit einer Fahrerposition) für eine Testperson. Das Modellfahrzeug kann einen dem Fahrzeug entsprechenden und/oder angenäherten Aufbau aufweisen. Alternativ oder ergänzend kann das Modellfahrzeug die Karosserie und/oder den Aufbau eines Kraftfahrzeugs aufweisen. Dabei kann das Modellfahrzeug insbesondere einen Innenraum bzw. eine Fahrgastzelle aufweisen, die einer Nachbildung bzw. einer Kopie des Innenraums eines Kraftfahrzeugs entspricht.

**[0008]** Außerdem umfasst die Vorrichtung eine Vielzahl von Schallwandlern (z.B. Lautsprecher und/oder Körperschallwandler). Beispielsweise können 100 oder mehr, oder 200 oder mehr Schallwandler in der Vorrichtung verbaut sein. Die einzelnen Schallwandler können dabei an unterschiedlichen Stellen des Modellfahrzeugs angeordnet sein. Des Weiteren können die Schallwandler jeweils eingerichtet sein, Schall (insbesondere akustischen Schall und/oder Körperschall) zu generieren. Ferner können die Schallwandler zumindest teilweise unterschiedliche (hörbare oder spürbare) Frequenzbereiche abdecken.

**[0009]** Die Vorrichtung umfasst ferner zumindest ein Mess-Mikrofon (insbesondere zumindest ein Mikrofon-Array), das eingerichtet ist, Audio-Messdaten in Bezug auf ein Klangfeld an der Insassenposition des Modellfahrzeugs zu erfassen.

**[0010]** Des Weiteren umfasst die Vorrichtung eine Steuereinheit, die eingerichtet ist, in Abhängigkeit von Audiodaten für ein von einer Komponente des Fahrzeugs erzeugtes Geräusch eine Vielzahl von Steuersignalen für die entsprechende Vielzahl von Schallwandlern zu ermitteln. Dabei kann für jeden Schallwandler ein Steuersignal ermittelt werden, wobei das Steuersignal das Audiosignal bzw. den Schall beschreibt, das bzw. der von dem Schallwandler zu erzeugen ist. Beispielhafte Geräusch-erzeugende Komponenten sind: eine Klimaanlage, ein Lüfter, ein Antriebsmotor, eine mechatronische Komponente, ein Fahrzeugreifen, etc.

**[0011]** Die Audiodaten können ein Ziel-Klangfeld des Geräusches der Komponente an der Insassenposition des Fahrzeugs beschreiben (z.B. in einem Ambisonics-Format). Dabei kann das Ziel-Klangfeld an einem tatsächlichen Fahrzeug und/oder an einer tatsächlichen Komponente (während des Betriebs der Komponente) erfasst worden sein. Alternativ oder ergänzend kann das Ziel-Klangfeld synthetisch erzeugt worden sein (z.B. als Zielvorgabe für die Entwicklung einer Komponente). Alternativ oder ergänzend kann das Ziel-Klangfeld teilweise oder vollständig durch ein (ggf. hybrides) Simulationsverfahren erzeugt werden. Beispielsweise kann das Ziel-Klangfeld aus einer Kombination aus der tatsächlichen akustischen Messung der Geräusche einer Komponente und ein oder mehreren simulierten Transferpfaden ermittelt werden.

**[0012]** Die Steuereinheit ist ferner eingerichtet, die Vielzahl von Schallwandlern in Abhängigkeit von der Vielzahl von Steuersignalen anzusteuern, um an der Insassenposition des Modellfahrzeugs ein Klangfeld für das Geräusch der Komponente des Fahrzeugs zu bewirken. Das tatsächliche (Ist-) Klangfeld an der Insassenposition des Modellfahrzeugs kann dabei von dem Ziel-Klangfeld an der Insassenposition des Fahrzeugs abweichen.

**[0013]** Die Steuereinheit kann eingerichtet sein, die Vielzahl von Steuersignalen in Abhängigkeit von den Audio-Messdaten in Bezug auf das Klangfeld an der Insassenposition des Modellfahrzeugs anzupassen. Insbesondere kann die Steuereinheit eingerichtet sein, die Vielzahl von Steuersignalen derart in Abhängigkeit von den Audio-Messdaten anzupassen, insbesondere durch Anpassung eines Pegels und/oder eines Spektrums, dass der Wert eines Abstandsmaßes (z.B. einer mittleren quadratischen Abweichung) zwischen dem Klangfeld an der Insassenposition des Modellfahrzeugs und dem Ziel-Klangfeld reduziert, insbesondere minimiert, wird. Zu diesem Zweck kann eine Kontroll- bzw. Regelschleife verwendet werden, bei der wiederholt, insbesondere periodisch, die Vielzahl von Steuersignalen in Abhängigkeit von den jeweils aktuellen Audio-Messdaten angepasst wird.

**[0014]** Die Vorrichtung ermöglicht es somit, in präziser und realistischer Weise die Wahrnehmung eines Geräusches an der Insassenposition eines (tatsächlichen) Fahrzeugs an der Insassenposition eines Modellfahrzeugs nachzubilden. So können die Entwicklungskosten in Bezug auf die Akustik eines Fahrzeugs reduziert werden, da Akustiktests an der (Simulations- und/oder Immersions-) Vorrichtung durchgeführt werden können (und nicht in einem tatsächlichen Fahrzeug durchgeführt werden müssen).

**[0015]** Die Audiodaten können die Position der Schallquelle für das Geräusch der Komponente des

Fahrzeugs relativ zu der Insassenposition des Fahrzeugs anzeigen. Die Steuereinheit kann eingerichtet sein, die Vielzahl von Steuersignalen derart in Abhängigkeit von den Audio-Messdaten anzupassen, dass das Klangfeld von einer Testperson an der Insassenposition des Modellfahrzeugs als von der Position der Schallquelle kommend wahrgenommen wird. So kann die Güte des simulierten Klangfelds weiter erhöht werden.

**[0016]** Die Vielzahl von Schallwandlern kann in N unterschiedlichen Ebenen entlang einer Höhenachse des Modellfahrzeugs angeordnet sein, mit  $N > 1$ , insbesondere  $N > 5$  (z.B.  $N = 6$ ). Alternativ oder ergänzend kann die Vielzahl von Schallwandlern in M unterschiedlichen Spalten und/oder Zeilen entlang einer Längsachse und/oder einer Querachse des Modellfahrzeugs angeordnet sein, mit  $M > 1$ , insbesondere  $M > 10$ . So können in zuverlässiger und flexibler Weise komplexe Klangfelder an der Insassenposition des Modellfahrzeugs erzeugt werden.

**[0017]** Die Steuereinheit kann eingerichtet sein, die Vielzahl von Steuersignalen mittels einer Methode zur Wellenfeldsynthese von Wellenfeldern in den N unterschiedlichen Ebenen zu ermitteln. Die Verwendung einer Wellenfeldsynthese ermöglicht es, die Klangfelder an der Insassenposition des Modellfahrzeugs in besonders präziser Weise zu erzeugen.

**[0018]** Die Steuereinheit kann eingerichtet sein, eine Mehrzahl von Audiodaten für die von einer entsprechenden Mehrzahl von Komponenten des Fahrzeugs erzeugten Geräusche zu ermitteln (z.B. aus einer Speichereinheit der Vorrichtung auszulesen). Die Vielzahl von Steuersignalen kann dann auf Basis der Mehrzahl von Audiodaten ermittelt werden, um an der Insassenposition des Modellfahrzeugs ein Klangfeld für eine Überlagerung der Geräusche der Mehrzahl von Komponenten des Fahrzeugs zu erzeugen. Dabei kann die Zusammensetzung der Mehrzahl von Komponenten ggf. flexibel angepasst werden. Durch die Überlagerung der Geräusche von unterschiedlichen Komponenten des Fahrzeugs können in effizienter Weise Maskierungseffekte analysiert werden.

**[0019]** Die Vorrichtung kann eine Benutzerschnittstelle für eine Testperson umfassen. Die Benutzerschnittstelle kann z.B. einen (berührungsempfindlichen) Bildschirm umfassen. Des Weiteren kann die Benutzerschnittstelle ein Bedienelement für Eingaben der Testperson umfassen. Die Benutzerschnittstelle kann z.B. als Software-Applikation auf einem Anwengergerät (z.B. einem Tablet PC) implementiert sein.

**[0020]** Die Benutzerschnittstelle kann ausgebildet sein, es der Testperson zu ermöglichen, die ein oder mehreren Komponenten des Fahrzeugs auszuwählen, für die an der Insassenposition des Modellfahr-

zeugs ein Klangfeld erzeugt werden soll. Dabei können ggf. beliebige Kombinationen von Komponenten ermöglicht werden, um in komfortabler Weise unterschiedliche Geräusch-Kombinationen zu simulieren. Alternativ oder ergänzend kann die Benutzerschnittstelle ausgebildet sein, es der Testperson zu ermöglichen, zwischen unterschiedlichen Varianten des von einer Komponente des Fahrzeugs erzeugten Geräusches zu wechseln. So können in effizienter Weise unterschiedliche Varianten einer Komponente in Bezug auf die Akustik der jeweiligen Variante analysiert werden. Durch die Bereitstellung einer derartigen Benutzerschnittstelle kann die Akustik eines Fahrzeugs in besonders komfortabler Weise analysiert werden.

**[0021]** Das Fahrzeug, dessen Akustik simuliert werden soll, kann einen Innenraum aufweisen, in dem die Insassenposition des Fahrzeugs angeordnet ist. Der Innenraum des Fahrzeugs kann zumindest ein Fenster (z.B. eine Windschutzscheibe oder ein Seitenfenster) aufweisen, durch das ein Insasse des Fahrzeugs ein Umfeld des Fahrzeugs sehen kann. In entsprechender Weise kann das Modellfahrzeug einen dem Fahrzeug entsprechenden Innenraum aufweisen, in dem die Insassenposition des Modellfahrzeugs angeordnet ist. Der Innenraum des Modellfahrzeugs kann (anstelle eines Fensters) einen Bildschirm zur Wiedergabe eines Videos umfassen. Durch die Wiedergabe eines Videos, insbesondere eines Videos für ein Fahrzeugumfeld, kann die Güte der Simulation und/oder der Immersion innerhalb des Modellfahrzeugs weiter erhöht werden.

**[0022]** Die Steuereinheit kann eingerichtet sein, ein Video für ein Fahrzeugumfeld auf dem Bildschirm wiederzugeben, das mit dem durch die Vielzahl von Schallwandlern erzeugten Klangfeld synchronisiert ist. Zu diesem Zweck kann die Steuereinheit eingerichtet sein, Geschwindigkeitsinformation in Bezug auf eine Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeugs zu ermitteln, für die das Klangfeld an der Insassenposition des Modellfahrzeugs erzeugt wird. Das Video kann dann in Abhängigkeit von der Geschwindigkeitsinformation wiedergegeben werden, insbesondere derart, dass das in dem Video dargestellte Fahrzeugumfeld mit der Fahrgeschwindigkeit an einem Betrachter des Bildschirms vorüberzieht. Durch die bildliche Unterstützung einer Akustiksimulation kann die Realitätsnähe der akustischen Wahrnehmung für eine Testperson an der Insassenposition des Modellfahrzeugs weiter erhöht werden.

**[0023]** Das Video kann im Vorfeld für eine Fahrt des Fahrzeugs erfasst worden sein. Alternativ oder ergänzend kann das Video zumindest teilweise simuliert werden. Insbesondere kann das Video in Abhängigkeit von der Geschwindigkeitsinformation angepasst werden. Beispielsweise kann die Erzeugung des Videos über einen Video-Game-Engine in Echtzeit in Abhängigkeit von der Geschwindigkeitsinfor-

mation erfolgen. Das Video kann dabei in Abhängigkeit von ein oder mehreren Randbedingungen errechnet werden. Beispielhafte Randbedingungen sind: „Dauer der Fahrt“, „Start- und Endgeschwindigkeit“ bei einer Beschleunigung, eine „virtuelle Kameraposition“, welche „Landschaft“ soll dargestellt werden, etc. So kann ein Video flexibel und effizient an unterschiedliche Fahrsituationen angepasst werden.

**[0024]** Die Steuereinheit kann eingerichtet sein, ein akustisches Modell für einen Fahrzeugtyp des zu simulierenden Fahrzeugs zu ermitteln. Das akustische Modell kann z.B. aus einer Mehrzahl von akustischen Modellen für eine entsprechende Mehrzahl von Fahrzeugtypen ausgewählt werden. Die ein oder mehreren unterschiedlichen akustischen Modelle können z.B. auf einer Speichereinheit der Vorrichtung gespeichert sein.

**[0025]** Das akustische Modell für den Fahrzeugtyp des zu simulierenden Fahrzeugs kann Unterschiede in Bezug auf die Ausbreitung von Schall in dem zu simulierenden Fahrzeug und der Ausbreitung von Schall in dem Modellfahrzeug beschreiben. Das akustische Modell kann z.B. auf Basis von Computerbasierten Simulationen ermittelt worden sein (z.B. auf Basis von Computer Aided Design (CAD) Daten in Bezug auf das zu simulierende Fahrzeug). Alternativ oder ergänzend kann das akustische Modell anhand von Messungen an dem zu simulierenden Fahrzeug ermittelt worden sein. Beispielsweise kann das akustische Modell ein oder mehrere simulationsbasierte Transferpfade umfassen. Ein derart simulationsbasiertes akustisches Modell kann mit einer Realmessung von Geräuschen einer Komponente kombiniert werden. So können in hybrider Weise real gemessene Geräusche mit einem simulierten akustischen Modell kombiniert werden, um akustische Effekte in dem Modellfahrzeug 3-dimensional erlebbar zu machen.

**[0026]** Die Steuereinheit kann eingerichtet sein, die Vielzahl von Steuersignalen in Abhängigkeit von dem akustischen Modell zu ermitteln. So kann die Güte des Klangfelds an der Insassenposition des Modellfahrzeugs weiter erhöht werden. Insbesondere kann es so in effizienter Weise ermöglicht werden, die Simulations- bzw. Immersionsvorrichtung (ohne bauliche Anpassungen) für die Simulation und/oder die Erlebarmachung der Akustik von unterschiedliche Fahrzeugtypen zu verwenden.

**[0027]** Gemäß einem weiteren Aspekt wird ein Verfahren zur Simulation und/oder zur Erlebarmachung der Akustik an einer Insassenposition eines Fahrzeugs mittels einer in diesem Dokument beschriebenen Simulations- und/oder Immersionsvorrichtung beschrieben. Das Verfahren umfasst das Ermitteln, in Abhängigkeit von Audiodaten für ein von einer Komponente des Fahrzeugs erzeugtes Geräusch, einer Vielzahl von Steuersignalen für die entsprechende

Vielzahl von Schallwandlern der Simulationsvorrichtung. Des Weiteren umfasst das Verfahren das Betreiben der Vielzahl von Schallwandlern in Abhängigkeit von der Vielzahl von Steuersignalen, um an der Insassenposition des Modellfahrzeugs der Simulations- und/oder Immersionsvorrichtung ein Klangfeld für das Geräusch der Komponente des Fahrzeugs zu bewirken. Das Verfahren umfasst ferner das Erfassen von Audio-Messdaten in Bezug auf das Klangfeld an der Insassenposition des Modellfahrzeugs mittels eines Mess-Mikrofons der Simulations- und/oder Immersionsvorrichtung. Außerdem umfasst das Verfahren das Anpassen der Vielzahl von Steuersignalen in Abhängigkeit von den Audio-Messdaten. Die Schritte des Verfahrens können dabei iterativ wiederholt werden, um das Ist-Klangfeld an der Insassenposition des Modellfahrzeugs an ein durch die Audiodaten vorgegebenes Ziel-Klangfeld anzunähern.

**[0028]** Gemäß einem weiteren Aspekt wird ein Software (SW) Programm beschrieben. Das SW Programm kann eingerichtet werden, um auf einem Prozessor ausgeführt zu werden, und um dadurch das in diesem Dokument beschriebene Verfahren auszuführen.

**[0029]** Gemäß einem weiteren Aspekt wird ein Speichermedium beschrieben. Das Speichermedium kann ein SW Programm umfassen, welches eingerichtet ist, um auf einem Prozessor ausgeführt zu werden, und um dadurch das in diesem Dokument beschriebene Verfahren auszuführen.

**[0030]** Es ist zu beachten, dass die in diesem Dokument beschriebenen Verfahren, Vorrichtungen und Systeme sowohl alleine, als auch in Kombination mit anderen in diesem Dokument beschriebenen Verfahren, Vorrichtungen und Systemen verwendet werden können. Des Weiteren können jegliche Aspekte der in diesem Dokument beschriebenen Verfahren, Vorrichtungen und Systemen in vielfältiger Weise miteinander kombiniert werden. Insbesondere können die Merkmale der Ansprüche in vielfältiger Weise miteinander kombiniert werden.

**[0031]** Im Weiteren wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher beschrieben. Dabei zeigen

**Fig. 1a** ein beispielhaftes Testfahrzeug zur Erfassung von Audio- und/oder Bildsignalen;

**Fig. 1b** eine beispielhafte Wiedergabe von Audiosignalen über einen Kopfhörer;

**Fig. 2a** und **Fig. 2b** ein beispielhaftes Modellfahrzeug zur Simulation und/oder zum Erlebarmachen der Akustik im Innenraum eines Fahrzeugs;

**Fig. 3** beispielhafte Komponenten einer Simulations- und/oder Immersionsvorrichtung zur Si-

mulation bzw. zum Erlebarmachen der Akustik im Innenraum eines Fahrzeugs; und

**Fig. 4** ein Ablaufdiagramm eines beispielhaften Verfahrens zur Simulation und/oder zum Erlebarmachen der Akustik im Innenraum eines Fahrzeugs.

**[0032]** Wie eingangs dargelegt, befasst sich das vorliegende Dokument mit der präzisen und effizienten Simulation der Akustik im Innenraum eines Fahrzeugs. In diesem Zusammenhang zeigt **Fig. 1a** ein beispielhaftes Testfahrzeug **100**, das ein oder mehrere Mikrofone **103**, insbesondere ein oder mehrere Mikrofon-Arrays, umfasst, die im Innenraum **105** des Testfahrzeugs **100** angeordnet sind. Dabei können die ein oder mehreren Mikrofone **103** zumindest teilweise an der Position eines Ohrs eines Insassen des Fahrzeugs **100** angeordnet sein. Insbesondere können die ein oder mehreren Mikrofone **103** an zumindest einer Insassenposition (z.B. der Fahrerposition) des Testfahrzeugs **100** angeordnet sein. Die von den ein oder mehreren Mikrofonen **103** erfassten Audiosignale geben somit die Geräusche wieder, die ein Insasse bei Betrieb des Testfahrzeugs **100** wahrnimmt. Die von den ein oder mehreren Mikrofonen **103** erfassten Audiosignale können von einer Steuereinheit **101** des Testfahrzeugs **100** auf einer Speichereinheit **104** gespeichert werden. Insbesondere können dabei Audiodaten gespeichert werden, die das Klangfeld an der Insassenposition des Testfahrzeugs **100** beschreibt. Das Klangfeld kann dabei in einem Ambisonics Format beschrieben werden.

**[0033]** Des Weiteren kann das Testfahrzeug **100** ein oder mehrere Kameras **102** umfassen, die eingerichtet sind, Bilddaten (insbesondere ein Video) in Bezug auf das Umfeld des Testfahrzeugs **100** zu erfassen. Dabei können die Bilddaten z.B. die Sicht des Insassen des Testfahrzeugs **100** durch die Windschutzscheibe oder durch eine Seitenscheibe des Testfahrzeugs **100** wiedergeben. Die Bilddaten können auf der Speichereinheit **104** gespeichert werden. Dabei können die Bilddaten synchron mit den Audiodaten erfasst werden, um zu bewirken, dass die Bilddaten und die Audiodaten wiedergeben, was der Insasse an bestimmten Zeitpunkten während des Betriebs des Testfahrzeugs **100** gleichzeitig sieht und hört.

**[0034]** Die mittels eines Testfahrzeugs **100** erfassten Audiodaten können, wie in **Fig. 1b** dargestellt, über einen Kopfhörer **110** in einem Testlabor an eine Testperson **111** wiedergegeben werden. Dabei können Techniken der binauralen Audiowiedergabe verwendet werden, um der Testperson **111** einen korrekten räumlichen Eindruck von den Geräuschen in dem Testfahrzeug **100** zu geben. Trotz Verwendung einer räumlichen Wiedergabe von Audiodaten hat sich jedoch gezeigt, dass die Wiedergabe von Audiodaten über einen Kopfhörer **110** für eine Testperson **111** relativ abstrakt ist, und die Testperson **111** daher kei-

nen realistischen Eindruck von der Akustik des Innenraums **105** des Testfahrzeugs **100** erhält. Des Weiteren ermöglicht die Wiederhabe über einen Kopfhörer **110** typischerweise nicht die Verwendung einer iterativen Korrekturschleife (wie in diesem Dokument beschrieben), so dass die Wiederhabe über einen Kopfhörer **110** meist eine reduzierte Güte aufweist (im Vergleich zu der in diesem Dokument beschriebenen Wiedergabe in einem Modellfahrzeug).

**[0035]** Fig. 2a und Fig. 2b zeigen ein beispielhaftes Modellfahrzeug **200**, das insbesondere einen Innenraum **205** mit ein oder mehreren Insassenpositionen aufweist, wobei der Innenraum eine realitätsnahe Rekonstruktion des Innenraums **105** eines tatsächlichen Fahrzeugs **100** (z.B. des Testfahrzeugs aus Fig. 1a) ist. Das Modellfahrzeug **200** kann z.B. die Karosserie und/oder die Innenraumausstattung eines echten Fahrzeugs **100** aufweisen. Beispielsweise kann das Modellfahrzeug **200** ein echtes Fahrzeug **100** sein (ggf. ohne Komponenten für den Antrieb des Fahrzeugs **100**).

**[0036]** Das Modellfahrzeug **200** umfasst eine Vielzahl von Schallwandlern **201**, insbesondere Lautsprecher und/oder Körperschallwandler, die jeweils eingerichtet sind, Schall zu emittieren. Die Schallwandler **201** können dabei in mehreren Ebenen **203** entlang der Höhenachse des Modellfahrzeugs **200** angeordnet sein. Alternativ oder ergänzend können die Schallwandler **201** in mehreren Zeilen und/oder Spalten **204** entlang der Längsachse und/oder der Querachse des Modellfahrzeugs **200** angeordnet sein. Die einzelnen Schallwandler **201** können dabei ggf. unterschiedliche Frequenzbereiche (im hörbaren Bereich) abdecken, z.B. relativ tiefe Frequenzen, mittlere Frequenzen und/oder relativ hohe Frequenzen.

**[0037]** Des Weiteren kann das Modellfahrzeug **200** an der Stelle von ein oder mehreren Fenstern des Modellfahrzeugs **200** ein oder mehrere Bildschirme **202** (z.B. in Form eines Projektors) umfassen, die jeweils eingerichtet sind, Bilddaten (insbesondere ein Video) wiederzugeben, z.B. um das Umfeld eines Fahrzeugs **100** bei einer Fahrt des Fahrzeugs darzustellen. Alternativ oder ergänzend kann ein Bildschirm **202** eine (ggf. klebende) transluzente Folie aufweisen, die an einem Fenster bzw. an einer Scheibe des Modellfahrzeugs **200** angeordnet ist. Des Weiteren kann der Bildschirm **202** ein oder mehrere Projektoren bzw. Videobeamer aufweisen, die eingerichtet sind, ein Video auf die transluzente Folie zu projizieren.

**[0038]** Außerdem kann das Modellfahrzeug **200** ein oder mehrere Mess-Mikrofone **206** umfassen, die eingerichtet sind, Audio-Messdaten in Bezug auf die Geräusche, insbesondere in Bezug auf die von den Schallwandlern **201** erzeugten Geräusche, zu erfassen.

Die ein oder mehreren Mess-Mikrofone **206** können z.B. an einer Insassenposition des Modellfahrzeugs **200** für eine Testperson **111** angeordnet sein. Die Audio-Messdaten können das von den Schallwandlern **201** erzeugte Klangfeld an der Insassenposition des Modellfahrzeugs **200** beschreiben bzw. anzeigen.

**[0039]** Fig. 3 zeigt beispielhafte Komponenten einer Simulations- und/oder Immersionsvorrichtung **300**, die eingerichtet ist, an einer Insassenposition im Innenraum **205** eines Modellfahrzeugs **200** für eine an der Insassenposition angeordnete Testperson **111** Fahrzeuggeräusche zu simulieren. Die Simulations- und/oder Immersionsvorrichtung **300** umfasst das Modellfahrzeug **200** mit der Vielzahl von Schallwandlern **201**. Des Weiteren kann die Simulations- und/oder Immersionsvorrichtung **300** die ein oder mehreren Mess-Mikrofone **206** umfassen. Außerdem umfasst die Simulations- und/oder Immersionsvorrichtung **300** eine Steuereinheit **301**.

**[0040]** Die Steuereinheit **301** kann eingerichtet sein, Audiodaten in Bezug auf ein Fahrzeuggeräusch von einer Speichereinheit **302** auszulesen. Die Audiodaten können in einem Testfahrzeug **100** und/oder in einem Testlabor erfasst worden sein, und/oder die Audiodaten können synthetisiert worden sein (z.B. als Zielgröße für ein Fahrzeuggeräusch). Die Audiodaten können sich auf ein Gesamtfahrzeug oder auf ein oder mehrere einzelne Komponenten eines Fahrzeugs beziehen. Die Audiodaten können dabei ein Klangfeld für ein Fahrzeuggeräusch beschreiben, insbesondere in Klangfeld an der Insassenposition **105** eines Fahrzeugs **100**.

**[0041]** Die Audiodaten für ein Fahrzeuggeräusch können für eine räumliche Audiowiedergabe ausgebildet sein. Dabei weisen die Audiodaten in einem bevorzugten Beispiel ein Ambisonics Format, insbesondere ein Higher Order Ambisonics (HOA) Format, auf. Durch ein derartiges Format kann in besonders effizienter und präziser Weise das Klangfeld bzw. Wellenfeld eines Fahrzeuggeräusches an einer bestimmten Insassenposition beschrieben werden.

**[0042]** Die Steuereinheit **301** kann eingerichtet sein, die Audiodaten derart über die Vielzahl von Schallwandlern **201** wiederzugeben, dass an der Insassenposition für die Testperson **111** ein definiertes Klangfeld bzw. Wellenfeld erzeugt wird. Zu diesem Zweck können Methoden der Wellenfeldsynthese verwendet werden.

**[0043]** Die von den ein oder mehreren Mess-Mikrofonen **206** erfassten Audio-Messdaten können als Feedback verwendet werden, um die Ansteuerung der Vielzahl von Schallwandlern **201** derart anzupassen, dass an der Insassenposition des Modellfahrzeugs **200** das definierte Klangfeld erzeugt wird. Die

Verwendung einer derartigen Feedback-Schleife ermöglicht eine besonders zuverlässige und präzise Wiedergabe eines definierten Klangfelds für ein Fahrzeuggeräusch.

**[0044]** Die Steuereinheit **301** kann ferner eingerichtet sein, auf eine Fahrzeugtyp-Datenbank **303** zuzugreifen, auf der für ein oder mehrere unterschiedliche Fahrzeugtypen jeweils ein akustisches Modell (insbesondere in Form von ein oder mehreren Transferfunktionen) des Innenraums **105** des jeweiligen Fahrzeugtyps hinterlegt ist. Das akustische Modell für den Innenraum **105** eines Fahrzeugtyps kann dabei beschreiben, wie sich Schall innerhalb des Innenraums **105** des Fahrzeugtyps ausbreitet. Insbesondere kann dabei ein akustisches Modell Unterschiede der Schallausbreitung beschreiben, die sich in dem Innenraum **105** des Fahrzeugtyps abweichend von dem Innenraum **205** des Modellfahrzeugs **200** ergeben. Beispielsweise kann ein akustisches Modell für einen bestimmten Fahrzeugtyp beschreiben, wie ein wiederzugebendes Audiosignal anzupassen ist, damit das Audiosignal an der Insassenposition des Modellfahrzeugs **200** so klingt, als würde es in dem Innenraum **105** eines Fahrzeugs **100** des bestimmten Fahrzeugtyps wiedergegeben.

**[0045]** Die Steuereinheit **301** kann eingerichtet sein, das akustische Modell für den Fahrzeugtyp zu ermitteln (z.B. aus der Datenbank **303** auslesen), für den eine Akustik-Simulation in der Simulations- und/oder Immersionsvorrichtung **300** erfolgen soll. Die Steuerungssignale bzw. Audiosignale für die Vielzahl von Schallwandlern **201** können dann auch in Abhängigkeit von dem ermittelten akustischen Modell ermittelt werden. So kann die Qualität der Akustik-Simulation weiter erhöht werden. Insbesondere können so in effizienter Weise unterschiedliche Fahrzeugtypen in einer einzigen Simulations- und/oder Immersionsvorrichtung **300** simuliert werden (ohne, dass dazu die Simulations- und/oder Immersionsvorrichtung **300** baulich angepasst werden muss).

**[0046]** Des Weiteren kann die Simulations- und/oder Immersionsvorrichtung **300** eine Benutzerschnittstelle **304** (z.B. mit einem berührungsempfindlichen Bildschirm) umfassen, die es einer Testperson **111** an der Insassenposition des Modellfahrzeugs **200** ermöglicht, ein Audiosignal auszuwählen, das in dem Innenraum **205** des Modellfahrzeugs **200** wiedergegeben werden soll. Dabei kann es ggf. ermöglicht werden, einzelne Geräusch-erzeugende Komponenten eines Fahrzeugs **100** auszuwählen und ggf. beliebig miteinander zu kombinieren.

**[0047]** Die Benutzerschnittstelle **304** kann ausgebildet sein, es einer Testperson **111** zu ermöglichen, Kombinationen von ein oder mehreren Fahrzeuggeräuschen zusammenzustellen und zu bewerten. Dabei können z.B. die Reihenfolge und/oder die Laut-

stärke der Geräusche von einzelnen Komponenten festgelegt werden (z.B. um Maskierungseffekte bewerten zu können). Die Benutzerschnittstelle **304** kann einen (virtuellen) Start-Knopf aufweisen, um eine 3D-Audioscene synchron mit einer passenden Videoanimation für einen Fahrzyklus wiederzugeben.

**[0048]** Die Steuereinheit **301** der Simulations- und/oder Immersionsvorrichtung **300** kann ferner eingerichtet sein, auf den ein oder mehreren Bildschirmen **202** des Modellfahrzeugs **200** Bilder, insbesondere Videos, darzustellen, die das Umfeld eines Fahrzeugs **100** bei der Fahrt des Fahrzeugs **100** anzeigen. Dabei können die Bilder bzw. Videos mit den im Innenraum **205** des Modellfahrzeugs **200** wiedergegebenen Audiodaten synchronisiert sein. Beispielsweise können die durch die Audiodaten wiedergegebenen Fahrzeuggeräusche für eine bestimmte Fahrgeschwindigkeit eines Fahrzeug **100** an die Geschwindigkeit angepasst sein, mit der das Umfeld des Fahrzeugs **100** in den angezeigten Videos vorüberzieht.

**[0049]** Es wird somit eine Simulations- und/oder Immersionsvorrichtung **300** beschrieben, die es ermöglicht, Geräusche einer Komponente eines Fahrzeugs **100** mittels eines 3D-Audiosystems in präziser und korrekter Weise in Bezug auf den Ort, den Schalldruckpegel und/oder das Spektrum wiederzugeben. Die Simulations- und/oder Immersionsvorrichtung **300** kann für Hörvergleiche der von einer Komponente generierten Geräusche in einem Fahrzeug **100** verwendet werden (z.B. bei Anwendung von ein oder mehreren Maßnahmen zur Anpassung der Geräusche der Komponente). Des Weiteren kann anhand der Simulations- und/oder Immersionsvorrichtung **300** überprüft werden, wie sich eine Komponente in unterschiedlichen Fahrzeugtypen anhört. Außerdem können in virtueller Weise Maßnahmen in Bezug auf die Akustik eines Fahrzeugs **100** überprüft werden. Ferner können Verdeckungsgeräusche zeitgleich abgespielt werden (z.B. Fahrgeräusche mit Diffusschall), um zu überprüfen, wie die Geräusche einer Komponente während der Fahrt eines Fahrzeugs **100** wahrgenommen werden.

**[0050]** So können akustische Entscheidungen in eine relativ frühe Entwicklungsphase vorgezogen werden und real erlebbar gemacht werden, auch ohne Verwendung eines fertig entwickelten Fahrzeugtyps. So können die Entwicklungskosten reduziert werden.

**[0051]** Zur Wiedergabe der 3D Audiosignale kann eine Wellenfeldsynthese (WFS) auf 2D-Ebene in einer Mehrzahl von Ebenen **203** innerhalb des Modellfahrzeugs **200** verwendet werden. Insbesondere kann eine Wellenfeldsynthese in Verbindung mit Amplituden-Panning auf (z.B. N=6) unterschiedlichen Ebenen **203** erfolgen. Dabei kann eine Ambisonics-Wie-

dergabe und/oder eine Wiedergabe von objektbasiertem 3D-Audio erfolgen.

**[0052]** Es wird somit eine Wiedergabe von 3D-Audio in einem Fahrzeugmockup **200** beschrieben, um ohne Verwendung eines echten Fahrzeugs **100** einen Vergleich von Geräuschen zu ermöglichen. Dabei kann auf die Verwendung von weiterer Wiedergabetechnik (wie z.B. auf einen Kopfhörer **110** für eine Testperson **111**) verzichtet werden. Es kann ein automatisiertes Equalizing (von Pegel und Frequenz) der wiedergegebenen Audiosignale erfolgen, um das abgespielte Schallfeld mit dem tatsächlichen Schallfeld an der Insassenposition des Modellfahrzeugs **200** abzugleichen.

**[0053]** Fig. 4 zeigt ein Ablaufdiagramm eines beispielhaften Verfahrens **400** zur Simulation bzw. zum Erlebbarmachen der Akustik an einer Insassenposition eines (Kraft-) Fahrzeugs **100** (insbesondere eines PKWs) mittels der in diesem Dokument beschriebenen Simulations- und/oder Immersionsvorrichtung **300**. Wie bereits dargelegt, umfasst die Simulations- und/oder Immersionsvorrichtung **300** ein Modellfahrzeug **200** mit einer Insassenposition für eine Testperson **111**. Des Weiteren umfasst die Simulations- und/oder Immersionsvorrichtung **300** eine Vielzahl von Schallwandlern **201** (insbesondere Lautsprecher und/oder Körperschallwandler). Die Schallwandler **201** sind an unterschiedlichen Stellen des Modellfahrzeugs **200** angeordnet. Des Weiteren sind die Schallwandler **201** jeweils eingerichtet, Schall (akustischen Schall und/oder Körperschall) zu generieren. Die Simulations- und/oder Immersionsvorrichtung **300** umfasst ferner zumindest ein Mess-Mikrofon **206** (insbesondere ein Mikrofon-Array), das eingerichtet ist, Audio-Messdaten in Bezug auf ein Klangfeld an der Insassenposition des Modellfahrzeugs **200** zu erfassen.

**[0054]** Das Verfahren **400** umfasst das Ermitteln **401**, in Abhängigkeit von Audiodaten für ein von einer Komponente des Fahrzeugs **100** erzeugtes Geräusch, einer Vielzahl von Steuersignalen für die entsprechende Vielzahl von Schallwandlern **201**. Dabei kann ein Steuersignal das Audiosignal umfassen bzw. sein, das von einem entsprechenden Schallwandler wiederzugeben ist. Beispielhafte Komponenten des Fahrzeugs **100** sind: ein Antriebsmotor, ein Lüfter, eine Klimaanlage, etc. Die Audiodaten können ein Ziel-Klangfeld für das Geräusch der Komponente an der Insassenposition des zu simulierenden Fahrzeugs **100** beschreiben.

**[0055]** Außerdem umfasst das Verfahren **400** das Betreiben **402** der Vielzahl von Schallwandlern **201** in Abhängigkeit von der Vielzahl von Steuersignalen, um an der Insassenposition des Modellfahrzeugs **200** ein Klangfeld für das Geräusch der Komponente des Fahrzeugs **100** zu bewirken.

**[0056]** Des Weiteren umfasst das Verfahren **400** das Erfassen **403** von Audio-Messdaten in Bezug auf das Klangfeld für das Geräusch der Komponente des Fahrzeugs **100**. Die Audio-Messdaten können dabei das Ist-Klangfeld an der Insassenposition des Modellfahrzeugs **200** beschreiben.

**[0057]** Das Verfahren **400** umfasst ferner das Anpassen **404** der Vielzahl von Steuersignalen in Abhängigkeit von den Audio-Messdaten. Dabei kann die Vielzahl der Steuersignalen derart angepasst werden, dass der Wert eines Abstandmaßes (z.B. einer mittleren quadratischen Abweichung) zwischen dem Ist-Klangfeld und dem Ziel-Klangfeld reduziert wird. Das Anpassen **404** kann dabei in iterative Weise erfolgen. So kann in effizienter und zuverlässiger Weise die Akustik an der Insassenposition eines (tatsächlichen) Fahrzeugs **100** in einem Modellfahrzeug **200** simuliert werden.

**[0058]** Durch die in diesem Dokument dargestellten Maßnahmen können in präziser Weise für eine Testperson **111** unterschiedliche Fahrzeuggeräusche, wie z.B. mechatronische Funktionsgeräusche, Wind-Roll-Geräusche, Geräusche der Abgasanlage, Motorgeräusche, Klappergeräusche, Störgeräusche etc., wiedergegeben werden. Dies ermöglicht es, die Fahrzeuggeräusche in einem frühen Entwicklungsstadium anzupassen, um eine gewünschte Akustik zu erzielen. Des Weiteren können durch die beschriebene Vorrichtung **300** virtuelle Vorbeifahren eines Fahrzeugs **100** simuliert werden.

**[0059]** Die vorliegende Erfindung ist nicht auf die gezeigten Ausführungsbeispiele beschränkt. Insbesondere ist zu beachten, dass die Beschreibung und die Figuren nur das Prinzip der vorgeschlagenen Verfahren, Vorrichtungen und Systeme veranschaulichen sollen.

## Patentansprüche

1. Vorrichtung (300) zum Erlebbarmachen der Akustik an einer Insassenposition eines Fahrzeugs (100); wobei die Vorrichtung (300) umfasst,
  - ein Modellfahrzeug (200) mit einer Insassenposition für zumindest eine Testperson (111);
  - eine Vielzahl von Schallwandlern (201); wobei die Schallwandler (201) an unterschiedlichen Stellen des Modellfahrzeugs (200) angeordnet sind, und wobei die Schallwandler (201) jeweils eingerichtet sind, Schall zu generieren;
  - zumindest ein Mess-Mikrofon (206), das eingerichtet ist, Audio-Messdaten in Bezug auf ein Klangfeld an der Insassenposition des Modellfahrzeugs (200) zu erfassen; und
  - eine Steuereinheit (301), die eingerichtet ist,
  - in Abhängigkeit von Audiodaten für ein von einer Komponente des Fahrzeugs (100) erzeugtes Geräusch eine Vielzahl von Steuersignalen für die ent-

sprechende Vielzahl von Schallwandlern (201) zu ermitteln;

- die Vielzahl von Schallwandlern (201) in Abhängigkeit von der Vielzahl von Steuersignalen anzusteuern, um an der Insassenposition des Modellfahrzeugs (200) ein Klangfeld für das Geräusch der Komponente des Fahrzeugs (100) zu bewirken; und
- die Vielzahl von Steuersignalen in Abhängigkeit von den Audio-Messdaten in Bezug auf das Klangfeld an der Insassenposition des Modellfahrzeugs (200) anzupassen.

2. Vorrichtung (300) gemäß Anspruch 1, wobei

- die Audiodaten eine Position einer Schallquelle für das Geräusch der Komponente des Fahrzeugs (100) relativ zu der Insassenposition des Fahrzeugs (100) anzeigen; und
- die Steuereinheit (301) eingerichtet ist, die Vielzahl von Steuersignalen derart in Abhängigkeit von den Audio-Messdaten anzupassen, dass das Klangfeld von einer Testperson (111) an der Insassenposition des Modellfahrzeugs (200) als von der Position der Schallquelle kommend wahrgenommen wird.

3. Vorrichtung (300) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei

- die Audiodaten ein Ziel-Klangfeld an der Insassenposition des Fahrzeugs (100) beschreiben, insbesondere in einem Ambisonics-Format; und
- die Steuereinheit (301) eingerichtet ist, die Vielzahl von Steuersignalen derart in Abhängigkeit von den Audio-Messdaten anzupassen, insbesondere durch Anpassung eines Pegels und/oder eines Spektrums, dass ein Wert eines Abstandsmaßes zwischen dem Klangfeld an der Insassenposition des Modellfahrzeugs (200) und dem Ziel-Klangfeld reduziert, insbesondere minimiert, wird.

4. Vorrichtung (300) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Vielzahl von Schallwandlern (201)

- in N unterschiedlichen Ebenen (203) entlang einer Höhenachse des Modellfahrzeugs (200) angeordnet ist, mit  $N > 1$ , insbesondere  $N > 5$ ; und
- Schallwandler (201) für unterschiedliche Frequenzbereiche umfasst; und/oder
- in M unterschiedlichen Spalten und/oder Zeilen entlang einer Längsachse und/oder einer Querachse des Modellfahrzeugs (200) angeordnet ist, mit  $M > 1$ , insbesondere  $M > 10$ .

5. Vorrichtung (300) gemäß Anspruch 4, wobei die Steuereinheit (301) eingerichtet ist, die Vielzahl von Steuersignalen mittels einer Methode zur Wellenfeldsynthese von Wellenfeldern in den N unterschiedlichen Ebenen (203) zu ermitteln.

6. Vorrichtung (300) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Steuereinheit (301) eingerichtet ist,

- eine Mehrzahl von Audiodaten für die von einer entsprechenden Mehrzahl von Komponenten des Fahrzeugs (100) erzeugten Geräusche zu ermitteln, und
- die Vielzahl von Steuersignalen auf Basis der Mehrzahl von Audiodaten zu ermitteln, um an der Insassenposition des Modellfahrzeugs (200) ein Klangfeld für eine Überlagerung der Geräusche der Mehrzahl von Komponenten des Fahrzeugs (100) zu erzeugen.

7. Vorrichtung (300) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei

- die Vorrichtung (300) eine Benutzerschnittstelle (304) für eine Testperson (111) umfasst; und
- die Benutzerschnittstelle (304) ausgebildet ist, es der Testperson (111) zu ermöglichen,
- die ein oder mehreren Komponenten des Fahrzeugs (100) auszuwählen, für die an der Insassenposition des Modellfahrzeugs (200) ein Klangfeld erzeugt werden soll; und/oder
- zwischen unterschiedlichen Varianten des von einer Komponente des Fahrzeugs (100) erzeugten Geräusches zu wechseln.

8. Vorrichtung (300) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei

- das Fahrzeug (100), dessen Akustik simuliert werden soll, einen Innenraum (105) aufweist, in dem die Insassenposition angeordnet ist;
- der Innenraum (105) des Fahrzeugs (100) zumindest ein Fenster aufweist, durch das ein Insasse des Fahrzeugs (100) ein Umfeld des Fahrzeugs (100) sehen kann;
- das Modellfahrzeug (200) einen dem Fahrzeug (100) entsprechenden Innenraum (205) aufweist, in dem die Insassenposition angeordnet ist;
- der Innenraum (205) des Modellfahrzeugs (200) anstelle eines Fensters einen Bildschirm (202) zur Wiedergabe eines Videos umfasst; und
- die Steuereinheit (301) eingerichtet ist, ein Video für ein Fahrzeugumfeld auf dem Bildschirm (202) wiederzugeben, das mit dem durch die Vielzahl von Schallwandlern (201) erzeugten Klangfeld synchronisiert ist.

9. Vorrichtung (300) gemäß Anspruch 8, wobei die Steuereinheit (301) eingerichtet ist,

- Geschwindigkeitsinformation in Bezug auf eine Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeugs (100) zu ermitteln, für die das Klangfeld an der Insassenposition des Modellfahrzeugs (200) erzeugt wird; und
- das Video in Abhängigkeit von der Geschwindigkeitsinformation wiederzugeben, insbesondere derart, dass das in dem Video dargestellte Fahrzeugumfeld mit der Fahrgeschwindigkeit an einem Betrachter des Bildschirms (202) vorüberzieht.

10. Vorrichtung (300) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei

- das Modellfahrzeug (200) einen dem Fahrzeug (100) entsprechenden und/oder angenäherten Aufbau aufweist; und/oder
- das Modellfahrzeug (200) eine Karosserie und/oder einen Aufbau eines Kraftfahrzeugs aufweist.

11. Vorrichtung (300) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Steuereinheit (301) eingerichtet ist,

- ein akustisches Modell für einen Fahrzeugtyp des zu simulierenden Fahrzeugs (100) zu ermitteln, insbesondere aus einer Mehrzahl von akustischen Modellen für eine entsprechende Mehrzahl von Fahrzeugtypen auszuwählen; wobei das akustische Modell für den Fahrzeugtyp Unterschiede in Bezug auf eine Ausbreitung von Schall in einem Fahrzeug (100) des Fahrzeugtyps und eine Ausbreitung von Schall in dem Modellfahrzeug (200) beschreibt; und
- die Vielzahl von Steuersignalen in Abhängigkeit von dem akustischen Modell zu ermitteln.

12. Verfahren (400) zum Erlebbarmachen der Akustik an einer Insassenposition eines Fahrzeugs (100) mittels einer Simulations- und/oder Immersionsvorrichtung (300); wobei die Simulations- und/oder Immersionsvorrichtung (300) ein Modellfahrzeug (200) mit einer Insassenposition für eine Testperson (111) umfasst; wobei die Simulations- und/oder Immersionsvorrichtung (300) eine Vielzahl von Schallwandlern (201) umfasst; wobei die Schallwandler (201) an unterschiedlichen Stellen des Modellfahrzeugs (200) angeordnet sind, und wobei die Schallwandler (201) jeweils eingerichtet sind, Schall zu generieren; wobei die Simulations- und/oder Immersionsvorrichtung (300) zumindest ein Mess-Mikrofon (206) umfasst, das eingerichtet ist, Audio-Messdaten in Bezug auf ein Klangfeld an der Insassenposition des Modellfahrzeugs (200) zu erfassen; wobei das Verfahren (400) umfasst,

- Ermitteln (401), in Abhängigkeit von Audiodaten für ein von einer Komponente des Fahrzeugs (100) erzeugtes Geräusch, einer Vielzahl von Steuersignalen für die entsprechende Vielzahl von Schallwandlern (201);
- Betreiben (402) der Vielzahl von Schallwandlern (201) in Abhängigkeit von der Vielzahl von Steuersignalen, um an der Insassenposition des Modellfahrzeugs (200) ein Klangfeld für das Geräusch der Komponente des Fahrzeugs (100) zu bewirken;
- Erfassen (403) von Audio-Messdaten in Bezug auf das Klangfeld an der Insassenposition des Modellfahrzeugs (200); und
- Anpassen (404) der Vielzahl von Steuersignalen in Abhängigkeit von den Audio-Messdaten.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

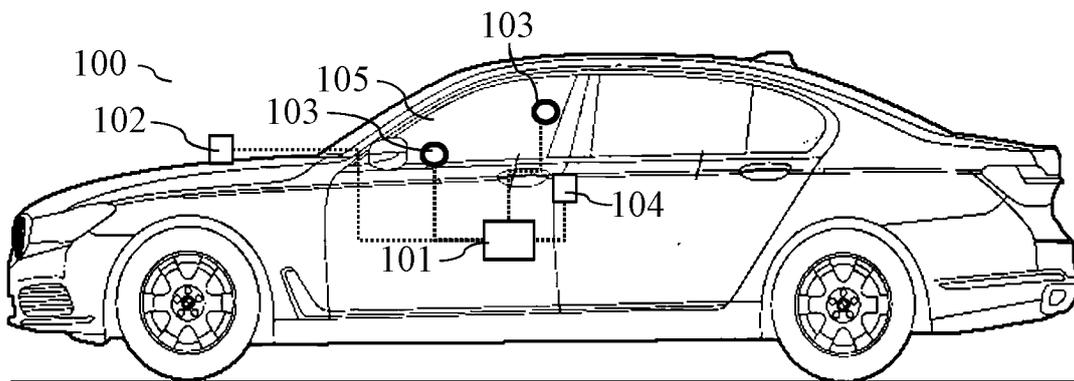


Fig. 1a

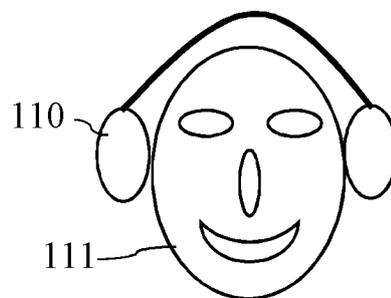


Fig. 1b

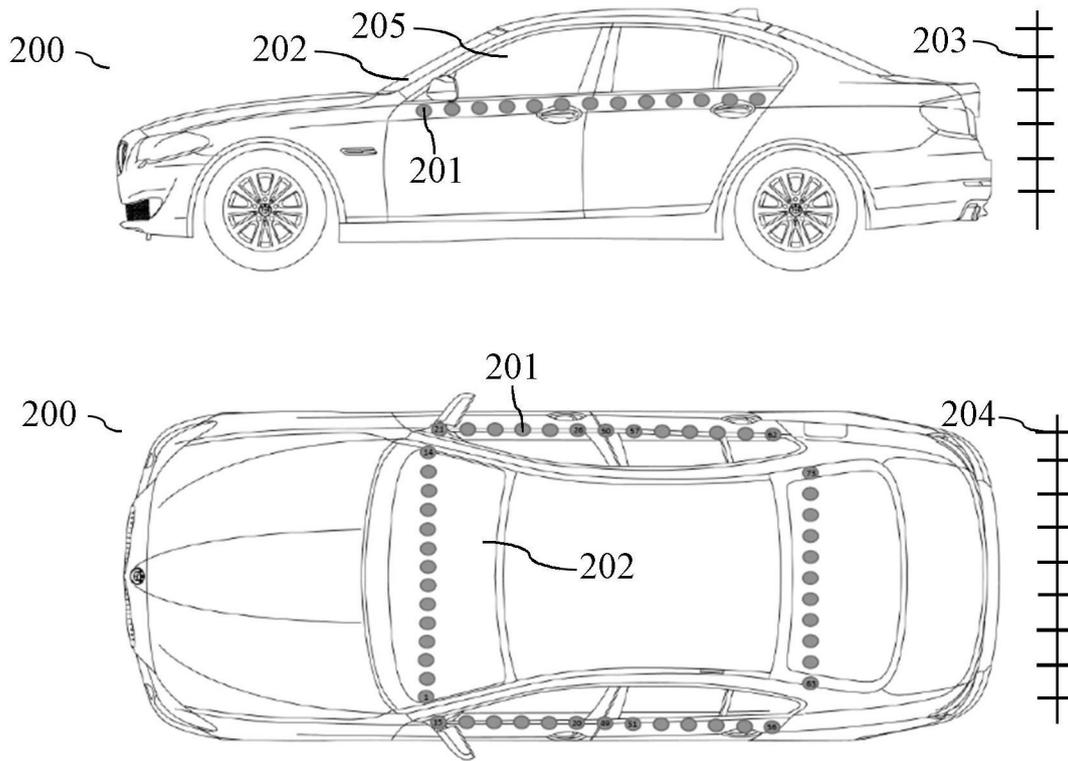


Fig. 2a

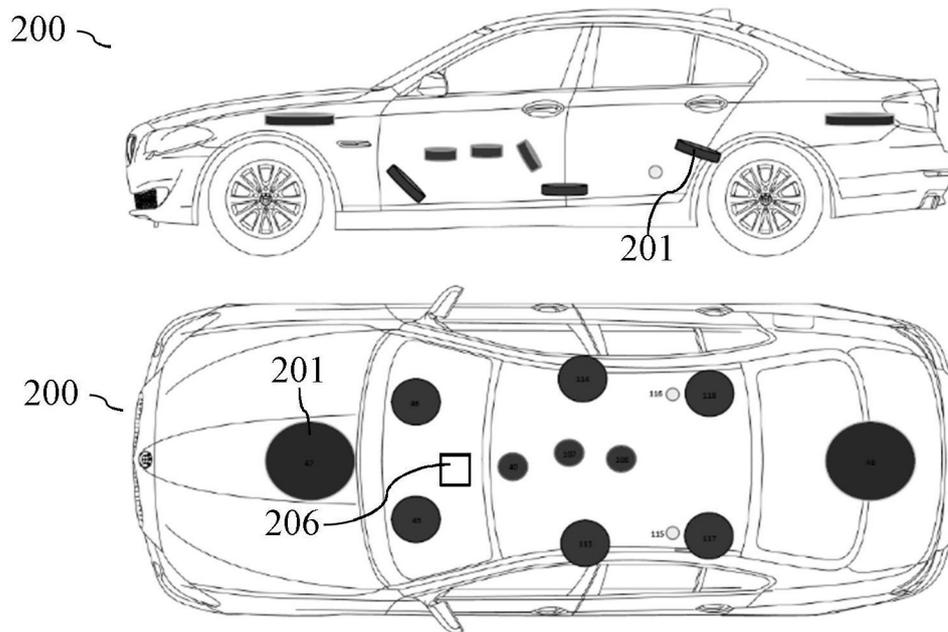
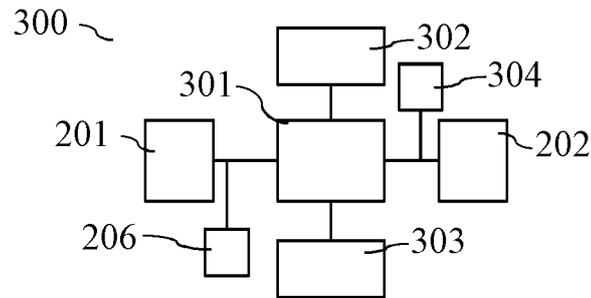
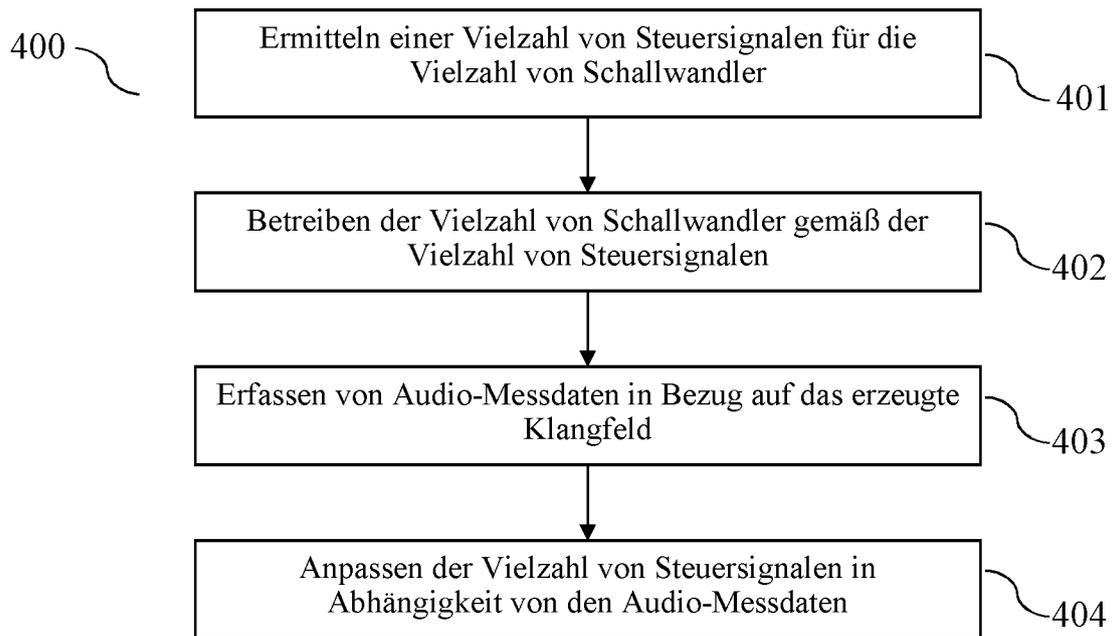


Fig. 2b



**Fig. 3**



**Fig. 4**